



**Instituto de Ciencia,
Tecnología e Innovación**
Gobierno del Estado de Michoacán

C+tec:
Divulgar para
transformar



DESASTRES



Naturales



DIRECTORIO DE GOBIERNO

Silvano Aureoles Conejo Gobernador Constitucional del Estado de Michoacán

Erick López Barriga
Jefe de la oficina del Gobernador

Jessica Rosalba Rosales Sánchez
Secretaria Privada

Taygete A. Luna Cruz
Secretaria Técnica

Pascual Sigala Páez
Coordinador de Asesores

Carlos Herrera Tello
Secretario de Gobierno

Carlos Maldonado Mendoza
Secretario de Finanzas y Administración

Francisco Huergo Maurín
Secretario de Contraloría

Israel Patrón Reyes
Secretario de Seguridad Pública

Jesús Melgoza Velázquez
Secretario de Desarrollo Económico

Claudia Chávez López
Secretaria de Turismo

Rubén Medina Niño
Secretario de Desarrollo Rural y Agroalimentario

José Hugo Raya Pizano
Secretario de Comunicaciones y Obras Públicas

Ricardo Luna García
Secretario de Medio Ambiente, Cambio Climático
y Desarrollo Territorial

Alberto Frutis Solís
Secretario de Educación

Claudio Méndez Fernández
Secretario de Cultura

Diana Celia Carpio Ríos
Secretaria de Salud

Juan Carlos Barragán Vélez
Secretario de Desarrollo Social y Humano

José Luis Gutiérrez Pérez
Secretario del Migrante

Nuria Gabriela Hernández Abarca
Secretaria de Igualdad Sustantiva y Desarrollo
de las Mujeres Michoacanas

Adrián López Solís
Fiscal General de Michoacán

José Luis Montañez Espinosa
Director General del Instituto de Ciencia,
Tecnología e Innovación



DIRECTORIO ICTI

José Luis Montañez Espinosa
Director General del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación

María Piedad Trujillo García
Subdirectora de Innovación

Gabriela Gómez Alvarado
Subdirectora de Vinculación

Omar Jaimes Brito
Subdirector de Desarrollo Tecnológico

Carlos Ayala Alcaráz
Delegado Administrativo

Elvira Bedolla Pérez
Departamento para la Cultura de la Innovación
Empresarial y Prospectiva del Mercado

Moisés Ordoñez Corona
Departamento de Vinculación
Interinstitucional y Estadística

Araceli López Valdez
Departamento de Difusión y Divulgación

Markévich Maazel Olivera Mora
Departamento de Desarrollo Científico y Tecnológico

Jesús Giovanni Medina García
Departamento de Fomento a las
Ciencias Sociales y Humanidades

Fernando Mariano Dueñas López
Departamento de Recursos Financieros,
Humanos y Materiales



DIRECTORIO C+TEC

COMITÉ EDITORIAL

José Luis Montañez Espinosa

Director General del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación

Dr. Alejandro Guzmán Mora

Facultad de Arquitectura, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Patricia Alarcón, José Beltrán

Laboratorio de Modelos Estructurales y Ensayos Sísmicos Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana
Instituto de Investigación para la Gestión del Riego, A.C.

Blanca Lizeth Sáenz Ceja

Licenciatura en Geociencias. Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM

Rodrigo Martínez Aguilar

Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Dra. María Liliana Ávalos Rodríguez

Dr. José Juan Alvarado Flores

Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México.

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

COORDINACIÓN EDITORIAL

Coordinación editorial:

L.A. Omar Jaimes Brito

Subdirector de Desarrollo Tecnológico

Edición y corrección de estilo:

M.C Jorge Ruiz Saavedra

Diseño editorial y formación:

L.D.G. Ricardo Abiud Reyes

EDITORIAL



Dr. José Luis Montañez Espinosa
Director General del Instituto de Ciencia,
Tecnología e Innovación

Quienes formamos parte de esta institución, tenemos el compromiso ineludible de fomentar una producción editorial que transmita de manera fiel, accesible y atractiva el conocimiento científico, esto con la finalidad de consolidar un medio donde puedan interactuar y converger investigadores y divulgadores de las diferentes universidades, instituciones educativas, centros de investigación y lectores interesados en temas relacionados con ciencia, tecnología e innovación.

El Programa Especial de Innovación, Ciencia y Desarrollo Tecnológico y la Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán, hacen hincapié en la necesidad de propiciar la divulgación de la ciencia y el desarrollo tecnológico a través de publicaciones que contribuyan a la formación de una cultura científica, tecnológica y humanística, promoviendo la difusión del conocimiento científico en Michoacán.

Por ello, el Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán de Ocampo (ICTI) tiene el agrado de presentar la nueva edición de la Revista "C+Tec. Divulgar para transformar" que tiene como objetivo fundamental, enriquecer la cultura científica de la sociedad michoacana mediante la comunicación y

difusión del conocimiento científico, así como el desarrollo tecnológico que se genera, especialmente en nuestro Estado y en el país en general.

Esta edición de la revista, está dedicada a los "Desastres naturales: terremotos y huracanes", temática central de la 25ª Semana Nacional de Ciencia y Tecnología, asunto de gran relevancia por los retos inmediatos que enfrenta el país en materia de contaminación ambiental y seguridad, así como condiciones del campo mexicano. Esto nos permite visualizar el gran aporte de la ciencia a la investigación sobre estos acontecimientos

Se contó con la participación de Rodrigo Martínez Aguilar, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, con su explicación detallada sobre los sismos y terremotos; Blanca Lizeth Sáenz, de la Escuela Nacional de Estudios Superiores de la UNAM Campus Morelia, aporta una importante descripción de los desastres naturales, principalmente terremotos y huracanes.

Por su parte, Alejandro Guzmán Mora, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, aborda la importancia de una alerta sísmica temprana, que evitaría la pérdida de vidas, salvaguardando la integridad de las personas ante un suceso natural como los sismos.

De igual forma, Patricia Alarcón, del Laboratorio de Modelos Estructurales y Ensayos Sísmicos de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en colaboración con José Beltrán, del Instituto de Investigación para la Gestión del Riesgo, aportan información de gran importancia sobre el comportamiento sísmico observado en monumentos históricos durante el sismo del 19 de septiembre de 2017 en México.

Complementa ésta edición, el estudio desarrollado por María Liliana Ávalos y José Juan Alvarado, del Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental de la UNAM Campus Morelia y de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, respectivamente, el cual aborda los escenarios ambientalistas y su relación con las migraciones humanas.

Quienes colaboramos para esta revista de divulgación científica, estamos seguros que disfrutarán los temas aquí presentados, más aún, despertará en ustedes el interés por el estudio científico y tecnológico, que sea dicho de paso, es uno de los objetivos primordiales de esta publicación.

Morelia, Michoacán, Agosto de 2019.

CONTENIDO



ALERTA *Sísmica Temprana*

Dr. Alejandro Guzmán Mora

COMPORTAMIENTO SÍSMICO OBSERVADO EN
MONUMENTOS HISTÓRICOS POR EL SISMO
DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017 EN MÉXICO

Patricia Alarcón, José Beltrán



Desastres naturales:

Huracanes y Terremotos

Blanca Lizeth Sáenz Ceja



Los Sismos y Terremotos

Rodrigo Martínez Aguilar

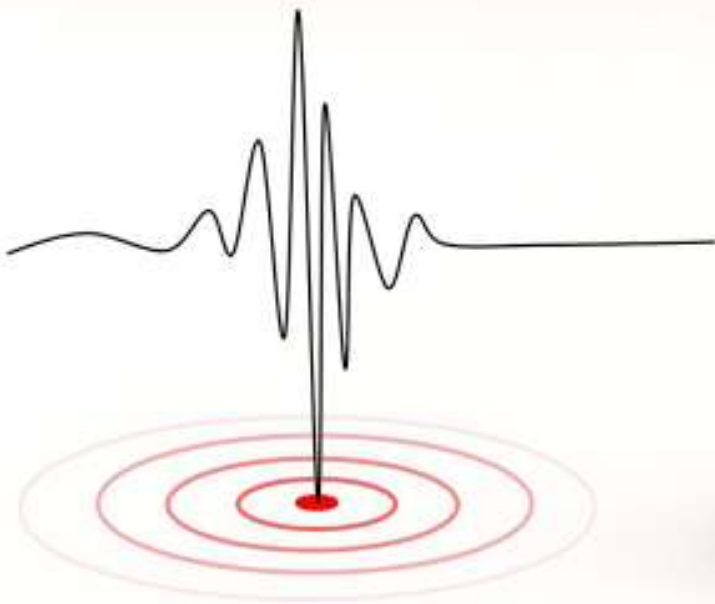


**Escenarios ambientales
y
su relación con las migraciones humanas**

Dra. María Liliana Ávalos Rodríguez, Dr. José Juan Alvarado Flores

ALERTA *Sísmica Temprana*

Dr. Alejandro Guzmán Mora



En este artículo comentaremos sobre un sistema que permite salvar muchas vidas ante un suceso natural como son los sismos, los cuales producen muchas afectaciones tanto en las cosas como en las personas. El objetivo de este tipo de sistemas es precisamente el evitar afectaciones hacia las personas. Los sismos no se pueden predecir, pero sí se puede dar aviso oportuno de ellos a la población por medio de un sistema denominado Alerta Sísmica Temprana (EEWS "Earthquake Early Warning System", por sus siglas en inglés). Se trata de una de

las herramientas más desarrolladas en los últimos años en varios países. En nuestro país, México, también contamos con un sistema de estas características.

Antes de comentarles sobre este sistema, definiremos previamente qué es un sismo o terremoto y qué lo origina, así como algunos términos relacionados con los sismos, como: las placas tectónicas, epicentro, magnitud, así como la localización de nuestro país (México) y nuestro estado (Michoacán) en relación a estas placas en las que suceden los sismos.



Definiciones:

¿Qué es un sismo o terremoto?

Lo podemos definir como una sacudida súbita (brusca) del suelo, producida por una liberación de energía en el interior de la Tierra.

Propagación del Sismo: al sacudirse, la Tierra libera energía, esta energía sería algo similar a cuando estornudamos, una energía al interior de nuestro cuerpo hace que expulsemos con mucha fuerza las posibles partículas que pueden dañarnos y como defensa las expulsa por medio del estornudo. Eso hace la Tierra, claro que es mucho más grande que nosotros y por eso tiene mucha mayor energía. La energía liberada se extiende por la tierra como ondas (P y S), algo como las olas del mar o en nuestra pila de agua cuando la movemos con la mano, esas ondas son las responsables de que se sacuda la Tierra, las cuales se dispersan en todas las direcciones, por lo tanto todo lo que está sobre la Tierra se moverá (edificios, carreteras, puentes, escuelas, casas, personas, etcétera).

Magnitud e intensidad

El tamaño de un terremoto puede definirse en función de dos parámetros: la energía liberada, es decir la magnitud, y/o mediante el grado de destrucción que causa, la intensidad.

Magnitud

La magnitud es una medida de la energía liberada por un sismo y por tanto de su tamaño. Existen diferentes escalas de magnitud dependiendo de la forma en la que ésta se determina.

Intensidad

La intensidad mide los efectos producidos por el sismo en un lugar determinado. Por lo tanto, es una medida cualitativa determinada a partir de los daños causados sobre las personas, las estructuras y el entorno. La intensidad de un sismo depende del lugar donde es

determinada, a diferencia de la magnitud cuyo valor es único para cada sismo.

Hipocentro o foco es la zona en el interior de la Tierra donde inicia la ruptura de la falla: desde ahí se propagan las ondas sísmicas.

Epicentro es el punto en la superficie terrestre situado directamente encima del hipocentro.

La explicación a muchos de los fenómenos sísmicos y volcánicos que han ocurrido en los últimos años es que son consecuencia de fallas tectónicas y obviamente del movimiento de las placas tectónicas. Desde el punto de vista geológico, las zonas conocidas como las más activas del mundo en estos términos forman dos grandes alineaciones de miles de kilómetros de longitud y sólo unos pocos de ancho: (gob.mx, 2019)



- Cinturón Circumpacífico (conocido como "Cinturón de Fuego"). Rodea casi totalmente el Pacífico, se extiende a lo largo de las costas de América del Sur, **México** y California hasta Alaska; después continúa por las islas Aleutianas, antes de dirigirse hacia el sur a través de Japón y las Indias orientales. La mayor parte de la energía sísmica se libera en esta región, libera entre 80 y 90% de la energía sísmica anual de la Tierra. (gob.mx, 2019)

- Cinturón Euroasiático-Melanésico (Alpino-Himalaya), que incluye las cordilleras alpinas de Europa y Asia, conectando con el anterior en el archipiélago de Melanesia. Desde España se prolonga por el Mediterráneo hasta Turquía, el Himalaya y las Indias Orientales. Esta inmensa falla se produce por las plataformas Africana e India que se mueven hacia el norte rozando levemente la plataforma Euroasiática.



Imagen 1, Ubicación de Epicentro e Hipocentro, tomado de <http://terremotosysismos1b.blogspot.com>, Recuperado el 18/feb/2019

Aunque la energía liberada aquí es menor que en el del Pacífico, a lo largo de los años ha producido devastadores terremotos, como el ocurrido en China en 1976, donde murieron más de 650 mil personas (gob.mx, 2019).

- Una tercera región altamente sísmica la formaría la Dorsal Mesoatlántica ubicada en el centro del Océano Atlántico.

¿Cómo funciona?

ALERTA

Sísmica Temprana



El objetivo de la alerta sísmica temprana es detectar rápidamente el inicio de un sismo, estimar el nivel de sacudida del suelo que se espera, y emitir una advertencia antes de que comience la sacudida significativa de la Tierra. Esto se puede hacer detectando la primera energía que emite el sismo, la energía de onda P, que rara vez causa daños. Usando la

información de la onda P, primero se estima la ubicación y la magnitud del sismo, para estimar el sismo de forma anticipada en toda la región que se verá afectada. El método puede proporcionar una advertencia antes de que llegue la onda S, que es la causante de emitir las sacudidas más fuertes que generalmente causan la mayor parte del daño.

México Precursor de la

ALERTA

Sísmica Temprana

en el Mundo



El sistema de alerta de la Ciudad de México comenzó a funcionar en 1991, lo que lo convierte en el primer sistema público de alerta sísmica temprana en todo el mundo. El sistema utiliza sismómetros a lo largo de la costa de Guerrero para detectar sismos que sean de una intensidad mayor de 5. Las advertencias se transmiten electrónicamente a la ciudad de México, donde suenan las alarmas. Dada la distancia de la ciudad a la zona de origen del terremoto (300 km), las advertencias suelen anticipar el sismo por más de un minuto.

Japón es un país con mucha actividad sísmica y también tiene un sistema de alerta sísmica temprana, que fue inaugurado el 1 de octubre del año 2007, como se observa en la imagen (1). Su sistema de alerta temprana de sismos proporciona un anuncio anticipado de las intensidades sísmicas estimadas y el tiempo de llegada previsto del movimiento principal. Estas estimaciones se basan en un análisis rápido del foco y la magnitud del terremoto utilizando datos de forma de onda observados por sismógrafos cerca del epicentro.

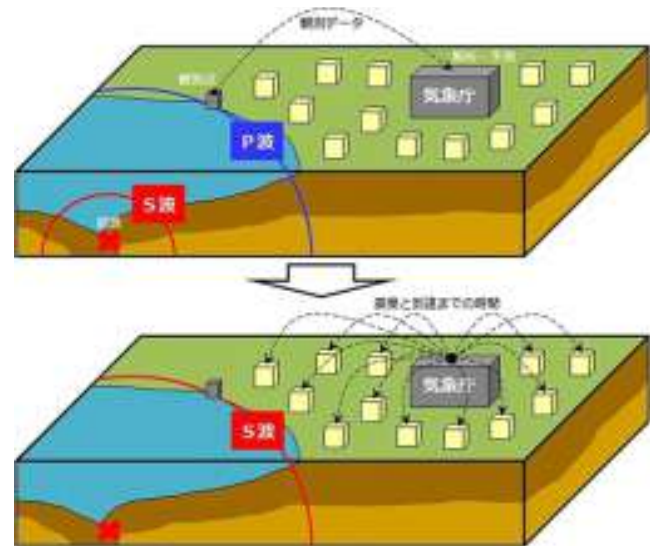


Imagen 2. Alerta Sísmica Temprana. Cuando dos o más sismómetros [1] detectan ondas P (arriba), el JMA analiza las lecturas y la distribuye a estaciones de transmisión de información de advertencia y compañías de telefonía móvil antes de la llegada de las ondas S (abajo).

PLATAFORMA INTERNACIONAL DE SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA:

En diciembre de 2015, la Sección de Ciencias de la Tierra y Reducción de Riesgos Geológicos de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), lanzó la Plataforma Internacional sobre Sistemas de Alerta Temprana de Terremotos (IP-EEWS), subprograma que está dentro del programa de Reducción de Desastres, el cual busca tener respuestas ante contingencias medioambientales de los fenómenos físicos naturales. El programa Reducción de Riesgo Geológico contempla varios objetivos; uno de ellos es el sistema de alerta temprana, para lo cual lanzó una iniciativa para la creación de una plataforma internacional con 10 diferentes países, los cuales están representados por destacados expertos científicos de las principales instituciones participantes. Entre ellos se encuentra nuestro país, representado por el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico (CIRES). (UNESCO, 2019).

Relación de países de la Plataforma Internacional de sistemas de alertas temprana:

- Alemania (GFZ - Centro Alemán de Investigación en Geociencias),
 - Italia (Universidad de Nápoles Federico II),
 - Japón (Instituto de Investigación Meteorológica),
 - México (Centro de Instrumentación y Registro Sísmico),
 - Rumania (Instituto Nacional de Física de la Tierra),
 - España (Universidad Complutense de Madrid),
 - Suiza (ETH - Instituto Federal Suizo de Tecnología de Zurich),
 - Turquía (Observatorio Kandili e Instituto de Investigación de Terremotos, Universidad Boğaziçi), y
 - Estados Unidos de América (University of California Berkeley, y [USGS](#)).
-
- China ([China Earthquake Administration](#) and [Institute of Care Life](#)),



Sitios Relacionados:

El internet es un aliado para obtener información fiable sobre el tema que estamos abordando, de todos es sabido el potencial que este medio vino a dar a las comunicaciones y sin duda veremos adelantos aún más sorprendentes de este medio digital. En la siguiente lista proporcionamos algunas de las páginas Web donde podemos consultar con la certeza de la veracidad de la información allí ofrecida.

País	Nombre	Dirección Web
México	Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)	https://www.gob.mx/cenaprec
México	Protección Civil Ciudad de México	https://www.proteccioncivil.cdmx.gob.mx
México	Sistema Sismológico Nacional (SSN)	http://www.ssn.unam.mx/
México	Centro de Instrumentación y Registro Sísmico A. C.	http://www.cires.org.mx/
United States of America	Información Geológica de United States Geological Survey (USGS))	https://earthquake.usgs.gov
Ecuador	Instituto Geofísico (IGEPN)	www.igepn.edu.ec/sismos
Continente Europeo	Centro Sismológico Europeo Mediterráneo (EMSC)	http://www.emsc-csem.org/Earthquake
España	Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG)	http://www.ign.es/web/ign/portal/inicio
United States	Servicio Geológico de Estados Unidos (En Español)	https://www.usa.gov/espanol/
Japón	Agencia Meteorológica de Japón.	http://www.jma.go.jp/jma/indexe.html
Panamá	Sistema Regional de Visualización y Monitoreo de Mesoamérica	http://www.servir.net/

Tabla 1. Páginas Web sobre temas de sismos. Elaboración propia.

Gracias a la información proporcionada por el Servicio Sismológico Nacional en su portal Web podemos investigar los sismos que se han presentado en nuestro país, en su apartado de catálogo de sismos, en el cual como ejemplo solicité que me informara sobre los sismos con un registro mayor de 7.5 de magnitud, desde el año de 1964 al día de hoy, 18 de febrero de 2019, obteniendo los siguientes resultados:

Fecha y hora	Localización	Latitud	Longitud	Profundidad (km)	Magnitud	Fecha y hora UTC
1973-01-30 15:01:12	43 km al sureste de Coalcomán, Mich.	18.412	-103.019	24.0	7.6	1973-01-30 21:01:12
1976-02-04 03:01:46	319 km al este de Frontera Comalapa, Chis.	15.262	-89.198	13.0	7.5	1976-02-04 09:01:46
1978-11-29 13:52:50	32 km al noroeste de S. Pedro Pochutla, Oax.	16.013	-96.586	23.0	7.6	1978-11-29 19:52:50
1985-09-19 07:17:49	45 km al noroeste de La Mira, Mich.	18.419	-102.468	15.0	8.1	1985-09-19 13:17:49
1985-09-20 19:37:14	25 km al noroeste de Zihuatanejo, Gro.	17.828	-101.681	17.0	7.6	1985-09-21 01:37:14
1995-10-09 09:35:54	10 km al sureste de Manzanillo, Col.	18.993	-104.245	25.0	8	1995-10-09 15:35:54
2003-01-21 20:06:34	46 km al suroeste de la ciudad de Armería, Col.	18.6	-104.22	9.0	7.6	2003-01-22 02:06:34
2012-03-20 12:02:48	46 km al sur de Ometepec, Gro.	16.264	-98.457	18.0	7.5	2012-03-20 18:02:48
2017-09-07 23:49:17	140 km al suroeste de Pijijiapan, Chis.	14.761	-94.103	45.9	8.2	2017-09-08 04

Tabla 1, sismos mayores a 7.5 de magnitud. Fuente(SSN), <http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/>, febrero de 2019

Los datos en imágenes.

Como ejemplo de la información con que contamos en la actualidad (vía internet) se anexa la información de los últimos sismos que reporta el Sistema Sismológico Nacional, el día 18 de febrero de 2019, a las 10 h con 11 minutos, localizado al sur de Salina Cruz, (imagen 3), en el estado de Oaxaca (SSN, 2019).

Así como el reporte del Centro de Instrumentación y Registro Sísmico A.C. (imagen 4), que nos informa de un sismo el día 17 de febrero a las 21h con 22 minutos y 29 segundos, (CIRES, 2019)



Imagen 3, Actividad sísmica, Fuente: Servicio Sismológico Nacional, tomado de : <http://www.ssn.unam.mx>, 18/feb/2019.



Imagen 4, Actividad sísmica, Fuente (CIRES), tomado de: <http://www.cires.org.mx/index.php> el 18/Feb /2019

En México en el año de 2018 se registraron **30,198** sismos reportados del 1 de enero al 31 de diciembre, considerando todas las magnitudes, todas las profundidades y en todo el país. Esta información se obtuvo gracias a la página del SSN; en la imagen 5 se observa la representación de esos sismos sobre el territorio nacional.

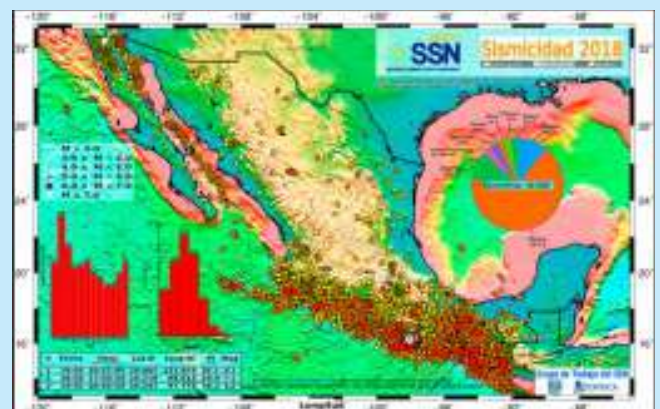


Imagen 5. Sismos registrados en el año de 2018. Fuente: SSN, tomado de: <http://www.ssn.unam.mx/sismicidad/mapas-de-sismicidad-anual/>, consultado en Febrero de 2019



Imagen 6, Actividad Sísmica en el Mundo, en los días del 15 al 18 de Febrero de 2019, Fuente: http://www.servir.net/servir_alertas/index.php

En la imagen 6 podemos observar los sismos en el mundo, en la semana del 15 al 18 de febrero de 2019, gracias a la página Web de servir.net.

Conclusiones:

Lo que no sabemos:

- 1) Muy Importante: los sismos no se pueden predecir
- 2) No hay ningún método o tecnología actual que los pueda predecir.
- 3) Debemos conocer los sonidos de las alertas tempranas y actuar de forma ordenada e inmediata.
- 4) No hacer caso de noticias que se difunden en la red sobre fechas en que ocurrirá algún sismo o la magnitud de éste, en virtud de ser falsas.

Lo que sí sabemos:

- 1) México es un país con mucha actividad sísmica
- 2) Michoacán es un estado de alto riesgo sísmico,
- 3) Existen registros de sismos muy grandes en México, como los mostrados en la tabla 3, los cuales nos indican las magnitudes que se han registrado.

Año	Epicentro	Magnitud
1787	Costas de Oaxaca	8.4 y 8.7 de acuerdo a evidencias
1932	Costas de Colima y Jalisco	8.2
1985	Costas de Michoacán	8.1
1995	Costas de Colima	8.1
2017	Golfo de Tehuantepec	8.2

Tabla 1. Sismos muy fuertes en México. Elaboración Propia

Bibliografía

- CIRES. (18 de Febrero de 2019). Centro de Instrumentación y Registro Sísmico A.C. Recuperado el 18 de Febrero de 2019, de <http://www.cires.org.mx/index.php>
- Gobierno de México (2019). Gob.mx. Recuperado el 18 de febrero de 2019, de <https://www.gob.mx/sgm/articulos/sismos-causas-caracteristicas-e-impactos?idiom=esSSN>. (18 de Febrero de 2019). Sistema Sismológico Nacional. Recuperado el 18 de Febrero de 2019, de <http://www.ssn.unam.mx/UNESCO>. (18 de Febrero de 2019). UNESCO. Recuperado el 18 de Febrero de 2019, de <http://www.unesco.org>

COMPORTAMIENTO SÍSMICO OBSERVADO EN MONUMENTOS HISTÓRICOS POR EL SISMO DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017 EN MÉXICO



Patricia Alarcón, José Beltrán

Por su ubicación geográfica México se encuentra en una zona de alta sismicidad debido a la interacción de 5 placas: la placa de Norteamérica, la de Cocos, la de la Rivera, la del Pacífico y la Placa del Caribe.

En los sismos de septiembre de 2017 en México, se dañaron más de 1,600 Monumentos históricos en la zona de Puebla y Morelos, teniendo una pérdida importante de patrimonio físico y cultural. De la evaluación de los monumentos dañados, se observa la necesidad de contar con una metodología que permita

acercarse con mayor precisión al estudio del comportamiento sísmico de este tipo de edificaciones, que representan un bien cultural e intangible para la sociedad, teniendo presente la importancia de la comprensión global del edificio en estudio. Es necesario, además, considerar la evaluación de las características mecánicas con pruebas no destructivas, estudios de microzonificación sísmica y un análisis numérico que responda al comportamiento sísmico probable de los Monumentos Históricos.

Los modelos matemáticos para este tipo de estructuras continúan representando un reto, por la caracterización del sistema constructivo constituido a base de mampostería de piedra y mortero, que origina un sistema anisotrópico y heterogéneo, con diferentes valores de resistencia a la compresión de la piedra y del mortero, y su poca o nula resistencia al esfuerzo cortante. En este trabajo, se analizará el alcance del análisis del

Método de Elemento Finito no lineal y su aplicación al modelado de los monumentos históricos.

El 19 de septiembre de 2017 se presentó un sismo con epicentro en Axochiapán, Morelos, reportado por el Servicio Sismológico Nacional con un $M_s = 7.1$ localizado en el límite de Puebla – Morelos, con coordenadas 18.4 latitud N y -98.72 longitud W y a una profundidad de 57 km.



Figura 1. Ubicación del epicentro del sismo del 19 de septiembre de 2017, según el Servicio Sismológico Nacional

El fenómeno ocasionó daños importantes en estructuras de hospitales, escuelas, edificios de oficinas, departamentos, viviendas unifamiliares, iglesias y monumentos históricos. Los daños en edificios históricos se concentraron en los estados de Puebla, Morelos, Oaxaca y Chiapas.

MONUMENTOS CON DAÑOS SEVEROS	
Inmuebles históricos	1,603
Inmuebles no históricos	247

Tabla 1. Estadística de daños de monumentos

1 OBSERVATORIO NACIONAL DEL EPISCOPADO MEXICANO, OCEM. (2018)

"Informe de Monumentos históricos dañados por el sismo del 19 de septiembre de 2017"

MONUMENTOS HISTÓRICOS, RELIGIOSOS DAÑADOS POR ESTADO	
Estado	Número de monumentos
Chiapas	82
Ciudad de México	75
Estado de México	275
Guerrero	73
Hidalgo	13
Morelos	213
Oaxaca	287
Puebla	448
Tabasco	8
Tlaxcala	119
Veracruz	10

Tabla 2. Estadística de daños de monumentos históricos por estado *ibidem* pag. 13

En la Tabla 2, se concentra un resumen de afectaciones de los monumentos históricos que se dañaron por los sismos del 7 de septiembre y 19 de septiembre de 2017. Podemos observar que fueron 1,603 monumentos históricos los que resultaron con daños graves, entre los que destacan los monumentos de la Ruta de los Conventos, construidos durante los siglos XVI y XVII y en su mayoría ubicados en las laderas del volcán Popocatepetl.

Para la evaluación de los daños, se formaron diferentes brigadas de evaluación de edificaciones dañadas, con alumnos y académicos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, también participaron ingenieros de la práctica, con el acompañamiento de los pobladores de la localidad.

Los daños observados en las zonas donde se presentaron las mayores intensidades, pueden clasificarse, de acuerdo a la Figura 2, en grietas de cortante, grietas de flexión, concentración de esfuerzos en huecos de puertas y ventanas y desplome de cúpulas en edificios de piedra y cantera, particularmente en el caso de monumentos históricos.

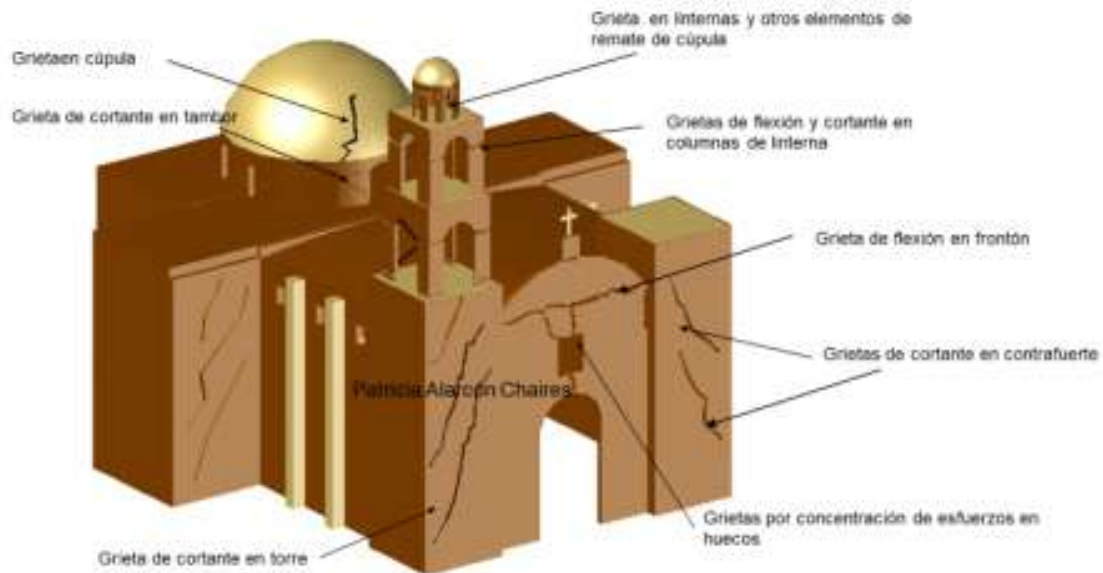


Figura 2. Tipificación de daños en monumentos históricos (Iglesias)

Caso de Estudio: iglesia y exconvento de San Juan el Bautista de Tetela del Volcán.

La Iglesia y el exconvento de San Juan el Bautista de Tetela del Volcán, forman parte de la *Ruta de los Conventos* y es considerado un monumento histórico con un gran valor cultural.

La estructura es de forma rectangular, se observa una alta densidad de muros en las dos direcciones de análisis y una cierta simetría estructural en el área del convento, que, al trabajar de manera homogénea con la iglesia, forma una estructura muy rígida. La torre de la Iglesia

está formada por una estructura flexible, por lo que su unión representa el problema de configuración sísmica por cambio de rigidez abrupta entre dos constituyentes importantes de una estructura. El sistema estructural del templo y del convento es de gravedad, en el cual las acciones a las que se ve sometido como gravedad, viento y sismo son resistidas por los muros de gran espesor, contrafuertes y columnas.

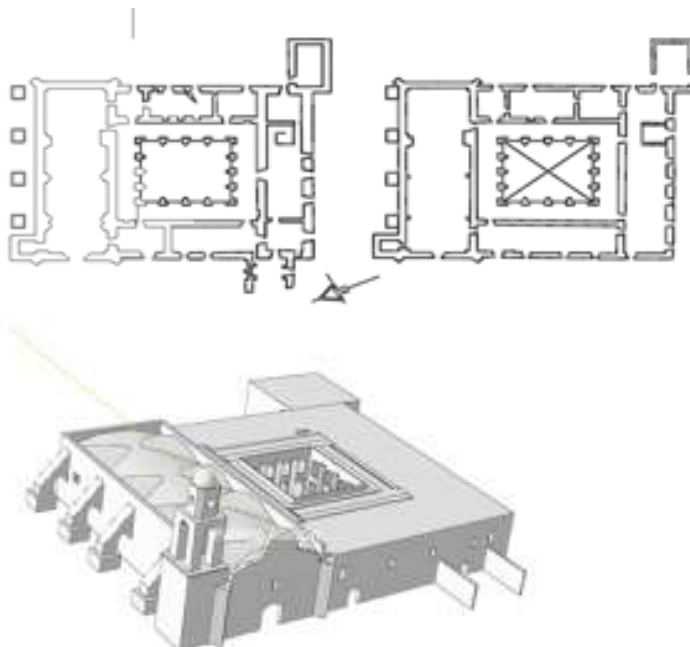


Figura 3. Planta y Edificio en 3d de la Iglesia y exconvento de Tetela del volcán

Patricia Alarcón, " Manual de Evaluación de estructuras dañadas de mampostería ". Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana, enero 2000, p,90

Las cubiertas están formadas por bóvedas cilíndricas con lunetos. La mampostería utilizada es heterogénea, con tezontle y piedra basáltica, unidos con mortero de cal y arena. La mampostería que se empleó en las columnas y arcos es de sillares de piedra. En la Tabla 3 se muestran las características de los materiales que se obtuvieron en el laboratorio y con pruebas no destructivas,

Material	E (ton/m ²)	í	ñ (Ton/m ³)
Basalto	3200000	0.22	2.9
Mampostería	1000000	0.22	1.5

Se analizan varios registros de aceleraciones obtenidas en este evento sísmico, y se

seleccionó el que se considera más representativo del movimiento de dicho fenómeno sísmico. Con este registro y empleando procedimientos aproximados de análisis elásticos e inelásticos, se estudian las demandas de resistencia y de deformaciones en este tipo de estructuras.

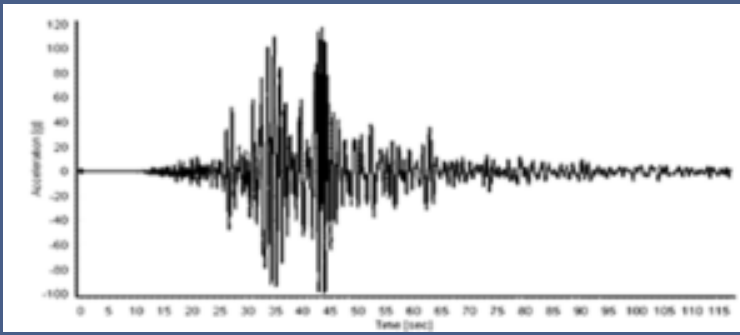


Figura 4. Acelerograma elegido para el estudio

Para estudiar el comportamiento de este monumento histórico se desarrollaron modelos en el plano y en el espacio, utilizando el Método de elemento finito, no lineal. Los análisis se realizaron con el sistema Abaqus CAE, el modelo se construyó con 203 características y 279,989 nudos. Debido a la naturaleza ortotrópica de la mampostería y de su

comportamiento no lineal, el estudio solo es posible a través de técnicas de análisis numérico que incorporen en su planteamiento los fenómenos de comportamiento no lineal de la estructura.

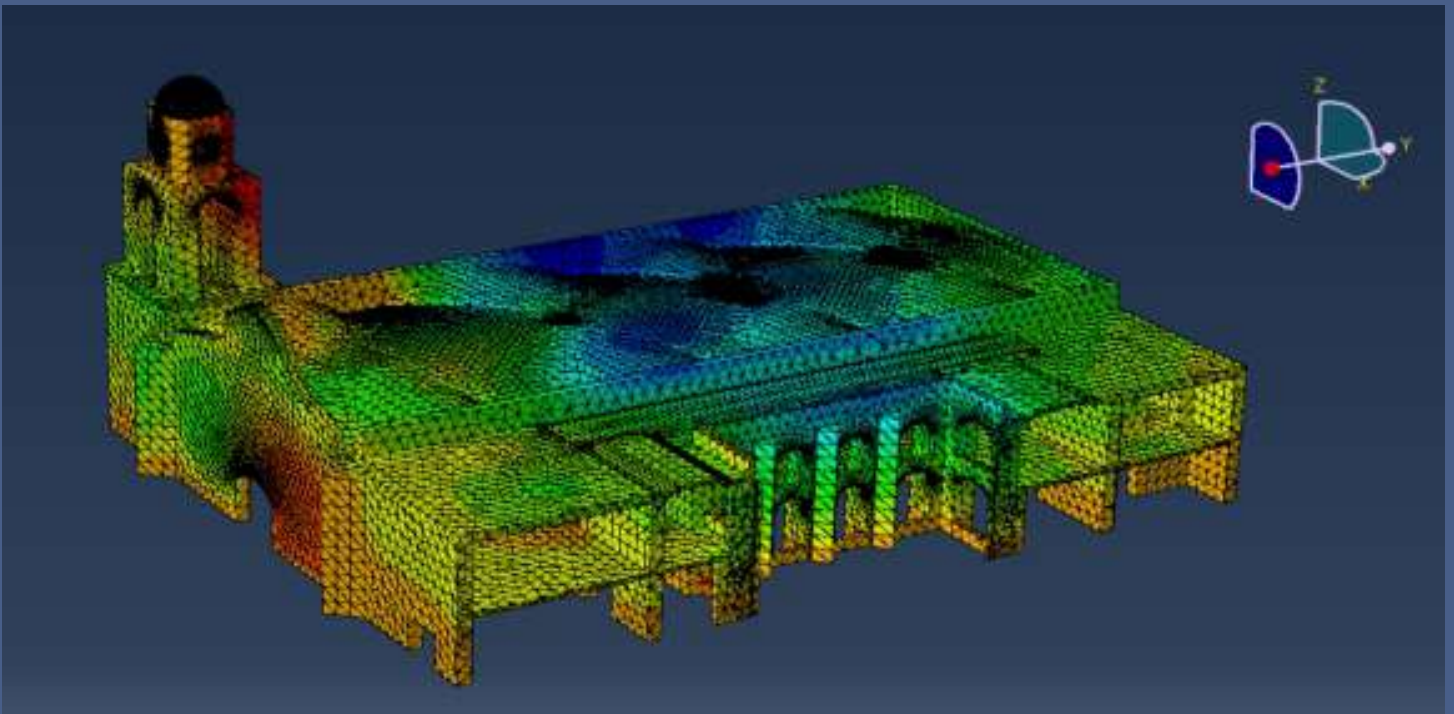


Figura 5. Modelo de elementos finitos, análisis no lineal.

En este trabajo no se consideró la cimentación ni el efecto interacción suelo-estructura y su enfoque fue el de obtener el estado de esfuerzos y desplazamientos utilizando el acelerograma del sismo del 19 de septiembre de 2017.

Esta modelación permitió validar el estado de agrietamientos y deformaciones que se presentaron, en la estructura real, después del sismo, como puede observarse en la Fotografía 3.

El modelo se idealizó sin considerar los procesos constructivos, ni los agrietamientos y daños sufridos en sismos anteriores. El análisis considerado fue no lineal con el Método de Elementos Finitos usando elementos sólidos.

El modelo permitió analizar la respuesta dinámica de la estructura, durante 45 segundos, tiempo en que se apreciaron las máximas aceleraciones del terreno.

Los resultados demostraron un comportamiento compatible con el presentado ante el sismo del 19 de septiembre de 2017, podemos observar que la distribución de esfuerzos y momentos flexionantes en la Torre y del edificio en general (Figura 6), corresponde con los agrietamientos observados y medidos en la evaluación física del monumento..

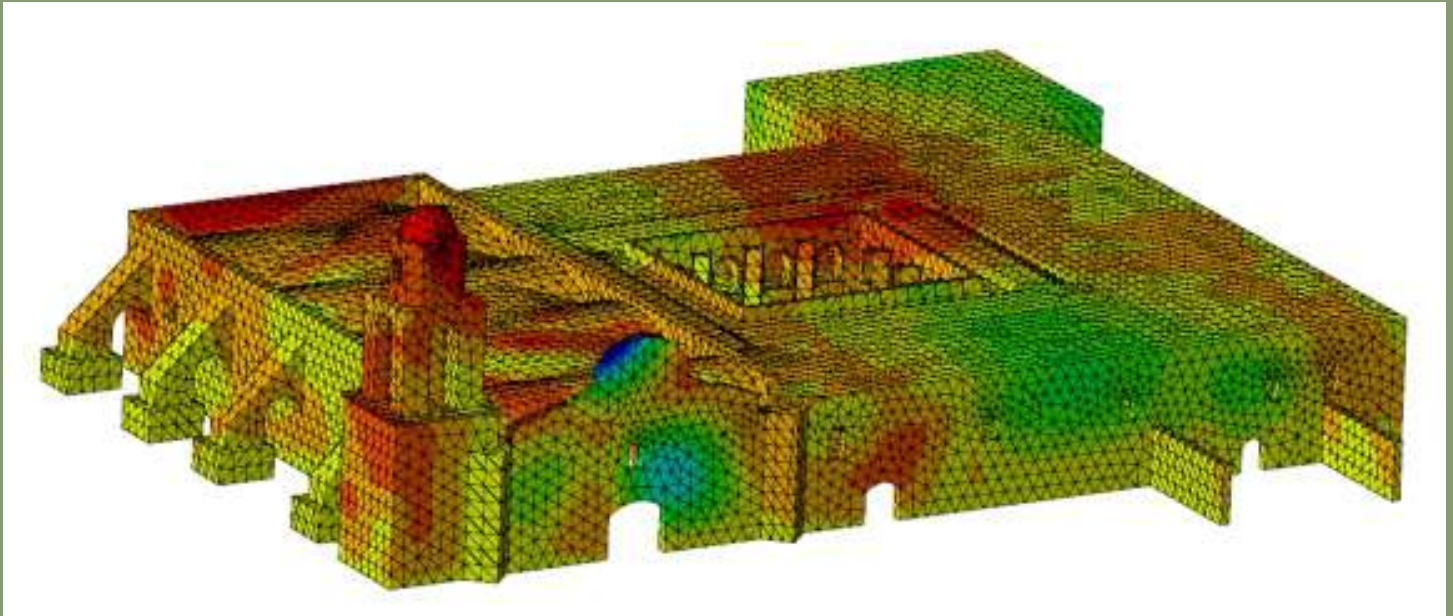


Figura 6. Estados de esfuerzos generados por el sismo del 19 de septiembre de 2017



Fotografía 3. Iglesia después del sismo del 19 de septiembre de 2017

De manera similar, la configuración deformada de la Torre obtenida en el análisis resulta análoga al comportamiento que se presentó en el monumento histórico real después del sismo. En ese sentido, los máximos desplazamientos tuvieron valores de 0.18 m en la cúpula de la torre y 0.14 m en las linternas, lo que provocó el colapso de ésta, así como grietas de cortante en la estructura de la Torre y en los muros de la iglesia, en los contrafuertes, además de las grietas de flexión presentadas en el frontón y concentración de esfuerzos en huecos de la puerta del exconvento, compatibles con el modelo de análisis.

CONCLUSIONES

La evaluación estadística de daños durante el sismo del 19 de septiembre de 2017, mostró la alta vulnerabilidad de los monumentos históricos, que en su mayoría fueron clasificados como con daños severos y colapsos.

El Modelo de Elementos Finitos no lineal permitió estimar de manera congruente la respuesta estructural de la Iglesia y exconvento de San Juan el Bautista ubicada en Tetela del Volcán. Estos resultados son importantes si se consideran la gran cantidad de monumentos históricos construidos en México que requieren ser estudiados.

La construcción de este tipo de modelos analíticos antes de un evento sísmico puede ayudar a proponer sistemas de rehabilitación estructural, para evitar el daño o colapso en sismos futuros. Es necesario desarrollar métodos que permitan modelar la interacción mortero-pieza, que sean validados con estructuras reales.

REFERENCIAS

- Alarcón, P., Beltrán, J., Peralta A., Magaña, C. (2018). Comportamiento sísmico de Iglesias dañadas en Puebla y Morelos durante el sismo de Axochiapan, Morelos, del 19 de septiembre de 2017, en México. Lorca.
- Alarcón P. (2000), *Manuel de evaluación de estructuras dañadas de mampostería*. Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2000
- Clementi, F., Gazzani, V., Poiani, M., & Lenci, S. (2016). Assessment of seismic behaviour of heritage masonry buildings using numerical modelling. *Journal of Building Engineering*, 8, 29–47. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2016.09.005>
- Maniatakis, C. A., Spyrakos, C. C., Kiriakopoulos, P. D., & Tsellos, K. P. (2017). Seismic response of a historic church considering pounding phenomena. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 1–29. <https://doi.org/10.1007/s10518-017-0293-5>
- Martínez Segura, M. A., Navarro Bernal, M., & Martínez Pagan, P. (2017). Riesgos sísmicos en la Región de Murcia y métodos de evaluación de la peligrosidad sísmica a escala urbana. Murcia: no publicado aún.
- Navarro, M. et al., (2000). Relation between the predominant periods of soil and the damage distribution after Mula 1999 earthquake. Sixth International Conference on Seismic Zonation, California.
- OBSERVATORIO NACIONAL DEL EPISCOPADO MEXICANO, OCEM. (2018) "Informe de Monumentos históricos dañados por el sismo del 19 de septiembre de 2017". México.
- Tassios, T. P. (2010). Seismic engineering of monuments: The first Prof. Nicholas Ambraseys distinguished lecture. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 1231–1265. <https://doi.org/10.1007/s10518-010-9219-1>

Desastres naturales:

Huracanes y Terremotos

Blanca Lizeth Sáenz Ceja

Durante los últimos años, México ha experimentado desastres naturales de gran magnitud, entre los cuales figuran huracanes de muy alta intensidad, como el huracán Patricia, el más potente de la historia, y terremotos devastadores como los ocurridos en el sur del país y en la Ciudad de México en el año 2017. Por un lado, la posición geográfica de nuestro país lo hace vulnerable ante huracanes, pues se ubica entre dos océanos que cada año son embestidos por este tipo de fenómenos hidrometeorológicos. Por otro lado, México se ubica en los límites de las placas tectónicas de Norteamérica, de Cocos y del Pacífico, que cuando colisionan generan sismos que cimbran la superficie de nuestro país.

Ante la alta incidencia de estos fenómenos meteorológicos y geológicos en la República mexicana, cada vez existe mayor preocupación por parte de las autoridades y científicos para salvaguardar la vida, la integridad y los bienes de la población expuesta a estos fenómenos naturales. En este sentido, se han creado distintas estrategias para atender estas contingencias, como el Plan DNIII implementado por la Secretaría de la Defensa Nacional, y sistemas de monitoreo que dan cuenta de la magnitud y

desarrollo de estos fenómenos, como el Sistema Sismológico Nacional y el Sistema Meteorológico Nacional. Además, se han creado varios Atlas de Riesgo, donde se identifican las zonas geográficas con mayor vulnerabilidad ante terremotos, huracanes y otros fenómenos naturales.

Algo importante a reconocer es que tanto los terremotos como los huracanes vienen sucediendo desde hace millones de años sobre la superficie de la Tierra. Se volvieron desastres naturales desde que el ser humano apareció sobre el planeta y fue vulnerable ante estos disturbios de gran magnitud, ocasionando víctimas mortales, daños en bienes materiales, infraestructura, medios de sustento y generando perturbación ecológica.

Además, en muchas ocasiones los efectos de estos desastres se pudieron haber prevenido. Por ejemplo, es común encontrar asentamientos humanos en suelos que resisten poco la energía de las ondas sísmicas, como actualmente sucede en la Ciudad de México, construida sobre suelo lacustre que al vibrar con las ondas sísmicas se mueve como gelatina. Por otro lado, en el caso de los huracanes, muchas edificaciones se encuentran a orillas de ríos o barrancas, que son destruidas por inundaciones o

deslaves, como comúnmente sucede en las zonas serranas del centro y sur de nuestro país.

Desafortunadamente, los terremotos y huracanes no se pueden controlar por voluntad del ser humano. Sin embargo, lo que sí se puede hacer es prevenir y mitigar sus efectos. En este caso, es importante entender cómo se originan, cómo funcionan y cuáles son las consecuencias de ambos fenómenos, para poder proponer estrategias y acciones para disminuir su impacto. Por ello, el objetivo de este texto es proveer un panorama sobre los terremotos y huracanes, para que la ciudadanía conozca sus características y pueda tomar precauciones cuando se ve expuesta a este tipo de fenómenos naturales.

Terremotos

El interior del planeta

La parte interna de la Tierra está en constante movimiento, y está formada por un núcleo interno y externo, el manto y la corteza terrestre. Esta división del interior de la Tierra se asemeja a un aguacate, en el que partido a la mitad, el hueso representaría el núcleo interno, la cascarita del hueso sería el núcleo externo, la pulpa sería el manto formado por minerales y magma, y por último, la cáscara representaría la corteza terrestre, la capa de la Tierra donde habitamos.

La corteza terrestre no permanece fija, sino que se parece a un gran rompecabezas flotando sobre una superficie líquida que es el magma presente en el manto. A estas enormes piezas se les llama placas tectónicas. Debido a que el manto está en constante movimiento, estas placas se mueven frecuentemente, colisionando unas con otras, liberando una gran cantidad de



Figura 1. Movimientos convectivos en el Manto Terrestre. Crédito: Tarbuck, E. & Lutgens, F., 2001: *Ciencias de la Tierra: una introducción a la geología física* [6ª ed.].- 540 págs. Prentice Hall, Madrid España.

energía que se manifiesta en sismos. Estos choques entre placas tectónicas se pueden presentar de tres maneras: divergente, donde las placas se separan entre sí; convergente, donde una de las placas se sumerge debajo de la otra; y transformante, donde las placas se mueven paralelamente, pero en dirección opuesta.



Figura 2. Zona de fractura. Crédito: Lizeth Sáenz

Sismos y terremotos

Los sismos son el producto del choque de las placas tectónicas. Dependiendo de la energía liberada, se le puede llamar terremoto cuando las colisiones ocurren de forma rápida y violenta, y causan daños severos a la infraestructura. Los terremotos son más comunes cuando las placas convergen, es decir, se sumerge una placa longeva geológicamente por debajo de otra de edad más reciente. La roca de la placa más antigua se rompe y la energía producida por ese rompimiento se libera en forma de ondas sísmicas. Algo importante a saber, es que el lugar donde se origina la fractura de las placas se llama “hipocentro” y no “epicentro”, como típicamente se dice en las noticias. El epicentro es la posición geográfica en la superficie terrestre donde por debajo del subsuelo se encuentra el hipocentro.

Ondas sísmicas

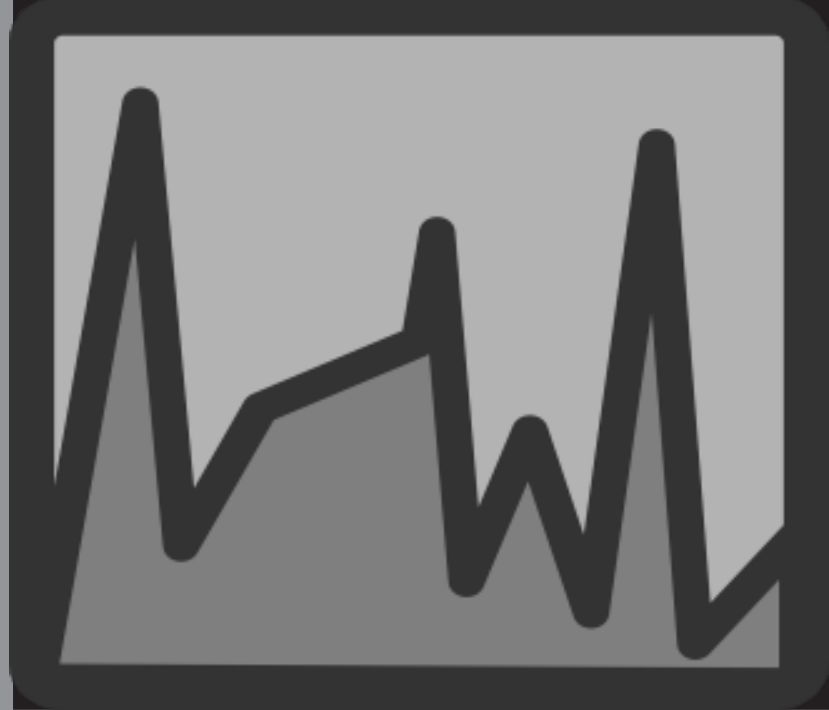
Los sismos se clasifican en superficiales, intermedios y profundos. Los primeros ocurren a menos de 70 kilómetros de profundidad, los intermedios entre 70 y 300 km de profundidad, mientras que los profundos ocurren entre 300 y 700 km por debajo de la superficie terrestre. Las ondas de energía sísmica se extienden de manera similar a las ondas producidas cuando alguien arroja una piedra sobre un cuerpo de agua. Entre menor sea la distancia desde el epicentro hasta el hipocentro, el efecto de los sismos es mayor. Pero existen dos tipos de ondas sísmicas: de cuerpo y de superficie. Las

ondas de cuerpo se dividen en ondas “P” y “S”, que viajan por el interior de la Tierra; las primeras son más rápidas, mientras que las ondas S son más lentas. Las ondas que tienen mayor energía son las de superficie, que son las responsables de los daños a la infraestructura humana. Se dividen en ondas de Rayleigh y de Love. Las ondas de Rayleigh generan que el suelo suba y baje, como ocurre en las olas del mar, mientras que las ondas de Love producen que la superficie se tambalee de un lado a otro, de manera similar al movimiento de una serpiente.

Magnitud de los sismos

De manera sorprendente, todos los días ocurren sismos sobre la superficie terrestre, sin embargo, la mayoría de ellos son de baja potencia y difíciles de percibir por el ser humano. En promedio, la Tierra es sacudida por unos 80 mil sismos cada año. La magnitud y la intensidad de los sismos son los responsables de que un sismo sea perceptible o no. La magnitud se refiere a la cantidad total de energía liberada por el sismo, mientras que la intensidad hace referencia a los efectos producidos por el sismo en la superficie terrestre. Para medir estas variables se utilizan aparatos llamados sismógrafos, que registran y representan gráficamente el movimiento de los suelos.

Cuando ocurre un sismo, se escucha usualmente que los sismos pertenecen a cierto valor de la escala de Richter. Por ejemplo, un sismo de 7.1, como el que ocurrió el 19 de septiembre de 2017 en la Ciudad de México, que derribó múltiples edificios y causó la muerte de cientos de personas. Esta escala fue creada por el sismólogo Charles Richter, y sus valores varían entre 0 y 9, donde cada valor representa 10 veces la energía liberada por el valor anterior (Tabla 1). Por ejemplo,



un sismo de 6 grados posee 10 veces más la energía de un sismo de 5 grados. Esta escala ha sido la más utilizada, pero se han encontrado inconsistencias ya que no describe de manera precisa la energía total liberada por el sismo. Los geólogos entonces buscaron otra forma de estimar la energía de un sismo mediante la magnitud de momento, una medida que considera la cantidad de movimiento de las rocas según la distancia y el área de las fracturas en el subsuelo, y sus valores se presentan en unidades de energía (Kilojoules), lo cual permite hacer comparaciones numéricas entre varios sismos. Para la intensidad de los sismos se utiliza la escala de Mercalli, que se divide en 12 niveles identificados con números romanos, que clasifica los sismos según los daños causados (Tabla 2).

Tabla 1. Escala de Richter

Magnitud	Descripción
Menor a 3.5	Por lo general no se siente
3.5 - 5.4	Medio se siente, causa daños menores
5.5 - 6.0	Daños ligeros a edificios
6.1 - 6.9	Daños severos a áreas de aglomeración humana
7.0 - 7.9	Terremoto mayor, causa graves daños
8 o mayor	Gran terremoto, puede ser destrucción total en comunidades

Tabla 2. Escala de Mercalli

Intensidad	Descripción
I	Sacudida sentido por pocas personas
II	Sacudida sentida por pocas personas en reposo en pisos altos
III	Sacudida sentida en pisos altos, vibraciones semejantes a las de un carro pesado
IV	Sacudida sentida por personas en interiores, vibración de vajillas, vidrios y ventanas
V	Sacudida sentida por casi todos. Algunas cosas se rompen, se detienen relojes de péndulo
VI	Sacudida sentida por todos. Se mueven muebles. Daños ligeros
VII	Daño sin importancia a estructuras bien construidas, daños considerables en malas construcciones
VIII	Caída de chimeneas, columnas, monumentos y muros. Muebles volcados
IX	Daño considerable en buenas estructuras, derrumbes parciales, agrietamiento de terreno
X	Las vías de ferrocarril se tuercen. Destrucción de algunas estructuras, deslizamiento de márgenes de ríos
XI	Puentes destruidos. Anchas grietas en el terreno, tuberías fuera de servicio, estructuras destruidas
XII	Destrucción total



Sismos más potentes y destructivos de la historia

El terremoto más potente fue el que ocurrió en Valdivia, Chile en 1960. Su magnitud fue de 9.5 en la escala de Richter. Lamentablemente murieron 1,655 personas, hubo más de 3 mil heridos y más de 2 millones de edificaciones destruidas. Sin embargo, éste no fue el terremoto más mortífero, sino que fue el registrado en Shaanxi, China en 1556. Aunque no se tiene idea precisa sobre la magnitud de este sismo, se registraron casi 830 mil personas muertas.

El segundo terremoto más potente de la historia fue el ocurrido frente al norte de la isla Sumatra, en Indonesia durante la navidad del año 2004. Su magnitud fue 9.3 en la escala de Richter, que causó la muerte de casi 230 mil personas en países como Sri Lanka, Islas Maldivas, India, Tailandia, Malasia, Bangladesh, Myanmar y la costa este de África, no tanto por el sismo en sí, sino por el enorme tsunami que devastó las zonas costeras de estos países.

El tercer terremoto más fuerte fue el ocurrido en Alaska, Estados Unidos en 1964, con magnitud de 9.2 en la escala de

Richter. Aunque la cantidad de energía liberada fue considerable, la cifra de fallecimientos afortunadamente sólo llegó a 128 personas, ya que azotó zonas relativamente poco pobladas. Sin embargo, lo más curioso de este terremoto es que levantó el suelo hasta 11.5 metros por encima de su nivel normal, y en algunas zonas hasta 15 metros.

Una fecha inolvidable para los mexicanos es el 19 de septiembre, pues en este día ocurrieron terremotos devastadores pero en años diferentes. Primero, en 1985 ocurrió un sismo de 8.1 en la escala de Richter, con epicentro en costas de Michoacán y Guerrero, con una duración de cuatro minutos, que originaron la caída de cientos de casas y edificios en la Ciudad de México y produjeron la muerte de casi 12 mil personas. Curiosamente, 32 años más tarde, el 19 de septiembre de 2017, ocurrió un sismo de 7.1 con epicentro en el estado de Puebla, que causó el fallecimiento de 369 personas y que produjo severos daños en la Ciudad de México y Puebla.



Efectos de los movimientos de la corteza terrestre

Los sismos no sólo tienen la capacidad de generar desastres sobre la superficie terrestre, sino que pueden alterar la superficie marina y generar tsunamis. Si una fractura entre las placas tectónicas ocurre bajo el mar, la energía liberada produce oleajes de gran tamaño que azotan las costas cercanas al epicentro. Aunque algunos terremotos pueden ser tan fuertes que las ondas sísmicas pueden atravesar un océano entero. Por ejemplo, el terremoto más potente de la historia de magnitud 9.5 en la escala Richter con epicentro en Chile, produjo una serie de tsunamis que llegaron a costas de Hawái y Japón, al otro lado del océano Pacífico.

Los volcanes son otro efecto del movimiento de las placas tectónicas. Cuando nace un volcán, quiere decir que se rompió la corteza terrestre y por esa abertura en el subsuelo emerge magma, mejor conocida como lava. La enorme

cantidad de energía liberada por los volcanes también tiene la capacidad de producir sismos. Algo sorprendente es que los terremotos también pueden ser capaces de reanudar la actividad de un volcán en reposo. En las zonas donde existe una gran cantidad de volcanes probablemente hay choques entre placas tectónicas. Por ejemplo, la Faja Volcánica Transmexicana, que se produjo por la inmersión de la placa tectónica de Cocos por debajo de la placa Norteamericana. De hecho, el centro y sur del país son regiones sísmicamente muy activas, ya que se encuentran en los límites de las placas de Cocos, la del Caribe, la de Rivera y la Norteamericana, donde también existen muchos volcanes como el Popocatepetl, el Iztaccíhuatl, el Pico de Orizaba, el Chichonal, el Volcán de Fuego de Colima y el Parícutín, este último el único volcán que el ser humano ha visto nacer.

El movimiento de las placas a escala geológica puede derivar en el surgimiento de enormes cordilleras. Por ejemplo, el Himalaya, donde se localizan las montañas más altas de nuestro planeta, como el Monte Everest, que surgieron por el movimiento de subducción de la placa India que se sumergió por debajo de la Euroasiática. El origen de la cordillera de los Andes es similar, pues las placas de Cocos, Nazca y la Antártica fueron sumergidas por debajo de la placa Sudamericana, dando origen a la segunda cadena montañosa más alta del planeta. Los Alpes también fueron creados por movimientos entre placas tectónicas, en este caso, por la placa Africana que se metió por debajo de la Euroasiática. Por último, el llamado "Cinturón de fuego" es una zona con muchos terremotos, que comprende los continentes que bordean



Figura 4. Distribución de las placas tectónicas en la Tierra. Crédito: W. Jacquelyne Kious & Robert I. Tilling. This Dynamic Earth: the story of plate tectonics [en USGeological Survey, versión en línea (2014) recuperada de <http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/dynamic.html> el 3-02-2015].

la placa del Pacífico, entre ellos Oceanía, Asia y América. Es la región sísmicamente más activa del planeta.



Figura 5. Cinturón de fuego del Pacífico. Crédito: Barbara Castrejón, DGDC-UNAM <http://ciencia.unam.mx/leer/807/cinturon-de-fuego-zona-de-sismos-y-volcanes->

Información y prevención

Los sismos ocurren de manera constante en el planeta Tierra. No es posible controlarlos a voluntad humana, pero si se pueden prevenir sus efectos. Por ejemplo, tras el terremoto de 1985 se creó el Sistema Nacional de Protección Civil en nuestro país, así como el Servicio Sismológico Nacional. A partir de este siniestro, las normas de construcción mejoraron en orden de crear edificaciones que pudiesen soportar el embate de las ondas sísmicas. Sin embargo, el terremoto de 2017 reveló que si bien existe una mejora en las estrategias de prevención y construcción de edificaciones, la corrupción sigue permitiendo que se levanten obras de infraestructura con materiales inadecuados o sobre suelos lacustres, muy propensos a las ondas sísmicas, con lamentables muertes y pérdidas para miles de habitantes quienes sufrieron por la mala planeación urbana. Deberíamos

aprender de Japón, que ha invertido recursos en construir edificios resistentes a sismos, en barreras contra tsunamis y en la prevención entre la ciudadanía. En un sismo que sacudió las costas japonesas en 2011 sólo murieron 10 personas.

La cultura de la prevención de sismos y terremotos debe inculcarse desde edades tempranas, ya que el comportamiento ante estos fenómenos es vital para prevenir la muerte de las personas. En este sentido, han sido fundamentales las indicaciones de qué hacer en caso de sismos, así como el establecimiento de sistemas de alerta sísmica. Las autoridades gubernamentales deben invertir en la prevención, en mejorar los sistemas de monitoreo sísmico y en generar más conocimiento sobre la geología de nuestro subsuelo.

RECOMENDACIONES EN CASO DE UN SISMO O TERREMOTO

ANTES

- Crea un plan familiar de protección civil
- Organiza y participa en simulacros de evaluación
- Identifica las zonas de seguridad
- Revisa las instalaciones de gas y luz
- Almacena alimentos no perecederos y agua

DURANTE

- Aléjate de ventanas y objetos que puedan caer
- Conserva la calma y ubícate en la zona de seguridad
- Corta el suministro de gas y electricidad
- Alejate de postes, cables y marquesinas
- Estacionate alejado de edificios altos

DESPUÉS

- Revisa las condiciones de tu casa
- No enciendas cerillos o velas hasta asegurarte de que no hay fugas de gas
- Utiliza el teléfono sólo para emergencias
- Mantente informado y atiende las recomendaciones de las autoridades
- Mantente alerta, se pueden presentar réplicas

Huracanes



Figura 6. Vista del ojo del huracán Florence desde el espacio. Crédito: ESA/NASA
<https://www.cnbc.com/2018/09/12/nasa-photos-what-hurricane-florence-looks-like-from-space.html>

¿Qué es un huracán?

Un huracán es un fenómeno atmosférico caracterizado por una gran masa de aire cálido y húmedo, con estructura circular y con diámetro inferior a 600 km, caracterizado por vientos de gran intensidad que giran en forma de espiral alrededor del centro del meteoro, acompañado por intensas precipitaciones, fuerte oleaje, aumento en el nivel del mar, que tienen un impacto importante sobre las localidades afectadas. La estructura de un huracán está formada por una zona de relativa calma, con cielos despejados y vientos débiles, llamada "ojo del huracán", seguida por una zona de

grandes nubes que giran alrededor a una velocidad entre 185 y 370 kilómetros por hora. El diámetro de un huracán varía entre 100 y 500 km. La intensidad de los huracanes se mide mediante la escala Saffir-Simpson, que de acuerdo a la velocidad de los vientos se clasifican entre las categorías 1 a 5 (Tabla 3). Entre mayor sea la categoría, mayores son los daños. Cada seis años se rotan los nombres para los huracanes, que la Organización Meteorológica Mundial ha establecido. La temporada de huracanes que llegan al continente americano inicia el primero de junio y finaliza el 30 de noviembre de cada año.

Tabla 3. Clasificación de los huracanes en la escala Saffir-Simpson, según la velocidad de los vientos y el tipo de daños que ocasionan.

Categoría	Velocidad de los vientos	Tipos de daños
1	119-153 km/h	Caída de ramas, daño a líneas eléctricas y cortes de energía.
2	154-177 km/h	Caída de árboles, inundaciones en zonas costeras, daños en tejados, puertas y ventanas, tendido eléctrico, cortes de energía eléctrica.
3	178-208 km/h	Daños estructurales en edificaciones pequeñas, árboles derribados, inundación de zonas costeras, falta de agua potable y energía eléctrica.
4	209-251 km/h	Desplome de tejados y paredes de edificaciones con material durable, árboles caídos, cortes de energía por semanas y evacuación de la población.
5	Mayor a 252 km/h	Daños catastróficos, daños en un alto porcentaje de viviendas, derrumbe de paredes, alta proporción de árboles caídos, zonas inhabitables por semanas o meses.

Origen de los huracanes

Los huracanes se originan en zonas cercanas al Ecuador, línea imaginaria que divide al planeta Tierra en dos hemisferios: norte y sur. En esta región, la radiación solar incrementa la temperatura de la superficie marina y produce altas tasas de evaporación, que al ascender se enfrían gradualmente y forman nubes. Debido al efecto "Coriolis", producido por el

movimiento de rotación de la Tierra, estas masas comienzan a girar en espiral, formando un ciclón tropical. Cuando los vientos tienen una velocidad menor a 62 km/h, estos ciclones son denominados como "depresión tropical", cuando sus vientos oscilan entre 62 y 119 km/h adquieren la categoría de "tormenta tropical", mientras que cuando superan esta última velocidad, son llamados

huracanes. Los ciclones tropicales formados en el océano Atlántico y Pacífico que llegan a costas del continente americano son llamados “huracanes”, mientras que aquellos que tocan tierra en la costa este del continente asiático son llamados “tifones”. Por su parte, estos fenómenos hidrometeorológicos son llamados simplemente “ciclones” en India y Australia. Cada año, se registran en promedio 80 ciclones tropicales



Figura 7. Los huracanes transportan vientos a gran velocidad, que pueden arrancar y derribar árboles en las zonas costeras donde tocan tierra. Crédito: Time Magazine. <http://time.com/5401633/hurricane-storm-categories/>

Huracanes más destructivos de la historia

El huracán Katrina fue uno de los más mortíferos de la historia contemporánea. Este meteoro azotó las costas de Nueva Orleans en Estados Unidos en agosto de 2005 con una categoría 5 y vientos de 282 km/h. Causó la muerte de 1,833 personas, más de 100 mil casas inundadas, un millón de damnificados y el 80% de la ciudad de Nueva Orleans inhabitable. En el caso de México, en octubre de 2009 el huracán Paulina con categoría 4 sorprendió a los habitantes del puerto de Acapulco, Guerrero, que poco pudieron hacer ante la enorme cantidad de lluvia que cayó sobre las montañas circundantes, que generó fuertes corrientes de agua y deslaves que ocasionaron la muerte de 400 personas y más de 60 mil personas sin

hogar. Sin embargo, no siempre los huracanes con mayor categoría han sido los más devastadores. Por ejemplo, el huracán Agatha que con categoría 1 ocasionó la muerte de 191 personas y miles de damnificados en Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y México en mayo de 2010. Un caso similar fue el huracán Manuel en 2013, que con categoría 1 dejó 123 muertos, 33 heridos y 60 mil damnificados en costas del Pacífico mexicano.

En octubre de 2017, México fue azotado por el huracán más potente de la historia, Patricia con categoría 5+, catalogado así porque alcanzó velocidades superiores a 400 km/h, y porque no existe una categoría 6. Sorpresivamente, este

huracán sólo causó daños materiales en las costas de Jalisco, Colima y Michoacán, ya que al tocar tierra se degradó rápidamente a depresión tropical. El huracán Wilma fue el segundo más potente de la historia y el más intenso registrado en el océano Atlántico, con categoría 5 y vientos de 282 km/h que azotó las costas de la península de Yucatán y Florida en 2005. El tercer

huracán más fuerte fue Gilberto con categoría 5, que en Cuba fue llamado “El Huracán Asesino” y que pegó en las costas de Yucatán, se internó en el Golfo de México donde cobró fuerza para devastar vastas zonas del noreste de México, especialmente la ciudad de Monterrey, Nuevo León, en septiembre de 1988.



Figura 8. Impacto del huracán Katrina en la ciudad de Nueva Orleans, Estados Unidos. Crédito: David Phillip, periódico USA Today. <https://www.usatoday.com/story/news/nation-now/2017/08/29/day-2005-hurricane-katrina-made-landfall-near-new-orleans/611495001/>

Huracanes y cambio climático

Actualmente, el cambio climático representa un factor que podría incrementar la intensidad y el poder destructivo de los huracanes a corto plazo. Se prevé que la temperatura de la superficie del mar aumentará entre 1 y 2°C

para el año 2030, lo cual incrementaría la evaporación, la formación de nubes, la energía disponible y, en consecuencia, el número y la fuerza de los huracanes. De hecho, curiosamente ya se han presentado tres huracanes simultáneos

tanto en costas del Pacífico como del Atlántico. En el año 2017, los huracanes Irma, Katia y José se desarrollaron al mismo tiempo en el mar Caribe. Por su parte, los huracanes Kilo, Ignacio y Jimena hicieron lo propio en el océano Pacífico en el año 2015. Además, en el año 2013 los huracanes Ingrid y Manuel llegaron por ambos litorales de México al mismo tiempo. Estas anomalías y el hecho de que el huracán Patricia haya superado el umbral de la categoría 5 probablemente puedan ser atribuidas al cambio climático, por lo que es necesario prepararse ante situaciones de alto riesgo por mayor número e intensidad de los huracanes de los próximos años, especialmente por el aumento del nivel del mar, lo cual genera oleajes de mayor altura, inundando extensas zonas costeras y destruyendo infraestructura y los hogares de miles de personas. Huracanes y cambio climático

Actualmente, el cambio climático representa un factor que podría incrementar la intensidad y el poder

destrutivo de los huracanes a corto plazo. Se prevé que la temperatura de la superficie del mar aumentará entre 1 y 2° C para el año 2030, lo cual incrementaría la evaporación, la formación de nubes, la energía disponible y, en consecuencia, el número y la fuerza de los huracanes. De hecho, curiosamente ya se han presentado tres huracanes simultáneos tanto en costas del Pacífico como del Atlántico. En el año 2017, los huracanes Irma, Katia y José se desarrollaron al mismo tiempo en el mar Caribe. Por su parte, los huracanes Kilo, Ignacio y Jimena hicieron lo propio en el océano Pacífico en el año 2015. Además, en el año 2013 los huracanes Ingrid y Manuel llegaron por ambos litorales de México al mismo tiempo. Estas anomalías y el hecho de que el huracán Patricia haya superado el umbral de la categoría 5 probablemente puedan ser atribuidas al cambio climático, por lo que es necesario prepararse ante situaciones de alto riesgo por mayor número e intensidad de los huracanes de los próximos años, especialmente por el aumento del nivel del mar, lo cual genera oleajes de mayor altura, inundando extensas zonas costeras y destruyendo infraestructura y los hogares de miles de personas.



Figura 9. Inundación producida por el huracán Manuel en 2013 en la localidad de Tixtla, Guerrero. Crédito: José Luis de la Cruz, revista Proceso. <https://www.proceso.com.mx/503766/cuatro-anos-despues-los-danos-del-huracan-manuel-aun-sin-reparar>



Aspectos positivos de los huracanes

La llegada de los huracanes no implica solamente desgracia y devastación. En muchos países del mundo, incluido México, conlleva la caída de grandes cantidades de agua, que pueden alcanzar zonas donde usualmente llueve poco, como en las zonas áridas del norte del país. La lluvia que es transportada por los huracanes tiene la capacidad de escurrir a través de ríos y arroyos, aumentando el nivel de ríos, lagos y presas que abastecen de agua para el riego de cultivos y hacia las grandes ciudades. También el agua se infiltra hacia los mantos acuíferos, proveyendo agua para consumo humano extraída mediante pozos profundos y manantiales. Los bosques se desarrollan mejor, pues tienen suficiente humedad para comenzar procesos como el crecimiento y la floración. De hecho, en zonas áridas del norte de México, la llegada de huracanes

Figura 10. Imagen satelital del Huracán Patricia en las costas del Pacífico mexicano.

Crédito: NASA [LANCE/EOSDIS Rapid Response](https://eoimages.gsfc.nasa.gov/images/imagerecords/135000/135446/Patricia.A2015295.2055.375m.jpg), The Visible Earth

<https://eoimages.gsfc.nasa.gov/images/imagerecords/135000/135446/Patricia.A2015295.2055.375m.jpg>

representa una gran oportunidad para que plantas desérticas crezcan, florezcan, desarrollen frutos, y para que los animales consuman estas plantas, promoviendo el equilibrio de la cadena alimenticia y dando vida a estas zonas inhóspitas y desoladas.

Consideraciones finales

Los terremotos y huracanes son fenómenos naturales que no se pueden evitar, pero cuyos efectos sí se pueden prevenir. Es necesario incrementar y mejorar los sistemas de monitoreo sísmico y de fenómenos hidrometeorológicos para salvaguardar la vida, la integridad y los bienes materiales de la población. Un desastre natural muchas veces ocurre porque no se ha planeado bien la infraestructura urbana. Edificios mal contruidos o casas situadas a orillas de los ríos incrementan más la vulnerabilidad ante este tipo de fenómenos naturales. Además, la gente debe conocer cómo ocurren los terremotos y huracanes, para tener más herramientas para enfrentarlos. Por ello, se requiere incrementar el conocimiento de estos fenómenos, a través de la investigación científica y la difusión de las mismas entre la población en general.



Figura 11. Imagen satelital de los huracanes simultáneos Katia, Irma y José, formados en el océano Atlántico en 2013. Crédito: Associated Press.

<https://www.usatoday.com/story/weather/2017/09/08/while-irma-takes-aim-florida-hurricanes-jose-and-katia-also-threatening-land/644946001/>

Referencias

Centro Nacional de Huracanes de los Estados Unidos de América
<https://www.nhc.noaa.gov/climo/>

<https://www.scientificamerican.com/espanol/noticias/el-huracan-patricia-se-convierte-rapidamente-en-la-tormenta-mas-fuerte-en-la-historia-del-hemisferio-occidental/>

Pérez, I. (2018, 12 noviembre). Cinturón de Fuego, zona de sismos y volcanes. Recuperado 24 marzo, 2019, de <http://ciencia.unam.mx/leer/807/cinturon-de-fuego-zona-de-sismos-y-volcanes->

Sismos | Portal UNAM. Recuperado 24 marzo, 2019, de <https://www.unam.mx/medidas-de-emergencia/sismos>

Servicio Sismológico Nacional. (s.f.). Escalas de los sismos. Última actualización: 8 de febrero 2017. Recuperado 24 marzo, 2019, de https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Informacion_complementaria/Escalas-sismos.html

Los Sismos y Terremotos

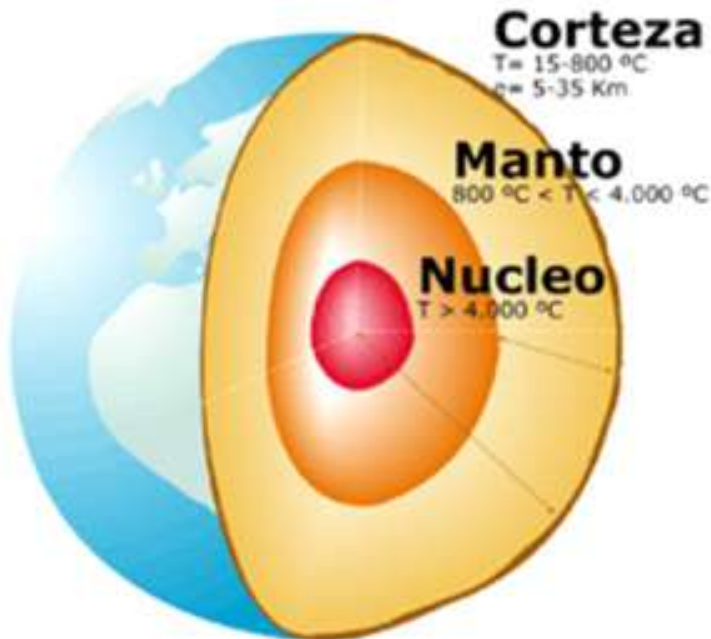


Rodrigo Martínez Aguilar

Este es un tema de suma importancia. Primeramente, nos preguntamos a menudo ¿Qué es un sismo? Se define sismo como:

Sismo.- *nombre masculino.* Serie de vibraciones de la superficie terrestre generadas por un movimiento brusco y repentino de las capas internas (corteza y manto).

Un **terremoto**, también llamado sismo, seísmo, temblor, temblor de tierra o movimiento telúrico, es un fenómeno de sacudida brusca y pasajera de la corteza terrestre producida por la liberación de energía acumulada en forma de ondas sísmicas. Los más comunes se producen por la actividad de fallas geológicas.



En esta imagen podemos apreciar las capas donde se origina un sismo.

Tipos de sismos según su origen

Sismos naturales.- Los sismos naturales, tal como su nombre lo indica, son producidos por causas naturales y producen una gran liberación de energía, pudiendo registrarse graves daños en la superficie de la Tierra.

Sismos artificiales.- Este tipo de sismos son ejecutados por el hombre y se producen como consecuencia de explosiones de bombas de guerra.

Tipos de sismos según su magnitud

Microsismos.- En este caso no producen daño en la superficie de la Tierra. Se trata de movimientos que no registran una magnitud mayor a 3 en la escala de Richter.

Sismos menores.- Los sismos menores registran una magnitud de entre 3 y 3.9 en la escala de Richter. Los daños que se pueden llegar a registrar en este tipo son muy menores.

Sismo ligero.- Ya en este tipo de sismos se registran daños, aunque su significancia no es mayor. Se sitúa dentro de los valores 4 y 4.9 de la escala de Richter.

Sismo moderado.- En este caso el sismo produce un daño significativo principalmente en estructuras edilicias precarias. Se sitúa dentro de los valores 5 y

5.9 en la escala de Richter.

Sismo fuerte.- El sismo fuerte ya es considerado terremoto, los daños ocasionados por el mismo son graves. Su magnitud varía entre los 6 y 6.9 dentro de la escala de Richter

Sismo mayor.- El sismo de este tipo produce daños muy graves que son en algunos casos irreparables. Su magnitud varía entre los 7 y 7.9 en la escala de Richter.

Gran sismo.- Este tipo de sismo es el mayor de todos, produce daños gravísimos no solo estructurales, sino también en la Tierra. Puede generar maremotos asociados a las réplicas. En este caso, dentro de la escala de Richter, su magnitud es superior a 8 grados.

Tipos de sismos según su origen

Sismo preliminar.- Este tipo de movimientos sísmicos preceden a un terremoto. Hacen de camino para la liberación de energía.

Sismo perimétrico.- Este tipo de movimientos sísmicos ocurren en las placas tectónicas.

Sismos tectónicos.- Los movimientos sísmicos de este tipo ocurren por el choque de las placas tectónicas.

Sismos volcánicos.- Los sismos volcánicos se producen por el desprendimiento del magma que tiene como consecuencia el quiebre de las rocas. Si bien no es tan grande como un gran sismo puede producir daños graves.

Maremotos.- Los maremotos son movimientos sísmicos que se producen en las profundidades de los mares, si son muy fuertes pueden derivarse inundaciones en las costas o la llegada de grandes olas a la orilla.

Tipos de sismos según el movimiento de la Tierra

Sismo oscilatorio.- Este tipo de sismos se producen por ondas que se expanden en distintas direcciones. La sensación que genera al cuerpo humano es como estar en una balsa dentro del agua.

Sismos trepidatorios.- Este tipo de sismos generan un desplazamiento que produce movimientos verticales, es por esta razón que los objetos parece que saltaran.

Aquí mostramos algunas imágenes de daños producidos por sismo en nuestro país.





Es importante mencionar que tenemos que estar acostumbrados a este tipo de fenómenos, por lo que desde el punto de vista de la Ingeniería tenemos el deber de diseñar, calcular y analizar por sismo todas las construcciones que se vayan a realizar en nuestro país. Para de esta manera tener la certeza que las construcciones próximas a edificar van a ser más seguras, especialmente las destinadas a escuelas, hospitales, estadios, viviendas familiares y así evitar la



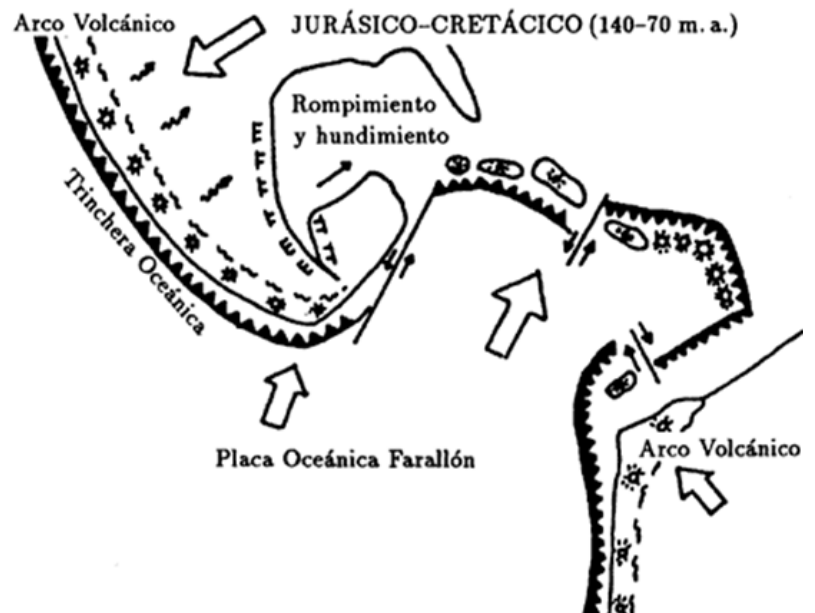


La República mexicana, geológicamente hablando, es el resultado de múltiples procesos tectónicos llevados a cabo durante su evolución. El territorio mexicano está situado sobre cinco placas litosféricas, en cuyos límites encontramos trincheras, centros de expansión y fallas transformantes. La mayor parte del territorio continental pertenece a la **placa de Norteamérica**, mientras

que la península de Baja California pertenece a la **placa del Pacífico**; en el litoral del Pacífico se tiene la **microplaca de Rivera**, la **placa de Cocos**, y la **del Caribe**

Historia. Hace unos 60 millones de años, en el pasado geológico de las placas en México, existía, entre la placa del *Pacífico* y la de *Norteamérica*, una placa llamada **Farallón** que ocupaba gran parte del oeste de la placa *Norteamericana* y era consumida por una trinchera que existía a todo lo largo de la costa de *Norteamérica*; hasta que comenzó a desaparecer la placa *Farallón*, entraron en contacto las placas *Pacífica* y *Norteamérica* siendo el origen de

diversos accidentes como la falla de San Andrés. La placa de *Norteamérica*, en su migración hacia el occidente, asimiló progresivamente a las oceánicas *Farallón* y *Kula* (ubicada originalmente al norte de donde hoy está la placa *Juan de Fuca*), generándose así el Arco Volcánico Marginal en el borde occidental de México y del noroeste de Sudamérica. La *Placa Juan de Fuca*, la *Placa de Cocos* y la *Placa de Nazca* son los restos que aún quedan de la antigua *Placa de Farallón*.

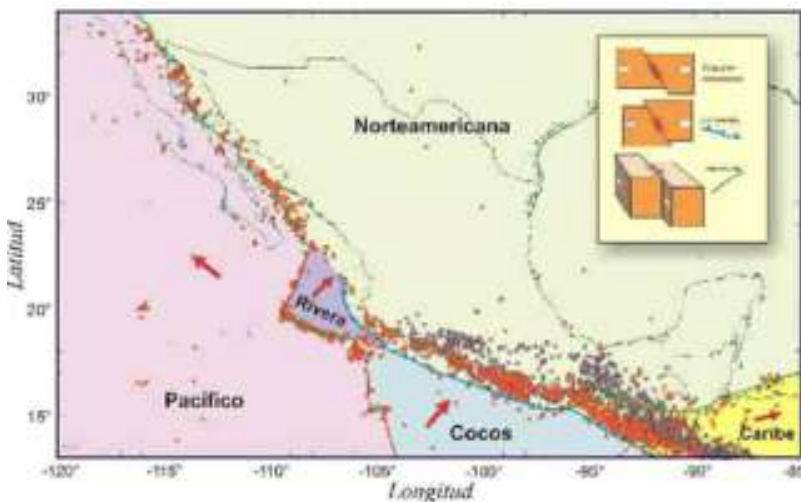


En una etapa tectónica posterior, la porción sur de la actual Península de Baja California se separó del resto del continente y las aguas oceánicas del Pacífico inundaron esa porción; el rompimiento y el desplazamiento de la península se debieron al movimiento de la Placa de *Norteamérica* hacia el occidente que asimiló a la *del Pacífico* oriental. Una vez en el interior, los esfuerzos distensivos formaron el Golfo de California. Por otro lado, durante los desplazamientos de las placas *Pacífico* hacia el noroeste,

Norteamérica hacia el occidente, *Cocos* hacia el noreste y *Caribe* hacia el oriente, la porción media de México se convirtió en una zona de debilidad cortical facilitándose así la formación desde el Océano Pacífico hasta el Golfo de México del *Cinturón Volcánico Transmexicano (CVT)* o *Eje Neovolcánico* (fusión de la corteza oceánica de la *Placa de Cocos*). Sin embargo, existen evidencias de vulcanismo precursor en diferentes sectores del mismo complejo volcánico.



DESGLOSE DE MOVIMIENTOS



Baja California y el sur de California (placa del Pacífico) se están moviendo con respecto a la placa norteamericana aproximadamente en dirección noroeste a lo largo de una serie de fallas transformantes (falla de San Andrés) que unen centros de expansión, cuya actividad lentamente aleja a este territorio del resto del país a una velocidad de 3.5 cm por año, por lo cual, aproximadamente en 10 millones de años se convertirá en una isla. De igual manera, las fallas oceánicas permiten la salida del magma, generando expansión del fondo oceánico.

Al sur de Baja California, justo a la entrada al Mar de Cortés encontramos la microplaca de Rivera, cuyo papel en la sismicidad continental no se conoce aún. Los lineamientos magnéticos del fondo oceánico en esta parte muestran cómo aumenta, a razón de unos 6 cm/año, la separación entre la placa del Pacífico y la pequeña placa de Rivera localizada entre zonas de fractura.

En la zona costera de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, debido a que las *placas Cocos y Rivera* se mueven hacia el noreste de la República, una

parte de estas placas se hunde sobre la región bajo la *placa Norteamericana* (subducción) y han ocurrido desde tiempos históricos grandes terremotos, pero no es posible saber con exactitud si fueron producidos por el movimiento de la *placa Rivera* o *Cocos*.

La *placa de Cocos* es generada en la cordillera del Pacífico Oriental, abarca desde la zona de fracturas de Rivera hasta el sistema de cordilleras de Galápagos y es consumida en la Trinchera Mesoamericana o Trinchera de Acapulco, que se extiende desde Nayarit hasta la frontera sur de Costa Rica.

Al sureste de la Dorsal de Tehuantepec se encuentra un punto triple donde un sistema de fallas separa la *placa Norteamérica* de la *Caribe* y donde la *placa Cocos* comienza a ser subducida bajo ésta; esto constituye significantes riesgos naturales para gran parte del centro y sur de México.

La Península de Yucatán se desplaza en sentido de las manecillas del reloj y el Cinturón Volcánico Transmexicano, sigue en actividad.

En resumen todo nuestro país es una gran zona sísmica.

Recomendaciones en caso de sismo



Antes

- Recorra a técnicos y especialistas para la construcción o reparación de su vivienda, de este modo tendrá mayor seguridad ante un sismo.
- Mantenga siempre en buen estado las instalaciones de gas agua y electricidad. En lo posible, use conexiones flexibles.
- Junto con su familia, prepare un plan para enfrentar los efectos de un sismo. Esto requiere que organice y ejecute simulacros.
- Guarde provisiones (comida enlatada y agua hervida) podrían ser necesarias.
- Tenga a la mano números telefónicos de emergencia, botiquín, de ser posible un radio portátil y una linterna con pilas.
- Identifique los lugares más seguros de inmueble, las salidas principales y alternas.
- Verifique que las salidas y pasillos estén libres de obstáculos.
- Fije a la pared: repisas, cuadros, armarios, estantes, espejos y libreros.
- Evite colocar objetos pesados en la parte superior de éstos.
- Asegure firmemente al techo las lámparas y candiles.
 - ★ Procure que todos, especialmente los niños, tengan consigo una identificación. De ser posible con número telefónico y tipo de sangre.

Durante

- Conserve la calma, no permita que el pánico se apodere de usted. Tranquilice a las personas que estén a su alrededor. Ejecute las acciones previstas en el plan familiar.
- Diríjase a los lugares seguros previamente establecidos; cúbrase la cabeza con ambas manos colocándola junto a las rodillas.
- No utilice los elevadores.
- Aléjese de los objetos que puedan caer, deslizarse o quebrarse.
- No se apresure a salir, el sismo dura sólo unos segundos y es posible que termine antes de que usted lo haya logrado.
- De ser posible cierre las llaves del gas, baje el *switch* principal de alimentación eléctrica y evite encender cerillos o cualquier fuente de incendio.

Después

- Verifique si hay lesionados, incendios o fugas de cualquier tipo; de ser así, llame a los servicios de auxilio.
- Use el teléfono sólo para llamadas de emergencia. Escuche la radio para informarse y colabore con las autoridades.
- Si es necesario evacuar el inmueble, hágalo con calma, cuidado y orden. Siga las instrucciones de las autoridades.
- Reúnanse con su familia en el lugar previamente establecido.
- No encienda cerillos, no use aparatos eléctricos hasta asegurarse de que no hay fugas de gas.
- Efectúe con cuidado una revisión completa de su casa y mobiliario. No haga uso de ella si presenta daños graves.
- Limpie los líquidos derramados o escombros que ofrezcan peligro.
- Esté preparado para futuros sismos, llamados réplicas. Generalmente son más débiles. Pero pueden ocasionar daños adicionales.
- Aléjese de edificios dañados y evite circular por donde existan deterioros considerables.
- No consuma alimentos ni bebidas que hayan podido estar en contacto con vidrios rotos o algún contaminante.
- En caso de quedar atrapado, conserve la calma y trate de comunicarse al exterior golpeando con algún objeto.
- No propague rumores.

Qué hacer en caso de sismo en... la vía pública

- Mantener la calma evitando gritar y/o realizar acciones que manifiesten pánico.
- Evitar lanzarse a correr. Una buena parte de las desgracias que ocurren durante los sismos se deben a las personas que corren sin fijarse, y son atropelladas o sufren caídas.
- Analizar la zona donde se encuentra a fin de dirigirse al sitio más seguro. Este será aquel que no tenga edificios cercanos con ventanales o que esté alejado de los cables que conducen energía eléctrica.
- Evitar acercarse a los postes donde se encuentran los transformadores.
- Tratar de situarse en el centro de los camellones o en los paraderos del transporte público, a fin de garantizar su protección.



- Encender la radio a fin de informarse sobre la magnitud del evento y sus consecuencias.
- Comunicarse con sus familiares para conocer su estado.

En el vehículo

- Mantener el control del automóvil disminuyendo la velocidad hasta detenerse por completo.
- Estacionar el vehículo evitando quedar a la sombra de los edificios que tienen de cinco a siete pisos, los cuales son más vulnerables.
- Evitar descender de la unidad y mantener la calma.
- Encender el radio a fin de informarse sobre la magnitud del evento y sus consecuencias.
- Comunicarse con sus familiares para conocer su estado.



En el transporte eléctrico

- Mantener la calma y evitar ser presa del pánico.
- Evitar dentro de lo posible descender del vehículo.
- Comunicarse con sus familiares para conocer su estado.



En los centros de trabajo

- Mantener la calma.
- Apagar el equipo eléctrico.
- Evitar perder el tiempo reuniendo las pertenencias personales.
- Evitar correr y gritar.
- Evitar el uso de los elevadores y escaleras eléctricas.
- Seguir las señales que marcan las rutas de evacuación.
- Buscar salir del edificio a una zona segura considerando los ventanales de los inmuebles cercanos, los cables de corriente eléctrica, los transformadores y el flujo vehicular.
- Encender el radio a fin de informarse sobre la magnitud del evento y sus consecuencias.
- Comunicarse con sus familiares para conocer su estado.



En los centros de reunión



- Mantener la calma y evitar conductas alarmantes.
- Seguir la ruta de evacuación.
- Evitar correr.
- Evitar quedar bajo repisas que contengan adornos o bajo las lámparas del local.
- Evitar las cercanías de los aparadores o ventanas.
- Evitar el uso de los elevadores o escaleras eléctricas.
- Situarse en lugares que muestren seguridad (bajo las traveses o las esquinas que estén reforzadas con columnas).
- Encender la radio a fin de informarse sobre la magnitud del evento y sus consecuencias.
- Comunicarse con sus familiares para conocer su estado.

BIBLIOGRAFÍA

http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/141/htm/sec_6.html

Ilustración tomada de: Servicio Sismológico Nacional

http://www.rodolfocorona.com/archivos/pdf/2012_reporte_sismo_ometepep_pinotepa_mex_unam.pdf

Ilustración tomada de: <http://www2.ssn.unam.mx/website/jsp/tectonica.jsp>

<http://www.astromia.com/tierraluna/deriva.htm>

<http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/html/ciencias.html>

http://www.figueraspacheco.com/CEED/DEPARTAMENTOS/CCNATURALES/Biologiaygeologia1/Ampliacion/QUINCENA_4.pdf

<http://www.laalianzadegaia.com/index.html>

http://www.windows2universe.org/earth/interior/plate_tectonics.html&lang=sp

<http://www.slideshare.net/oconti/tectonica-de-placas-8579330>

http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/1927/01.RBP_CAP_1_INTRODUCCION.pdf?sequence=2

<http://www2.ssn.unam.mx/website/jsp/principal.jsp>

<http://www.smis.org.mx/htm/sismos.htm>

<http://cienciamasciencia.blogspot.mx/2010/05/el-cinturon-de-fuego-o-circumpacifico.html>

http://fp.educarex.es/fp/pruebas_acceso/2011/modulo_III/ciencias_de_la_naturaleza/3nat02.pdf

<http://sismo85.com/>

<http://www.revista.unam.mx/vol.11/num1/art03/art03.pdf>

<http://geomuseu.ist.utl.pt/RG2010/Revis%F5es/Revis%F5es%20Tect%F3nica%20de%20Placas/Ciclo%20de%20Wilson%20e%20mineraliza%EF%F5es.pdf>

<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/4ESO/MedioNatural1I/contenidos.html>

<http://cienciageografica.blogspot.mx/2011/09/causas-de-los-sismos.html>

<http://publiespe.espe.edu.ec/investigativas/rman/c1b2a.htm>

<http://gfojas.blogspot.mx/2008/08/sismos.html>

Imágenes obtenidas de :

Google imágenes. Instituto Geológico y Minero de España



Dra. María Liliana Ávalos Rodríguez, Dr. José Juan Alvarado Flores

Escenarios ambientales y su relación con las migraciones humanas

Resumen

El estudio de la migración humana por causas ambientales es reciente, en 1992 se agudizaron los análisis sobre los desafíos para la seguridad humana y el desarrollo sustentable; se sabe que el cambio climático está acelerando la degradación de ecosistemas propensos a la deforestación, salinización, erosión de suelos y desertificación incidiendo en la seguridad de la humanidad al exponerse a inundaciones, sequías, olas de calor, terremotos, maremotos, entre otros; lo que provoca migrar temporal o permanentemente, causando repercusiones al ambiente tanto del lugar

de origen como del lugar de destino. El propósito de este trabajo es analizar los posibles escenarios ambientales que se relacionan con las migraciones humanas, como la migración temporal y permanente provocada por cambios ambientales graduales; la migración por actividades en gran escala; la migración y sus repercusiones sobre el ambiente; la vulnerabilidad humana ante la migración y los conflictos jurídicos vinculados a la migración. Se ha concluido que es indispensable una gestión efectiva de la migración en consideración a causas ambientales para garantizar la seguridad humana, su bienestar y propiciar

I. Relación de los cambios en el ambiente con la migración

Históricamente se ha asociado a los cambios ambientales con la falta de control de las actividades humanas, pero la migración puede tener múltiples causas, una de ellas es el factor del cambio ambiental que al modificarse gradualmente altera las actividades cotidianas de una sociedad a tal grado de motivarla a moverse de lugar; otras causas –mayormente estudiadas– son las económicas, por inseguridad o riesgos.

Diversos estudios sugieren que se ha dado un aumento en las migraciones relacionadas con cambios graduales o repentinos del ambiente, provocando efectos en la vida y en los medios de sustento debido a la capacidad local para hacer frente a esos problemas, causando serias afectaciones como degradación ambiental, generación de residuos, inseguridad, etc.

A lo largo de la historia el ser humano ha cambiado de lugar de residencia conforme a sus intereses, desde los nómadas hasta hoy en día se ha observado esta conducta, y es bien conocido que los efectos del cambio climático durante la segunda mitad del siglo XXI dependerán en gran parte de las medidas de mitigación que se adopten, es por

ello que se está ante distintos escenarios de adaptación de la humanidad ante los cambios ambientales.

Uno de ellos es la migración temporal y permanente provocada por cambios ambientales graduales; otro, la migración por actividades en gran escala; así como la migración y sus repercusiones sobre el ambiente; además el escenario de la vulnerabilidad humana ante la migración y el de los conflictos jurídicos vinculados a la migración.

Pero ante este problema, ¿cómo puede entenderse a la migración por causas ambientales? De acuerdo a la Organización Internacional para las Migraciones (OIM), se da cuando las *“personas o grupos de personas que, por motivo de cambios repentinos o progresivos en el medio ambiente, que afectan adversamente su vida o sus condiciones de vida, se vean obligados a abandonar sus lugares de residencia*





habituales, o decidan hacerlo, bien sea con carácter temporal o permanente, y que se desplacen dentro de sus propios países o al extranjero" (OIM, 2015).

Esta percepción permite suponer que toda migración motivada por un cambio en materia ambiental puede vincularse a la migración a partir de que esta se origine por causa de un acontecimiento ambiental o bien que la migración provoque un cambio ambiental. El ciclo comprendido entre cambio ambiental-migración-cambio ambiental, conlleva escenarios que han sido analizados y que buscan conocer las causas y consecuencias del porqué se da este ciclo.

Se ha argumentado que el concepto de migración por causas ambientales, o migrante medio ambiental, es ambiguo, porque en la migración pueden verse inmiscuidos diversos factores económicos,

políticos, culturales, sociales y ambientales.

Los principales factores ambientales que inciden en la migración pueden ser directos o indirectos, es decir, son directos cuando los cambios ambientales causan o pueden causar una inestabilidad para la seguridad humana, ya sean de cambio lento o repentino, como elevación del nivel del mar, salinización de las tierras agrícolas, desertificación, escasez del agua, falta de seguridad alimentaria, o bien como tormentas, huracanes, tifones, terremotos, tsunamis, etc., respectivamente. Ejemplo de ello son los hechos sucedidos entre los años 2000 y 2005 donde zonas de África Occidental y Central han perdido 67,800 km² de tierras por la desertificación, para el 2005 se estimaban 300 millones de personas afectadas por la escasez – cifra que se espera que aumente para 2050–, esto

provocaría un reasentamiento definitivo de poblaciones enteras en regiones más benévolas, o bien el desplazamiento de personas a consecuencia de fenómenos súbitos relacionados con el clima.

Respecto a los factores ambientales indirectos, el ser humano se relaciona con su ejecución, ya sea que por la falta de planificación urbana se vuelva vulnerable un grupo de personas y se vea afectada por los desastres naturales o bien a causa del derrame de tóxicos, sean residuos o sustancias peligrosas, se provoca o puede provocar un daño y la población aledaña decide desplazarse, como el caso de la instalación de confinamientos controlados de residuos peligrosos. Este tipo de sucesos hace vulnerable a la

población que decide desplazarse, sin embargo, a causa de la sociedad desplazada, se pueden causar efectos que constituyen otro tipo de factores ambientales indirectos, relacionados con los impactos ambientales que a causa de la migración se ocasionan, ya sea en el lugar de origen (tala inmoderada, erosión de tierras, saqueos, vandalismo, expropiación de tierras, etc.), estas últimas acciones pueden causar efectos al ambiente porque pueden dañar o alterar los recursos y servicios naturales) o bien en el lugar de destino, como por ejemplo degradación de tierras, tala ilegal, incendios forestales, generación de residuos, lixiviados, gases de efecto invernadero, entre otras presiones a la naturaleza.



Por ello no es extraño que se considere que el 60% de los movimientos migratorios puedan tener su origen en cuestiones ambientales.

Algunos ejemplos del desplazamiento de personas por cambios ambientales son: El huracán Katrina, que asoló la zona de Nuevo Orleans en Estados Unidos en agosto de

2005, causó el desplazamiento de alrededor de 1.5 millón de personas, se calcula que unas 300 mil nunca regresarán a su lugar de origen. En mayo de 2008, el ciclón Nargis que asoló la región del Delta de Irrawaddy, en Myanmar, afectó seriamente a 2.4 millones de personas y desplazó a 800 mil habitantes.



Debido a la desertificación, entre 600 mil y 700 mil personas se están desplazando anualmente de las regiones áridas del centro y norte de México.

Se calcula, en el peor de los escenarios, que, si los polos se derriten completamente, el nivel de las aguas del mar subiría unos 12 metros, afectando a más de 608 millones de personas del mundo que viven en zonas costeras que están a menos de 10 metros sobre el nivel del mar. Estas personas se verían en la obligación de desplazarse hacia tierras más altas después de haberlo perdido todo.

El caso de Tambacounda, zona saheliana del centro de Senegal, que a comienzos de los años noventa se vio afectada por la

erosión de la tierra, como respuesta ocurrió un proceso estructural de migración desde esta zona rural hacia las ciudades costeras, se calcula que el 90% de los hombres de la región, de una edad comprendida entre los 30 y los 60 años, había migrado al menos una vez en su vida. Esta pérdida de hombres dificultó los esfuerzos emprendidos por rehabilitar las tierras degradadas e incrementó la carga económica en las mujeres y niños que permanecieron en la zona.

Los países subdesarrollados, dada su poca capacidad de adaptación, y los países con geografías particularmente propensas (como los pequeños Estados insulares) son más vulnerables a los efectos de la degradación

medioambiental y del cambio climático. Por solo citar una cifra, se estima que más del 97% del total de víctimas relacionadas con un desastre natural se registran en los países subdesarrollados.

En los últimos 30 años se ha duplicado el número de personas afectadas por las sequías en comparación con las tormentas (aproximadamente 1,600 millones frente a 718 millones), en la última década 211 millones de personas se han visto afectadas por desastres naturales, cinco veces más que las personas afectadas por conflictos armados. Con ello, se pronostica que en el 2050 habrá 200 millones de migrantes ambientales.



Lo anterior, son solo algunos ejemplos de cambios ambientales que se relacionan con la migración, por ello, diversas investigaciones hoy en día buscan analizar las posibles causas y consecuencias. En este artículo se denominarán escenarios ambientales a aquellos procesos de aproximación que por causas relacionadas y no relacionadas con el hombre constituyen un cambio ambiental, es decir, una modificación en el entorno que por alguna causa presenta consecuencias esperadas o inesperadas en materia de migración. Existen varios escenarios ambientales que se le relacionan, mismos que a continuación se describen.

2. Principales escenarios ambientales

2.1 Escenario ambiental y migración temporal y permanente

Este escenario es inducido por el ambiente y puede darse en dos vertientes: ya sea de forma temporal o permanente.

La primera vertiente, en forma temporal, supone que la migración se da por efecto de un cambio gradual, por ejemplo, los agricultores al ver menor rendimiento de sus cosechas se desplazan a otros lugares que les

presenten mayor rendimiento, el mismo caso se da con los pescadores o pastores, a medida que la capacidad de ingreso empieza a reducirse, los miembros de la familia migran de forma interna o transfronteriza para conseguir trabajo y generar ingresos complementarios a través de las remesas. Con frecuencia la migración es temporal por la influencia y lazos culturales, históricos o sociales del lugar de origen.

Uno de los efectos positivos de la migración temporal que provoca la mejoría de los ingresos es la posible rehabilitación ambiental de las presiones demográficas sobre los recursos naturales escasos, es decir, los migrantes pueden utilizar sus ingresos y/o las cualidades obtenidas para mejorar la infraestructura y/o prácticas del uso de las tierras a fin de combatir la degradación ambiental.

La segunda vertiente es la que promueve la migración permanente debido a la prolongada y arraigada degradación ambiental que socava las posibilidades de sustento, lo que una vez fue un periodo temporal de escasez de recursos naturales puede convertirse en un periodo de duración prolongada, dando lugar al desempleo, bajos ingresos, riesgos o peligros ambientales (como los originados por la elevación del mar), cierre de empresas o negocios, etc., lo que conlleva a la movilidad laboral que de temporal puede convertirse en permanente, debido a que los costos de regreso al lugar de origen superan los costos de existencia que se dan en el nuevo lugar. Evidentemente ello trae como consecuencia que las migraciones de este tipo promuevan presiones sociales y ambientales al demandar servicios, recursos naturales, espacios y mejorías en las condiciones de vida. Por esta razón, se cree que las migraciones a efecto de esta causa generalmente generan grupos sociales irregulares.

Conviene mencionar que existen

acontecimientos naturales que promueven las migraciones permanentes, esos acontecimientos son los llamados sucesos ambientales extremos o desastres naturales o industriales que originan el desplazamiento humano en gran escala, ejemplo de ello son los terremotos, tsunamis, inundaciones y explosiones industriales, algunos inducidos por el hombre directamente y otros inducidos indirectamente o independientes. Debido a los daños que se provocan de forma irreparable, es imposible el retorno de grandes grupos humanos desplazados.

Una problemática correlacionada a estos hechos es la falta de políticas públicas tanto para recibir a las personas desplazadas como para garantizar su retorno seguro, lo que demuestra la ausencia de planes de contingencia, albergues, suministro de alimentos y agua potable, seguridad, etc.



2.2. Escenario ambiental y migración por actividades en gran escala

Este escenario se relaciona directamente con la intervención y afectación del ser humano, que por conducto de sus actividades reduce la capacidad de carga del ambiente, los recursos y servicios naturales de los cuales dependen la sociedad que tiende a desplazarse, por ejemplo, la construcción de grandes infraestructuras como represas que al dañar el entorno desplazan a la sociedad que se ve perjudicada directamente con los recursos y servicios naturales que devastó o extrajo la corporación; pero también puede ser un foco de atracción de personas, ya sea temporal o permanentemente porque constituye una fuente empleo y de ingresos.

Lo anterior trae otro tipo de consecuencias sociales y económicas, como deficiencia en salud, educación, ahorro, ingreso, inversión, etc., pero en materia ambiental la principal consecuencia es la presión natural que ejerce la empresa instalada y los espacios demandados para albergar a la población desplazada que en la gran mayoría provocan el cambio de uso de suelo al construir hogares temporales o permanentes.

2.3. Escenario ambiental y migración en lugares de destino y de origen

El desplazamiento de personas por causas ambientales tiene dos efectos sobre el ambiente, el primero de ellos se observa en el lugar hacia donde se

desplazan las personas, ocasionando grandes presiones naturales y sociales, provocando que extensas superficies de tierra se vean deforestadas al establecer grandes asentamientos o campamentos; de la misma manera, pueden provocar tala de árboles, cambios de uso de suelo, lixiviados, generación de gases de efecto invernadero, generación de residuos sólidos urbanos y peligrosos, contaminación de agua, alteraciones a la vida silvestre, flora y fauna, etc.

Lo anterior conlleva a generar presiones naturales que limitan las posibilidades de desarrollo del lugar, debido a que demandan mejores condiciones de vida y por ende mayores recursos y servicios ambientales que en varias ocasiones generan limitaciones en el abastecimiento por la carencia o ineficiencia de políticas públicas de preservación, restauración y conservación ambiental.

Se ha argumentado que la entrada de migrantes a zonas con recursos naturales poco afectados provoca que aquellos devasten las condiciones naturales, al utilizar de forma irracional los elementos del ecosistema como árboles, manglares, agua y suelo; además de que las externalidades de estas comunidades generalmente no son manejadas conforme a la reglamentación lo que provoca serios focos de infección y contaminación de agua, suelo y aire, así como daños serios a la salud.

Lo anterior se transforma en un problema

de salud pública y ocasiona presiones de otra índole como económicas y sociales al demandar empleos, educación, salud, espacios de recreación, viviendas, servicios básicos, seguridad, etc.

El segundo de los efectos para el ambiente en relación a la migración es el que se genera en el lugar de origen, en el sentido de que al desplazarse grandes grupos sociales, los espacios primeramente ocupados se ven vacíos y desolados, lo que puede provocar la lenta rehabilitación del sitio llevando implícita a largo plazo la erosión del suelo, debido a que al haber sido ya impactado por actividades agrícolas, el suelo requiere de nutrientes y fertilizantes para poder regenerarse, lo que a corto plazo sería difícil de lograr sin la actividad directa del hombre. Cuando el suelo se empobrece y se reduce la vegetación que crece en él y ayuda a fijarlo, aumenta la erosión causada por la lluvia y el viento.

La contaminación de suelos de las zonas no habitadas es frecuente debido a que los pocos habitantes arrojan residuos sólidos, logrando la acumulación de éstos y con ello lixiviados, fauna nociva, emisiones de gases de efecto invernadero y la erosión de suelos al evitar la entrada de rayos solares, agua y microorganismos.

Lo anterior sin considerar las afectaciones de índole social como saqueos, robos, violencia, daños en propiedad ajena, etc.

2.4. Escenario ambiental y vulnerabilidad humana ante la migración

“La vulnerabilidad puede ser entendida como situación y como proceso multidimensional y multicausal, en la que confluyen simultáneamente la exposición a riesgos, incapacidad de respuesta y adaptación de individuos, hogares o comunidades, los cuales pueden ser heridos, lesionados o dañados ante cambios o permanencia de situaciones externas y/o internas que afectan su nivel de bienestar y el ejercicio de sus derechos” (Busso, 2006:16), por ello, la población desplazada considerada como migrante, es vulnerable ante la presencia de sus capacidades de prevención, respuesta, adaptación y reconversión para afrontar los riesgos tanto de origen natural como social. Dichas capacidades se demuestran al relacionar los recursos y servicios naturales, con las acciones sociales e institucionales que marcarán las estrategias a seguir para usar y aprovechar dichos elementos naturales garantizando la existencia de la comunidad y la calidad de vida.

Cualquier cambio ambiental supone desafíos para la sociedad, por ello, ninguna sociedad deja de ser vulnerable, el grado de vulnerabilidad lo determinará la capacidad de respuesta con que se actúe. Ejemplo de los principales desafíos que implica la alteración del ambiente para las poblaciones desplazadas son:

1. De seguridad al provocar o hacer factibles acciones delictivas como las



desigualdades, saqueos, robos, daños en propiedad ajena, trata de personas, violencia, etc.

2. De salud al existir limitantes en la alimentación, posibles contagios de enfermedades infecciosas, dengue, intoxicación, cáncer, lesiones, afectaciones psicológicas, etc.

3. De subsistencia al existir repercusiones al entorno como contaminación, falta de vivienda, ausencia de servicios básicos, empleo, ingresos, educación, instituciones públicas, ausencia de planes de contingencia y políticas públicas que atiendan la problemática, etc.

Sin duda alguna, los cambios ambientales vulneran la condición humana, pese a que en su mayoría dichos cambios son provocados por actividades del hombre que no miden la dimensión del daño y afectan a personas que no cuentan con los medios para hacer frente a esos cambios y que para garantizar su existencia se ven obligadas a desplazarse, dejando no solo su lugar de origen, sino sus

costumbres, su historia, su cultura, su esencia.

2.5 Escenario ambiental de la migración y conflictos jurídicos

Este último escenario, no menos importante, puede relacionarse directamente con los anteriores, debido a que refiere que, ante los cambios ambientales, sean provocados o no por las personas desplazadas, se generará incertidumbre jurídica que motivará la apertura de procesos y conflictos territoriales. Ante la reducción en las tierras cultivables, la disponibilidad de agua potable y de mares no contaminados se promoverán acciones sobre el uso, disfrute, posesión y propiedad de los recursos. Las tensiones sociales pueden agravarse cuando no se atienden las reclamaciones en materia ambiental de las comunidades vulnerables.

Ahora bien, si la migración inducida por cambios en el ambiente, no se gestiona adecuadamente, es probable que existan conflictos, ello ante la presencia de presiones sociales sobre el espacio a ocupar, servicios básicos que requieran, salud, educación, trabajo, distracción, seguridad, etc., imposibilitando la cohesión social.

Otro factor no menos relevante es el hecho que a la fecha son escasos los estudios que consideran a los migrantes por cuestiones ambientales o comúnmente llamados "migrantes ambientales", por lo cual son categorizados con otros efectos y bajo

esquemas distintos a la migración, dejando de lado que los cambios ambientales son un factor relevante que hoy en día hay que priorizar, debido a que las propias actividades humanas afectan directa e indirectamente las condiciones de vida. Indudablemente los escenarios ambientales relacionados con las migraciones humanas constituyen factores imperantes a considerar en toda acción de planeación social, política, económica, ambiental y jurídica, por ello es urgente la necesidad de establecer medidas de prevención y atención para actuar ante estos sucesos que no mermarán conforme al tiempo.

2. Conclusiones y recomendaciones

Ante el hecho de que son inevitables los cambios ambientales, es necesario consolidar políticas públicas que incentiven la participación de los sectores que presentan mayor vulnerabilidad ante la degradación ambiental, promoviendo acciones y medidas precautorias que anticipen los posibles daños ambientales. Ahora bien, si las actividades antropogénicas causan serias afectaciones ambientales, es necesario establecer no solo mecanismos de regulación, sino mecanismos de evaluación que permitan monitorear continuamente las actividades que pueden dañar el ambiente y con ello prevenir los posibles riesgos.

Asimismo, las autoridades deben garantizar una planeación territorial adecuada considerando espacios para

poder ser ocupados por personas que se desplazan, así como tener en cuenta medidas oportunas de rehabilitación de zonas que han sido abandonadas por migrantes.

Otro aspecto que es pertinente considerar, constituye el incentivar la educación a fin de contar con los elementos necesarios para no causar daños al momento de desplazarse o bien en caso de contar con remesas, dirigir las hacia actividades productivas que generen ingresos suficientes que incentiven el ahorro y permitan enfrentar los cambios ambientales.

Además de lo anterior, es necesario más no opcional, establecer acuerdos bilaterales entre municipios, estados o federaciones a fin de lograr la aceptación de migrantes que por cambios ambientales requieren establecerse en otro lugar, ya sea de forma temporal o permanente. Dichos acuerdos pueden trasladarse al ámbito internacional a fin de garantizar los derechos mínimos de toda persona y salvaguardar su calidad de vida. Un



factor elemental es contar con políticas eficaces de integración migratoria y de planificación del reasentamiento, con la finalidad de minimizar los daños y los riesgos y reestructurar o reestablecer las condiciones de vida en los lugares afectados por los cambios ambientales. Por ello, se sugiere contar con una política pública proactiva y preventiva que garantice una planificación temprana de la ordenación ambiental y buscar la cooperación bilateral con el fin de obtener beneficios de las migraciones que por causas ambientales se originan, ello a través de foros, investigación y fortalecimiento institucional.

Para mayor información, se recomienda consultar la siguiente bibliografía:

-Brown, Oli. (2008). *Migración y cambio climático* (Informe en Internet). OIM. 56 p. Disponible en: <http://www.derechoshumanosbolivia.org>

-Fielding, A. J. (2011). The impacts of environmental change on UK internal migration. *Global Environmental Change* 21 S (2011) S121-S130. journal homepage <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959378011001208>

-Informe sobre las migraciones en el mundo 2010. El futuro de la migración: creación de capacidades para el cambio, p. 77.

-Instituto de Promoción y Apoyo al Desarrollo. Fundación IPADE (2012), consultado en línea a través de la página www.fundacion-ipade.org/sostenibilidad, en enero del 2019.

-In Search of Shelter: Mapping the Effects of Climate Change on Human Migration and Displacement, p. 19.

-Neumann Kathleen, Sietz Diana, Hilderink Henk, Janssen Peter, Kok Marcel y Dijk van Han (2014) Environmental drivers of human migration in drylands - A spatial picture. *Applied Geography* 56 (2015) 116e126 *Applied Geography*, journal homepage: www.elsevier.com/locate/apgeog

-Norman Myers (2008) Centro de Estudios sobre Refugiados, "Cambio Climático y Desplazamiento", *Revista de Migraciones Forzadas*, N° 31, pág. 8.

-Organización Internacional para las Migraciones (2007) Seminarios internacionales e informes pertinentes, elaborados conjuntamente con interlocutores en el ámbito de la migración y el medio ambiente. Notas usadas en la Nonagésima cuarta reunión de la OIM (MC/INF/288), 1º de noviembre de 2007.

-Pérez, García Yuliana (2011) El debate sobre las migraciones internacionales como consecuencia del cambio climático. La Habana. http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/Cuba/cemih/20110718025321/El_debate_sobre_las_migraciones_internacionales.pdf

-Scott, E. Marian; Andrey Yu. Alekseev y Ganna Zaitseva (2005) *Impact of the Environment on Human Migration in Eurasia*. Kluwer Academic Publishers New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow.



DESASTRES

Naturales



Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación.



2015 - 2021



**Instituto de Ciencia,
Tecnología e Innovación**

Gobierno del Estado de Michoacán