



**Instituto de Ciencia,
Tecnología e Innovación**

Gobierno del Estado de Michoacán



innovación es solución
a mi alcance



Quitando la sal a un suelo, con una planta silvestre y humus de lombriz

[EL SUELO Y LA SALINIDAD]



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

Uriel López Paredes

Coordinador de Asesores

Pascual Sigala Páez

Secretario de Gobierno

Carlos Maldonado Mendoza

Secretario de Finanzas y Administración

Francisco Huergo Maurín

Secretario de Contraloría

Juan Bernardo Corona Martínez

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

José Luis Montañez Espinosa

Director General del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación

María Piedad Trujillo García

Subdirectora de Innovación

Guadalupe Juan Carlos Corona Suazo

Subdirector de Vinculación

Omar Jaimes Brito

Subdirector de Desarrollo Tecnológico

María Natividad Palominos Mariles

Delegada Administrativa

Emerson Adrián Lua García

Departamento de Prospectiva de Mercados

Elvira Bedolla Pérez

Departamento para la Cultura de la Innovación Empresarial

Gabriela Gómez Alvarado

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

Carlos Ayala Alcaraz

Departamento de Recursos Financieros

Abraham Joel Alvarez García

Departamento de Recursos Humanos y Materiales

Quitando la sal a un suelo, con una planta silvestre y humus de lombríz

Cuadernos de Divulgación Científica y Tecnológica del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación.
Serie 2019, cuaderno número 2

¹ **Marcos A. Lastiri Hernández**

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Michoacán

² **Dioselina Álvarez Bernal**

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Michoacán

³ **Leonardo Yoguez Alcantar**

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Michoacán

Primera Edición: Marzo 2019

Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación. (ICTI).

Calzada Juárez No. 1446, Villa Universidad. C.P. 58060,

Morelia, Michoacán, México.

<http://icti.michoacan.gob.mx/>

Reserva de derechos al uso exclusivo: **En trámite**

ISBN de la serie: **En trámite**

ISBN del cuaderno: **En trámite**

Coordinación general:

Dr. José Luis Montañez Espinosa

Director General del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación.

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

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente representan la opinión del ICTI. Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre y cuando se cite la fuente de referencia.

Editado por el Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán de Ocampo.

Edición digital albergada en los espacios oficiales del ICTI. Se permite su descarga para fines de consulta académica.



El suelo es el cuerpo natural que sostiene la vida, permite la existencia de plantas, árboles y cultivos agrícolas, ya que brinda soporte, nutrientes, tiene la capacidad de almacenar agua y actúa como filtro de contaminantes que produce el hombre. La formación del suelo de manera natural requiere de cientos de años, por lo que se considera un recurso no renovable. Este recurso se utiliza para fines diversos como la agricultura, ganadería, pastos y montes, extracción de minerales y de materiales para la construcción, entre otros, siendo la agricultura la actividad más extensiva y común que se realiza (Silva Arroyave & Correa Restrepo, 2009).

En la agricultura la fertilidad de un suelo es de gran importancia, pues esta demuestra la capacidad que tiene de proveer las condiciones y nutrientes necesarios para el desarrollo óptimo de los cultivos. Dentro de los parámetros que determinan la fertilidad del suelo se puede destacar la salinidad, el pH y la conductividad eléctrica, los cuales están íntimamente relacionados.

Uno de los principales factores que afecta la fertilidad de los suelos es la presencia de una gran cantidad de sales como son: cloruros, sulfatos, carbonatos, calcio, magnesio y sodio, siendo este último el elemento que causa más daños al tejido vegetal de los cultivos ya que provoca deshidratación y necrosis. Este fenómeno recibe el nombre de salinidad de suelos. En la (Figura 1) se puede apreciar uno de los efectos negativos que tiene la presencia del exceso de sales en el suelo sobre la disponibilidad de agua para las plantas. Conforme aumenta la concentración de sales, el agua disponible o utilizable para las raíces de las plantas se reduce.

Figura 1. Agua útil en un suelo salino, moderadamente salino y muy salino



(Fuente: FAO, 1973. Citado por Hancoo, 2017)

México cuenta con una superficie territorial de 198 millones de hectáreas. El 14% es clasificado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) como una superficie de labor, de la cual, de acuerdo con el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), se siembra una superficie de 22 millones de hectáreas. Se considera que un 10% del área irrigada está afectada por salinidad, lo

que representa un grave problema para la producción agrícola. (SAGARPA, 2010; Cerda *et al.*, 2007).

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Michoacán. leonardoyzar@gmail.com. dalvarezb@ipn.mx.

El fenómeno de salinización de un suelo puede ser originado por dos causas: primarias y secundarias. La primaria es cuando la salinidad del suelo se debe al material original de este; y secundaria, cuando interviene la acción del hombre: exceso de riego con agua de mala calidad y mal drenaje del suelo. Los suelos salinos se caracterizan por presentar un pH menor de 8.5 y una conductividad eléctrica (CE) mayor o igual de 4.1 dS/m (Hanco, 2017).

La salinidad en los suelos representa un gran problema para la agricultura del mundo, siendo el factor que más limita la productividad de los cultivos. Las sales ejercen efectos adversos sobre las propiedades físicas y químicas, y sobre los procesos microbiológicos del suelo. Un 15% de los suelos áridos y semiáridos están afectados por una gran concentración de sales, y además representan 40% de las tierras irrigadas.

La salinidad en el suelo es una limitante de su fertilidad, la mayoría de los suelos afectados por este problema presentan deficiencia de nitrógeno, fósforo y potasio (Lakhdar *et al.*, 2009).

Técnicas de recuperación de suelo salinos

Debido al gran problema que representan los suelos salinos para la agricultura se han puesto en práctica algunas técnicas de remediación y biorremediación. Algunos de los métodos utilizados han sido agrupados en: Físicos: como el barbecho profundo, la adición de arena, el lavado y drenaje del suelo con agua de baja salinidad permitiendo el lixiviado de sales. entre otros.

Químico: se basa en el intercambio de sodio por calcio, utilizando sales cálcicas altamente solubles, así como de ácidos y sustancias formadoras de ácidos.

Biológicos: consisten en incorporar diferentes abonos orgánicos como el estiércol, vermicompostas, abonos verdes e incorporación de cultivos tolerantes a las sales. En la (Figura 2) se puede observar cómo estos métodos tienen la capacidad de aumentar la concentración de nutrientes y materia orgánica en el suelo, además de mejorar las condiciones químicas y la estructura de este, donde se ve beneficiada la porosidad, facilitando la exploración de las raíces y el drenaje de agua.

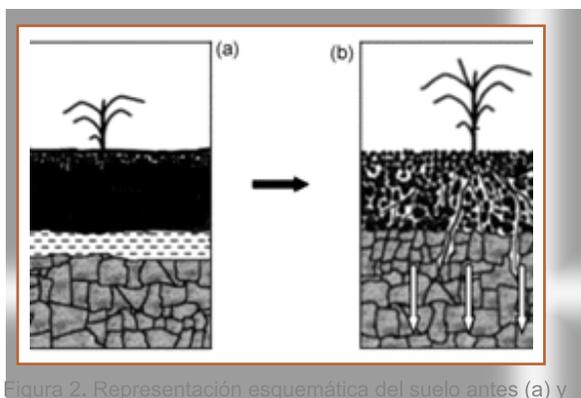


Figura 2. Representación esquemática del suelo antes (a) y después (b) de la adición de abonos orgánicos (Modificado de Lakhdar et al., 2009)

Dentro de los métodos biológicos está la tecnología llamada fitorremediación,

llamada así porque usa plantas para quitar las sales del suelo y emplea plantas tolerantes extractoras de sales, utilizada en regiones áridas y semiáridas, es decir donde no llueve o llueve muy poco. Las plantas utilizadas para quitar sales se denominan halófitas y se pueden considerar como la flora del medio ambiente salino, debido a que este tipo de plantas sobreviven en condiciones áridas y con concentraciones altas de sales. Una característica destacable de las halófitas es que tienen la capacidad de acumular altas concentraciones de sales como el cloruro de sodio (NaCl) en su tejido (Rueda et al., 2011), por medio de sus raíces, al absorber agua y iones, debido al contacto directo con el suelo. Por otra parte, las raíces también permiten el proceso de lavado de sales, especialmente si son profundas ya que mejoran la estructura del perfil del suelo (Hancock, 2017).

Sesuvium Verrucosum es un ejemplo de planta halófitas, nativa de América, es suculenta y perenne, perteneciente a la familia Aizoaceae (Figura 3).



Figura 3. Partes de la planta de *Sesuvium verrucosum*

Fitorremediación de un suelo salino

El presente trabajo tuvo como objetivo la fitorremediación de un suelo agrícola afectado por salinidad en el municipio de Villamar del estado de Michoacán, México, utilizando la planta silvestre halófila *Sesuvium Verrucosum* como planta extractora de sales en conjunto con la aplicación de humus de lombriz.

En la (Figura 4) se muestra la planta de *Sesuvium verrucosum* en el lugar donde fueron recolectadas. Se puede apreciar que este tipo de plantas se desarrollan en ambientes con condiciones semiáridas y salinas, esto se reconoce con el color blanquecino en el suelo, debido a la concentración de sales en la superficie. La zona donde se recolectaron las plantas se localiza en el mismo municipio donde se desarrolló el experimento, es una zona geotérmica donde se pueden encontrar áreas termales, esto puede explicar la presencia de sales en el suelo.

Para el tratamiento del suelo se utilizó el mismo abono orgánico, pero de diferente procedencia: humus de lombriz (humus) y humus de lombriz comercial (humus comercial). Se designó un surco de aproximadamente 4 m por cada abono, en este fueron colocados el abono orgánico y las plantas de *Sesuvium Verrucosum*. El tratamiento tuvo una duración de 100 días, iniciándose el 12 de febrero de 2018 y culminando el 22 de mayo de 2018. Durante este tiempo se estuvo regando y monitoreado el crecimiento de las plantas.



Figura 4. *Sesuvium Verrucosum* y área de obtención

Antes de iniciar los tratamientos y después de estos se realizó la caracterización del suelo con base en la NOM-021-RECNAT-2000, con el objetivo de ver una reducción en la salinidad. Las muestras consistieron en la extracción de suelo de la parcela afectada a una profundidad de aproximadamente 30 cm. Posteriormente el suelo fue llevado al laboratorio donde fue secado al aire, molido y pasado por un tamiz de 2 mm, esto con la finalidad de homogenizar las muestras.

Las muestras analizadas fueron suelo inicial (SI) y los tratamientos: *Sesuvium Verrucosum* (T1), humus de lombriz comercial (T2), humus de lombriz comercial + *Sesuvium verrucosum* (T3), humus de lombriz (T4) y suelo + humus de lombriz + *Sesuvium verrucosum* (T5).

Este diseño experimental permitió analizar la capacidad fitodesalinizadora de *Sesuvium verrucosum* de manera individual y en conjunto con la adición de humus de lombriz. Por otro lado, la conductividad eléctrica define la salinidad de un suelo, en este trabajo se observaron disminuciones en este

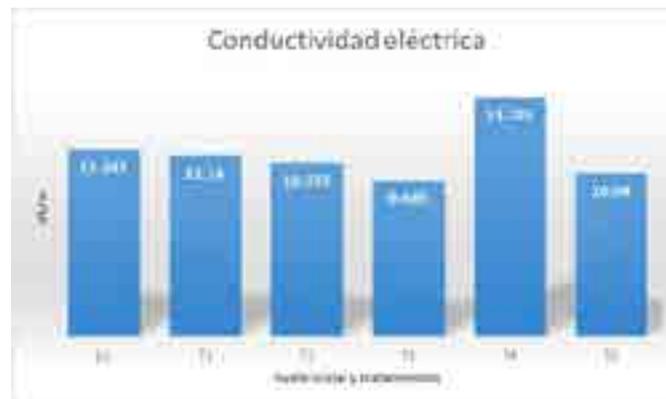


Figura 5. Conductividad eléctrica en suelo inicial y tratamientos

parámetro. En la (Figura 5) se presenta el comportamiento de la conductividad eléctrica, las mayores disminuciones se presentaron en los tratamientos donde se utilizó la planta halófito en conjunto con humus de lombriz, en orden de 16.82% para T3, y de 12.88% para T5. Esto demuestra la disminución de sales solubles en el suelo debido a la acumulación de estas en el tejido de la planta y al aumento en la capacidad de filtración de agua en el suelo por la acción del humus de lombriz, el cual aumenta la porosidad y permite el lavado de las sales.

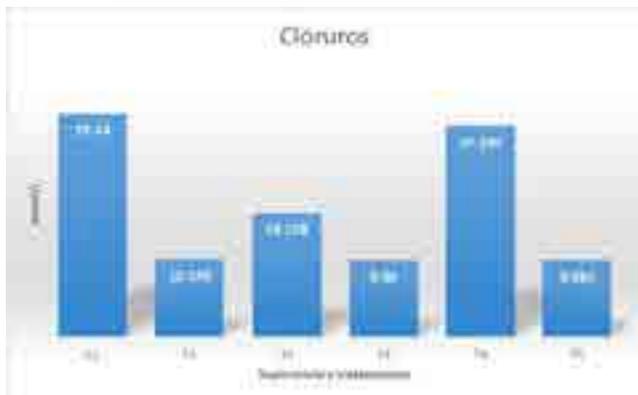


Figura 6. Concentración de cloruros en suelo inicial y tratamientos

Sodio (Na^+), siendo el último elemento el que más daño causa a las plantas sensibles a la salinidad, debido a que provoca deshidratación y necrosis en el tejido vegetal. Así pues, la concentración de sodio disminuyó especialmente en el tratamiento 3 (T3) donde se combina la planta con el humus de lombriz comercial. La adición de humus de lombriz permitió el mejoramiento de la estructura del suelo, aumentó su porosidad lo que facilitó el lavado de las sales solubles por riego. El calcio es un elemento vital para el desarrollo de las plantas debido a que es un componente estructural de la planta, constituye gran porcentaje de su tejido. Por lo anterior es importante destacar que la concentración de calcio se mantuvo estable, debido a la adición del humus de lombriz, el cual por su origen contiene una cantidad considerable de este elemento.

En la (Figura 6) se aprecia que el suelo presentó cambios en la concentración de cloruros. En todos los tratamientos hubo disminución de cloruros, sin embargo, los tratamientos con humus de lombriz demostraron ser los más efectivos.

Por otra parte, en la (Figura 7) se observa la concentración de los cationes solubles: Calcio (Ca^{2+}), Magnesio (Mg^{2+}), Potasio (K^+) y

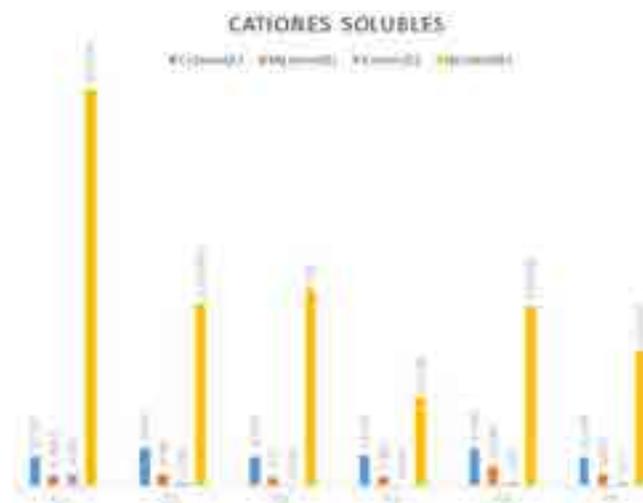


Figura 7. Cationes solubles en suelo inicial y tratamientos

La presencia de materia en un suelo es un factor indispensable para el buen crecimiento y desarrollo de las plantas, ayuda a la retención de agua y promueve el desarrollo de diferentes microorganismos benéficos para las plantas. En la (Figura 8) se aprecia cómo la adición de humus de lombriz incrementa el porcentaje de materia orgánica y el nitrógeno total en el suelo afectado por salinidad. En todos los tratamientos con humus de lombriz se consiguió un aumento mayor al 1%, esto a su vez promovió la colonización del área en estudio por diversos organismos, los cuales promueven el reciclaje de nutrientes y benefician a las plantas.

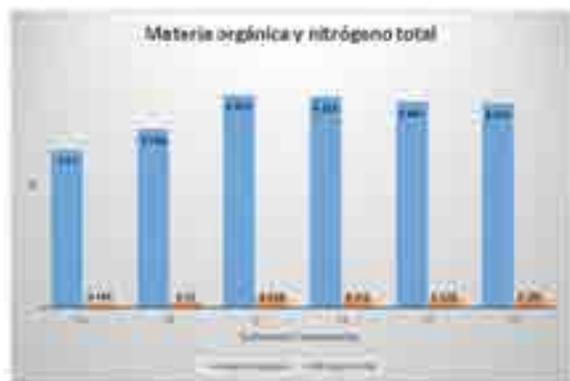


Figura 8. Porcentaje de nitrógeno total y materia orgánica en el suelo inicial y tratamientos



Figura 9. Planta de *Sesuvium verrucosum* al inicio (a) y al final (b) del tratamiento

Las plantas de *Sesuvium verrucosum* mostraron un crecimiento acelerado posiblemente debido a la disponibilidad de nutrientes proporcionados por el humus de lombriz. En la (Figura 9) se puede apreciar la diferencia de tamaño de las plantas utilizadas al inicio del tratamiento y al final de este. Un mayor tamaño de la planta permite la extracción de una mayor cantidad de sales del medio donde se encuentra, ya que estas son depositadas en el tejido vegetal. Las plantas utilizadas aumentaron su peso considerablemente, en un inicio pesaron 0.05 Kg aproximadamente y al final del tratamiento se registraron pesos de 1.5 Kg.

Otra particularidad que se puede apreciar en la (Figura) 10 es el tamaño de las raíces. Todas las plantas presentaron raíces grandes y profundas, el buen desarrollo de las raíces permite que la planta sea capaz de tomar todos los nutrientes necesarios debido a la mayor área de exploración disponible, y esto a su vez se ve reflejado en un mayor volumen de suelo desalinizado.

Es importante mencionar que al inicio del tratamiento el suelo presentaba una capa color blanco, indicador de la presencia y acumulación de sales en el suelo. Además, de que se observaba poca actividad de organismos. En la siguiente imagen (Figura 11) se muestra el área de estudio después del tratamiento, en la cual se puede percibir la ausencia de la capa de sales, lo que indica una reducción de la cantidad de estas y por ende un mejoramiento en las condiciones del suelo.



Figura 10. Raíces de una planta de *Sesuvium Verrucosum*



Figura 11. Área de estudio

Este trabajo demuestra la capacidad fitodesalinizadora de una planta nativa en conjunto con la adición de humus de lombriz, donde se obtuvo la mayor reducción de salinidad. La disminución de la conductividad eléctrica y de la concentración de sodio en el suelo estudiado permiten la recuperación de estos suelos para fines agrícolas.

Es importante mencionar que la efectividad del proceso de fitorremediación depende de las condiciones del suelo, del tiempo y de los factores externos a este. El tratamiento que se realizó en este trabajo tuvo una duración relativamente corta, sin embargo, los cambios que se presentaron en las condiciones fisicoquímicas del suelo fueron muy favorables y dan pauta para seguir investigando sobre el efecto que tiene la utilización de plantas extractoras de sales y la adición de abonos orgánicos en suelos salinos.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el financiamiento del proyecto (2015-01-1165).

Fuentes de información

Cerda, E. R., Nuncio, R. A. A., Trejo, M., Hernández, M. F., Ramírez, J. O., & Gamboa, J. C. V. (2007). Aprovechamiento y mejoramiento de un suelo salino mediante el cultivo de pastos forrajeros. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 45 (1), 19-24.

Hancco, C. (2017). Desalinización con betarraga (*Beta vulgaris* L.) asociada al vermicompost y cal agrícola para el mejoramiento de la calidad del suelo. *Escuela superior de Ingeniería ambiental, Lima, Perú*.

Lakhdar, A., Rabhi, M., Ghnaya, T., Montemurro, F., Jedidi, N., & Abdelly, C. (2009). Effectiveness of compost use in salt-affected soil. *Journal of hazardous Materials*, 29-37.

NOM-021-SEMARNAT-2000. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. SEMARNAT, 2000.

Rueda Puente, E., Beltrán Morales, F. A., Ruíz Espinoza, F. H., Valdez Cepeda, R., García Hernández, J. L., Ávila Serrano, N. Y., . . . Murillo Amador, B. (2011). Opciones de manejo sostenible del suelo en zonas áridas: aprovechamiento de la halófito *Salicornia bigelovii* (Torr.) y uso de biofertilizantes en la agricultura moderna. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13, 157-167.

Silva Arroyave, S. M., & Correa Restrepo, F. J. (2009). Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de la regulación económica. *Semestre Económico*, 13-34.

Quitando la sal a un suelo, con una planta silvestre y humus de lombriz

[EL SUELO Y LA SALINIDAD]



innovación es solución
a mi alcance



CONACYT
CONSEJO NACIONAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



2015 - 2021



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

