



# Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente

Revista de Divulgación de la  
Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.



Terra Latinoamericana, revista científica de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C., se incluye en el Journal Citation Reports™ y obtiene su primer Factor de Impacto, luego de 41 años de edición.

# Felicitaciones!



# TERRA Latinoamericana

Vol. 2 — Núm. 2 — 2024

ISSN: 2992-8125



El Comité Editorial de **Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente** y la Mesa Directiva de la SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A. C., felicitan al Dr. Bernardo Murillo Amador, Editor en Jefe de la revista **Terra Latinoamericana**, y a todo su Comité Editorial por la inclusión de esta revista en el Journal Citation Reports™, obteniendo así su primer Factor de Impacto luego de 41 años de edición.

**Felicitaciones!**



**TERRA**  
Latinoamericana



## Mesa Directiva de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (2023-2025)

<b>Dr. Fabián Fernández-Luqueño</b> Presidente Cinvestav Saltillo	<b>Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda Barrios</b> Vicepresidente Universidad Autónoma de Chihuahua	
<b>Dra. Yunuen Tapia Torres</b> Secretaría General UNAM/ENES Morelia	<b>Dra. Dulce Yaahid Flores Rentería</b> Tesorera Investigadora por México-Cinvestav Saltillo	<b>Dr. Bruno Manuel Chávez Vergara</b> Secretaría Técnica UNAM/Instituto de Geología
<b>Dr. Julián Delgadillo Martínez</b> Secretaría de Eventos Nacionales e Internacionales Colegio de Postgraduados	<b>M. C. Miriam Galán Reséndiz</b> Secretaría de Relaciones Públicas Universidad Autónoma Chapingo	<b>M.C. Iris del Carmen Morales Espinoza</b> Subsecretaría de Fomento a la Integración, Promoción y Mercado; UAAAN
<b>Dr. Hermes Pérez Hernández</b> Secretaría de Acción Juvenil Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro	<b>M.C. Ricardo González Zavaleta</b> Secretaría de Promoción de Membresías Universidad Autónoma de Guerrero	<b>Dra. Rosalía del Carmen Castelán Vega</b> Secretaría de Educación y Enseñanza Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
<b>Dr. Alonso Méndez López</b> Secretaría de Difusión y Comunicación Social Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro	<b>M.C. Sandra Monserrat Barragán Maravilla</b> Subsecretaría de Creación de Contenido Digital Colegio de Postgraduados	<b>Dr. José Luis García Hernández</b> Secretaría de Gestión de Redes de Innovación Universidad Juárez del Estado de Durango

## Comité Editorial de Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente

### Editores en Jefe

**Dr. Fabián Fernández-Luqueño**  
Cinvestav Saltillo

**Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda Barrios**  
Universidad Autónoma de Chihuahua

**Dra. Dulce Yaahid Flores Rentería**  
Investigadora por México-Cinvestav Saltillo

### Editores Adjuntos

**Dr. Edgar Vázquez-Núñez**  
Universidad de Guanajuato

**Dr. Hermes Pérez-Hernández**  
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

**M.C. Langen Corlay Chee**  
Universidad Autónoma Chapingo

**Dr. José Rafael Paredes Jácome**  
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

**Dr. César Roberto Sarabia Castillo**

**Dra. Dulce Yaahid Flores Rentería**  
Investigadora por México-Cinvestav Saltillo

**Biol. Mariana Tovar-Castañón**  
UNAM

**Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda-Barrios**  
Universidad Autónoma de Chihuahua

**Dr. Fernando López-Valdez**  
CIBA-IPN

**Dra. Alma C. Hernández Mondragon**  
Cinvestav Zacatenco

**Dr. Julián Delgadillo Martínez**  
Colegio de Postgraduados

**Dra. Mariana Miranda Arámbula**  
CIBA-IPN

**Dra. Rosalía Castelán Vega**  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

**Dr. Fabián Fernández-Luqueño**  
Cinvestav Saltillo

**Dra. Susana González Morales**  
Investigadora por México-UAAAN

**Dra. Yunuen Tapia Torres**  
UNAM/ENES Morelia

### Editores Asociados

**M.C. Nayelli Azucena Sigala Aguilar**  
Cinvestav Saltillo

**M.C. Gabriela Guillén-Cruz**  
Cinvestav Saltillo

**M.C. Andrés Torres-Gómez**  
Cinvestav Saltillo

**M.C. Jessica Elizabeth Martínez-Vázquez**  
Cinvestav Saltillo

**M.C. Oscar Fernández-Fernández**  
Universidad Autónoma Chapingo

**M.C. Sarahi Moya-Cadena**  
Cinvestav Saltillo

**Lic. Naomi Shimizu**  
UNAM

**M.C. Karla Liliana López García**  
Cinvestav Saltillo

**M.C. Rene Juárez Altamirano**  
Cinvestav Saltillo

**M.C. Carmina Gámez Barajas**  
FES-Zaragoza-UNAM

Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente; Año 2, Número 2, abril 2024 a junio 2024, es una publicación trimestral editada por la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS), Dom. Con. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Texcoco, Estado de México, Tel. 595-95-21721, <https://smcsmx.org/index.php>, [smcsissn@gmail.com](mailto:smcsissn@gmail.com), Editor Responsable: Dr. Fabián Fernández Luqueño. Reserva de Derechos 04-2023-110710445600-102, ISSN 2992-8125, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho del Autor. Responsable de la última actualización de este número: Fabián Fernández Luqueño. Fecha de última actualización, junio 30 de 2024.

Todos los derechos reservados© 2024 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS).

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Se autoriza la reproducción total o parcial de la publicación siempre y cuando se cite adecuadamente la fuente.



## Editorial

En el corazón de nuestra labor en la **Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS)**, reconocemos la interconexión entre el suelo, los microorganismos y la salud del planeta. Este número celebra dos fechas de gran relevancia: el **Día Mundial de la Lucha contra la Desertificación** y el **Día Mundial del Microbioma y la Microbiota**, conmemorados el 17 y 27 de junio, respectivamente. Estas efemérides nos invitan a reflexionar sobre los desafíos y oportunidades en la conservación del suelo y su biodiversidad.

La desertificación, un proceso de degradación del suelo en zonas áridas y semiáridas, es una amenaza crítica para la sostenibilidad ambiental y la seguridad alimentaria. Con base en la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, más del 40% de la superficie terrestre está afectada, impactando a cientos de millones de personas. En México, grandes extensiones sufren los efectos de la sobreexplotación, el cambio climático y las prácticas agrícolas insostenibles. Este día nos recuerda que la desertificación no es solo un problema ambiental, sino también un desafío económico y social. La pérdida de suelo fértil afecta directamente la producción agrícola, la disponibilidad de agua y el bienestar de las comunidades. Para enfrentar este reto, es esencial promover prácticas de manejo sostenible del suelo que restauren su salud.

En este contexto, los microorganismos del suelo emergen como aliados esenciales. Celebrar el Día Mundial del Microbioma y la Microbiota es reconocer su papel crucial en la salud del suelo y en la mitigación de la desertificación, así como su conexión con la salud humana. Estos diminutos organismos son los arquitectos invisibles que descomponen la materia orgánica, reciclan nutrientes y contribuyen a la fertilidad del suelo. Además, desempeñan un papel vital en la regulación del ciclo del carbono, ayudando a combatir el cambio climático.

Promover la biodiversidad microbiana no solo mejora la resiliencia de los cultivos, y fortalece el suelo contra procesos de erosión y degradación, sino que también contribuye a lograr una seguridad alimentaria con alimentos más nutritivos y sanos.





La lucha contra la desertificación y la promoción de la salud microbiana del suelo no son esfuerzos aislados; deben integrarse en políticas agrícolas y ambientales a nivel local, nacional e internacional. La cooperación entre gobiernos, científicos, agricultores y comunidades es vital. La educación y la sensibilización sobre la importancia del suelo y sus microorganismos deben ser pilares en estos esfuerzos. Desde el Comité Editorial de la **Revista Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente** de la SMCS, reafirmamos nuestro compromiso con la investigación y la divulgación de prácticas que promuevan la salud del suelo.

Invitamos a nuestros lectores a reflexionar sobre el papel crucial que desempeñan en la preservación del suelo y sus microorganismos.

En este número de **Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente**, Volumen 2, Número 2, 2024 se incluyen 12 contribuciones, en las que se exploran diversas perspectivas del estudio del suelo y su importancia en la producción de alimentos. Les invitamos a sumergirse en estos temas y unirse a nosotros en la protección de nuestro invaluable recurso: el suelo.

**Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente** es una revista de publicación continua, que es posible gracias a la contribución voluntaria y constante de los Editores en Jefe, Editores Adjuntos, Editores Asociados y Revisores, quienes han brindado su tiempo para culminar los esfuerzos de cada uno de los autores que han depositado su confianza en este proceso editorial. Es un foro abierto para quienes deseen explorar, cuestionar, compartir, disfrutar o debatir sobre temas relacionados con el suelo, la agricultura y el medioambiente.

En esta ocasión también celebramos con orgullo la inclusión de la revista científica de la SMCS, **Terra Latinoamericana**, en el Journal Citation Reports™; un merecido reconocimiento que destaca su calidad y relevancia en el ámbito científico.



#### Editores en Jefe

Dr. Fabián Fernández-Luqueño

Cinvestav Saltillo

Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda-Barrios

Universidad Autónoma de Chihuahua

Dra. Dulce Flores-Rentería

Investigadora por México (Conahcyt)-Cinvestav Saltillo



## Contenido

SECCIÓN, SUBSECCIÓN, TÍTULO Y AUTORES		Páginas
<b>SECCIÓN I. FACTORES DE FORMACIÓN DEL SUELO</b>		
Subsección IA: Material Parental	<b>Biofortificación con Zinc aliado en la salud humana</b> Orlanda T. García González; Damaris L. Ojeda-Barrios; Ma. Teresa Martínez-Damián; Oscar Cruz-Álvarez; Marisela Calderón-Jurado	1
	<b>Los residuos agrícolas: Un aliado para la salud agrícola</b> Tomas Rivas-García; Rita Schwentesiuss-Rindermann; Benjamin Hernández-Vázquez; Luis Enrique Vázquez-Robles; Camilo Francisco Campos Mariscal	8
<b>Subsección IB: Clima</b>		Sin contribuciones aceptadas
<b>Subsección IC: Topografía</b>		Sin contribuciones aceptadas
Subsección ID: Organismos	<b>Los microorganismos del suelo ¿pueden vivir en una casa de carbón vegetal?</b> Diana Ayala Montejo; Gabriel Ciro Quispe-Huisñay	16
	<b>Termitas, las constructoras silenciosas</b> Karla Vanessa Bueno-Nájera; Liliana Alejandra Álvarez-Yáñez; María Fernanda Gaytán-Sánchez; Víctor Hugo Tovar-Rivera	25
	<b>Levaduras, ¿aliadas en cultivos agrícolas?</b> Jesús Campos García; David García-Hernández; Jorge Arturo Mejía-Barajas	31
	<b>El mundo invisible bajo tus pies: los microorganismos del suelo</b> Erwin Saúl Navarrete-Saldaña; Omar Cástor Ponce-García; Teresita del Carmen Ávila-Val; Pedro Antonio García-Saucedo; Juan Mendoza-Churape	42
Subsección IE: Tiempo	<b>Biofortificación de flores comestibles para mejorar la calidad nutricional</b> Marisela Calderón-Jurado; Angélica Anahí Acevedo-Barrera; Orlanda Tanahiri García González; Oscar Cruz-Álvarez; Damaris Leopoldina Ojeda-Barrios	50
	<b>Materiales porosos funcionales como alternativa para enfrentar la contaminación ganadera por agroquímicos</b> Berenice González-Santiago; Ana Adela Lemus Santana	59
	<b>Etileno: del verde al rojo en chile de árbol</b> Jaime Beltrán Urueta; Carlos Abel Ramírez Estrada; Alejandro Palacio-Márquez; Marina Imelda Terrazas Gómez; Martín Díaz García	67

n.a.= No aplica

Continúa en la siguiente página.

| Junio 2024 |





## Contenido

...continuación.

SECCIÓN, SUBSECCIÓN, TÍTULO Y AUTORES		Páginas
<b>SECCIÓN II. PROCESOS DE FORMACIÓN DEL SUELO</b>		
Subsección IIA: Adición	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IIB: Transformación	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IIC: Translocación	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IID: Pérdida	<b>Salinidad: Desafío para el cultivo del nogal pecanero</b> Yahira Xulei Salazar Gutiérrez; Elisa Andrea Payán López; Carlos Abel Ramírez Estrada; Alejandro Palacio-Márquez	74
<b>SECCIÓN III. LA ARCILLA</b>		
<b>Molibdeno y cobalto en la fijación biológica de nitrógeno</b>		
Francisco de Jesús Reyes Sánchez; Dalia Edith Luna Muñoz		39
<b>SECCIÓN IV: HORIZONTES GENÉTICOS MAYORES Y CAPAS</b>		
Subsección IVA: Horizonte O	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IVB: Horizonte L	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IVC: Horizonte A	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IVD: Horizonte E	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IVE: Horizonte B	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IVF: Horizonte C	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IVG: Capa R	<b>Solución Crucigrama Suelos sustentable: desvelando las letras esenciales</b> Dulce Flores-Rentería	81
Subsección IVH: Capa M	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IVI: Capa W	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
<b>Sección V. Ciclos del Suelo</b>	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
<b>Sección VI. Entisol</b>	Sin contribuciones aceptadas	n.a.

n.a.= No aplica





# Biofortificación con zinc aliado en la salud humana

Orlanda T. García-González<sup>1</sup>  
Damaris L. Ojeda-Barrios<sup>1\*</sup>  
Ma. Teresa Martínez-Damián<sup>2</sup>  
Oscar Cruz-Álvarez<sup>1</sup>  
Marisela Calderón-Jurado<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, 31350, México

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia, 56230, México

\*Autor para correspondencia: dojeda@uach.com.mx

El zinc (Zn) es muy importante en el desarrollo y funcionamiento cerebral, su deficiencia afecta a gran parte de la población mundial y es un factor de riesgo para diversas enfermedades. Asimismo, la biofortificación es una alternativa eficiente para promover la bioacumulación del Zn en la planta aunado al uso de nanopartículas ha demostrado incrementar la concentración de micronutrientes y la resistencia al estrés de las plantas.

## Introducción

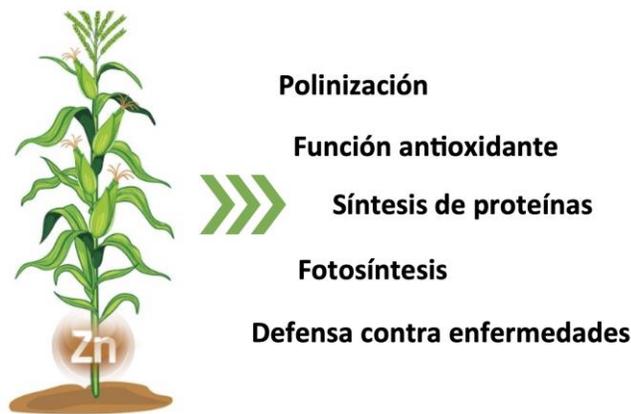
La importancia del Zn en la nutrición es innegable, ya que este microelemento desempeña un papel crucial en diversos procesos fisiológicos y bioquímicos en los organismos vivos. En este contexto, la deficiencia de Zn puede tener consecuencias significativas, afectando la salud de manera general. A pesar de su importancia, la deficiencia de este elemento persiste como un problema global, afectando aproximadamente un tercio de la población mundial. La biofortificación con nanopartículas destaca como una estrategia prometedora en la mejora de la nutrición mineral con un menor impacto en la contaminación y degradación del suelo.





### Importancia del zinc en la nutrición

En plantas, animales y seres humanos, el Zn representa uno de los microelementos esenciales. La carencia de Zn en las plantas puede ocasionar problemas significativos, ya que este elemento desempeña un papel crucial en procesos fisiológicos y bioquímicos esenciales como polinización, fotosíntesis, síntesis de proteínas, función antioxidante, polinización, así como los mecanismos de regulación y defensa contra enfermedades (Fig. 1). Por otro lado, en animales y humanos, el Zn cumple con funciones catalíticas, estructurales y reguladoras actuando como cofactor y componente de más de 300 enzimas, se distribuye en todas las células, tejidos, fluidos y secreciones, con concentraciones relativamente elevadas en alguno de ellos.



**Figura 1.** Beneficios del Zn en las plantas.

Aunado a esto, se reporta que el 85 % del Zn en el cuerpo humano se encuentra en los músculos y huesos, mientras entre el 11% y el 14% está en la piel, el pelo y el hígado. Menos del 1% se halla en el sistema circulatorio, lo que significa que no existen grandes reservas corporales intercambiables capaces de responder a variaciones a corto plazo en la ingesta del zinc. Es por ello, que se requiere suministro regular y adecuado de Zn en las dietas.

### Deficiencia del zinc en la nutrición

A pesar de su relevancia, la deficiencia de Zn se sitúa en la 17ª posición entre los 20 factores más significativos en los seres humanos causantes de enfermedad o muerte a nivel mundial, y ocupa la 5ª posición entre los factores más relevantes en los países desarrollados.

**El Zn ha ganado  
interés científico y  
social debido a su  
importancia para el  
correcto desarrollo y  
funcionamiento del  
cerebro humano**





**En la población mundial la deficiencia de Zn se sitúa en la 17ª posición entre los 20 factores más significativos causantes de enfermedad o muerte**



Aproximadamente un tercio de la población mundial enfrenta deficiencia de Zn, lo que incluye alrededor de 450,000 niños menores de 5 años, esta deficiencia puede dar lugar a diversas enfermedades, como la depresión inmunológica, enfermedades cardíacas, asma, pérdida de apetito, del olfato y del gusto, trastornos gastrointestinales, anorexia, enfermedades renales, ciertos tipos de cáncer, arteriosclerosis, anemia, entre otras.

En los hombres adultos, la deficiencia de Zn puede conducir a la hiperplasia prostática, afectando la función reproductiva y la fertilidad. En mujeres embarazadas, puede provocar una disminución de las células cerebrales de los fetos, afectando su desarrollo. Además, en niños, puede causar enfermedades infecciosas como neumonía, diarrea, debilidad del sistema inmune, bajo crecimiento, daño intelectual y retraso en la cicatrización (Fig. 2). Por otra parte, la disgeusia, originada por la falta de zinc, se presenta con una disminución de la percepción del gusto, un sabor desagradable en la boca y la incapacidad de saborear los alimentos de manera adecuada. Esto evidencia la notable influencia de la salud del suelo en la cantidad y calidad de los alimentos disponibles.

**Debilidad del sistema inmune**



Figura 2. Enfermedades en niños causadas por la deficiencia de Zn.



### **Biofortificación: estrategia para aumentar la nutrición humana**

En los últimos tiempos, se ha sugerido un enfoque alternativo conocido como biofortificación, que se presenta como una estrategia a largo plazo para mejorar la nutrición mineral. Este método se concentra en elevar las cualidades nutricionales de los cultivos mediante el incremento tanto de los niveles de minerales como de su biodisponibilidad

de manera natural. Diversos estudios de biofortificación de Zn en diferentes cultivos como frijol, soya, papa, trigo entre otros han mostrado ser una alternativa para poblaciones vulnerables en países en desarrollo.

Por otra parte, se ha evidenciado que la aplicación foliar de Zn incrementa las concentraciones totales en las partes comestibles de las plantas, tanto en suelos deficientes como en aquellos con niveles adecuados de este micronutriente. Este es aplicado mediante aplicación foliar puede ser absorbido por la hoja y posteriormente transportado a otras partes de la planta a través del xilema y el floema. Según el momento en el que se realiza la aspersión foliar de Zn influye en la eficacia del tratamiento, este método se potencializa en la fase reproductiva, lo que contribuye a incrementar este nutriente en las partes comestibles de las plantas. Este proceso implica que la mayor proporción de Zn acumulado sea de origen orgánico, lo que lo hace más asimilable por el organismo.

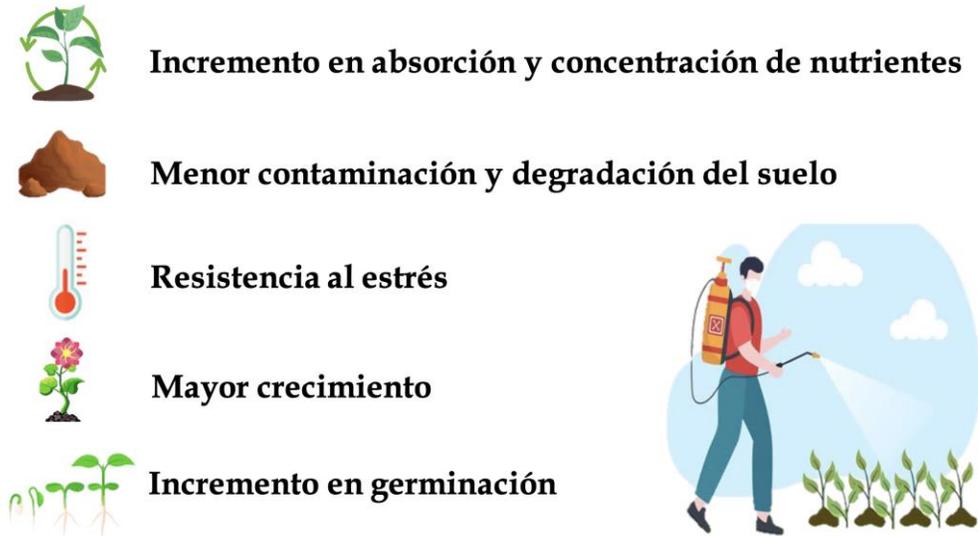
**La aplicación edáfica y foliar de Zn incrementa su concentración total de este micronutriente en las partes comestibles de las plantas.**



**Biofortificación con nanopartículas** En la actualidad, la nanotecnología, que implica el uso de partículas con un tamaño  $\leq 100$  nm, ha resuelto diversos problemas en varios campos científicos, incluyendo la industria y la agricultura. En comparación con los fertilizantes convencionales, los fertilizantes clasificados como nanopartículas (NPs), como el óxido de zinc (ZnO), se destacan por su mayor superficie específica, relación superficie-volumen y cinética de liberación controlada (Fig. 3). Estas características mejoran la eficiencia de absorción y permiten suministrarlos en concentraciones bajas con resultados equiparables o superiores a los obtenidos con sus compuestos nativos.



**La biofortificación con nanopartículas se destaca como una estrategia prometedora en la mejora de la nutrición mineral.**



**Figura 3.** Beneficios de la biofortificación con nanopartículas de Zn.

## Conclusiones

El zinc (Zn) es un microelemento que desempeña un papel crucial en diversos procesos fisiológicos y bioquímicos en los organismos vivos. Sin embargo, la deficiencia de Zn es causante de diversas enfermedades o muerte, específicamente en niños y mujeres embarazadas en un tercio de población mundial es por ello, que la biofortificación con Zn, aunada a la aplicación de nanopartículas, emerge como una respuesta innovadora y efectiva para abordar la deficiencia de Zn, contribuyendo a la mejora de la nutrición y la salud humana a nivel global.

## Literatura recomendada

Ojeda-Barrios, D.L., Cruz-Álvarez, O., Sánchez-Chavez, E., Ciscomani-Larios, J.P. 2023. Effect of foliar application of zinc on annual productivity, foliar nutrients, bioactive compounds and oxidative metabolism in pecan. *Folia Hort.* 35(1): 179-192. DOI: 10.2478/fhort-2023-0014.

Bautista-Díaz, J., Cruz-Alvarez, O., Hernández-Rodríguez, O.A., Sánchez-Chávez, E., Jacobo-Cuellar, J.L., Preciado-Rángel, P., Ávila-Quezada, G.D., Ojeda-Barrios, D.L. 2022. Aplicaciones de sulfato de zinc o nanopartículas de zinc a las hojas de frijol ejotero. *Folia Horticulturae*, 33(2), 365-375 DOI: <https://doi.org/10.2478/fhort-2021-0028>

Palacio-Márquez, A., Ramírez-Estrada, C. A., Gutiérrez-Ruelas, N. J., Sánchez, E., Ojeda-Barrios, D. L., Chávez-Mendoza, C., & Sida-Arreola, J. P. 2021. Eficacia de la aplicación foliar de nanopartículas de óxido de zinc frente a nitrato de zinc complejado con quitosano sobre la asimilación de nitrógeno, la actividad fotosintética y la producción de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.). *Scientia Horticulturae*, 288, 110297.



### Semblanzas de autores

**Orlando T. García-González.** IPCH por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Obtuvo el 2do lugar, en el II Encuentro de jóvenes investigadores de IES Chihuahua 2015. Laboró en Innovak Global con cuatro años de experiencia como analista de investigación y uno en ventas. Artículo publicado en The Plant Pathology Journal 2018. Actualmente estudia la Maestría en Ciencias Hortofrutícolas.

**Damaris L. Ojeda-Barrios.** Doctora en Ciencias Agrícolas (Horticultura) por la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Profesora-investigadora en fisiología y nutrición vegetal a nivel licenciatura y posgrado en Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Investigadora Nacional nivel 2 por el SNII-CONAHCYT. Cuenta con reconocimiento por el Consejo Mexicano de la Nuez (COMENUEZ).

**Ma. Teresa Martínez-Damián.** Doctora en Fisiología Vegetal por el Colegio de Posgraduados. Es Profesora-Investigadora en la disciplina de Fisiología de Postcosecha de Productos hortícolas, a nivel Licenciatura, Maestría y Doctorado. En la Universidad Autónoma Chapingo. Pertenece al núcleo básico del Programa de Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la UACH. Cuenta con la distinción de Investigador Nacional Nivel 1 otorgado por el SNII-CONAHCYT.

**Oscar Cruz-Álvarez.** Doctor en Ciencias en Horticultura por la Universidad Autónoma Chapingo. Es profesor de tiempo completo de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas en la Universidad Autónoma de Chihuahua. Es investigador nacional nivel 1 en el Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías.

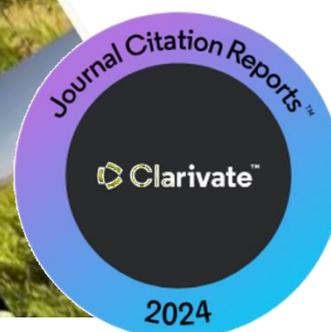
**Marisela Calderón-Jurado.** Ingeniera Hortícola con Maestría en Ciencias Hortofrutícola por la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Colaboradora del Cuerpo Académico CA-UACH-17 Hortofruticultura, participación como ponente en Congresos Nacionales e Internacionales, seminarios académicos, consejera estudiantil, línea de investigación en frutales de Zona Templada, Flores comestibles.



**Terra Latinoamericana,**  
revista científica de la  
**Sociedad Mexicana de la**  
**Ciencia del Suelo A.C., se**  
incluye en el Journal Citation  
Reports™ y obtiene su  
primer Factor de Impacto  
luego de 41 años de edición.



**TERRA**  
Latinoamericana



Luego de 62 años de la fundación de la SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A. C. y 41 años del lanzamiento de la revista **Terra Latinoamericana**, esta consigue su primer factor de impacto en el Journal Citation Reports™.

Envía tus contribuciones científicas a la revista **Terra Latinoamericana**, órgano de difusión de la SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A. C.

**Terra Latinoamericana** es de publicación continua y publica artículos científicos originales de interés para la comunidad de la ciencia del suelo y agua.

**TERRA**  
Latinoamericana



ISSN Electrónico 2395 - 8030

<https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra>



# Los residuos agrícolas: Un aliado para la salud del suelo

Tomás Rivas-García<sup>1</sup>  
Rita Schwentesius-Rindermann<sup>2\*</sup>  
Benjamín Hernández-Vázquez<sup>1</sup>  
Luis Enrique Vazquez-Robles<sup>2</sup>  
Camilo Francisco Campos-Mariscal<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CONAHCTY-Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco 56230, México.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco 56230, México.

\*Autor para correspondencia:  
rschwentesiuss@chapingo.mx

**La alta demanda de alimentos y de nuevas tierras agrícolas, en el futuro requerirán duplicar el rendimiento de los cultivos utilizando medios sostenibles. Sin embargo, satisfacer la demanda agrícola mediante el uso intensivo de fertilizantes y pesticidas ha provocado la degradación de la tierra y la contaminación ambiental. La incorporación de residuos agrícolas tiene beneficios en la mejora de la calidad del suelo. Por lo cual, en el desarrollo de este artículo se habla sobre la composición, el contenido de nutrientes, la estructura física de los residuos de cultivos, y aplicaciones en campo. Una buena comprensión de estos efectos es esencial para la gestión sostenible de la agricultura y el medio ambiente.**



## Introducción

La alta demanda de alimentos y la escasez de nuevas tierras agrícolas, en el futuro requerirán duplicar el rendimiento de los cultivos utilizando medios sostenibles. Satisfacer la demanda proyectada de producción de alimentos es un desafío crucial. De hecho, aumentar la productividad de los cultivos mitigando el cambio climático y preservando los agro-ecosistemas es uno de los objetivos importantes de la agricultura sostenible. Sin embargo, satisfacer la demanda agrícola mediante el uso intensivo de fertilizantes y pesticidas sintéticos ha provocado la degradación de la tierra y la contaminación ambiental en varios agro-ecosistemas, lo que ha tenido un efecto adverso en los seres humanos, los animales y los ecosistemas acuáticos.



La agricultura sostenible se ha definido como un enfoque integrado alternativo que podría utilizarse para resolver cuestiones fundamentales y aplicadas relacionadas con la producción de alimentos de forma ecológica. La evaluación de la salud del suelo se basa en variables de calidad del suelo que garantizan la sostenibilidad de la producción de cultivos en tierras agrícolas. Al respecto, tanto los científicos, como productores y sociedad podemos contribuir sustancialmente a la sostenibilidad global de los suelos agrícolas traduciendo el conocimiento científico sobre la función del suelo en metodologías prácticas que enriquezcan el conocimiento para el beneficio de todos los seres vivos.



Los residuos agrícolas son los restos que quedan después de cosechar los cultivos, puede tratarse de hojas, ramas, tallos y raíces. La incorporación de residuos agrícolas provenientes de cosecha tiene beneficios en la mejora de la



calidad del suelo. La cantidad de residuos de cultivos aumenta cada año según el tamaño de la población. En la actualidad, alrededor del 50% de estos residuos son reincorporados al suelo cada año. Por lo cual, en el desarrollo de este artículo se habla sobre la composición, el contenido de nutrientes, la estructura física de los residuos de cultivos, y aplicaciones en campo. Una buena comprensión de estos efectos es esencial para la gestión sostenible de la agricultura y el medio ambiente.

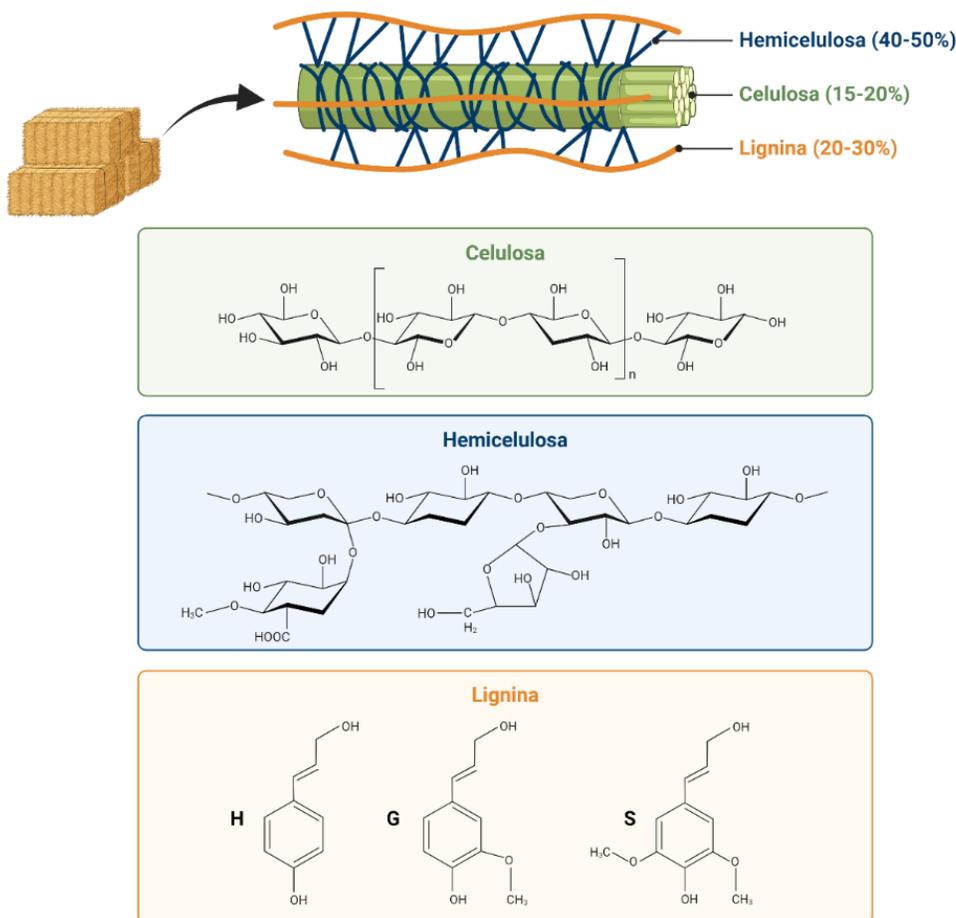
### **Características de los residuos agrícolas de cosecha**

#### *Composición*

Los residuos de cultivos se componen principalmente de celulosa (40 a 50 % en peso), hemicelulosa (15 a 25 % en peso), lignina (20 a 30 % en peso), y menor proporción por proteínas y azúcares solubles (glucosa, fructosa, *et al.*). La celulosa se presenta en forma de cadenas de microfibrillas alineadas paralelamente en la pared celular vegetal unidas por enlaces de hidrógeno entre las cadenas.



En las paredes celulares, la celulosa está rodeada por una monocapa de hemicelulosa e incrustada en una matriz de hemicelulosa y lignina, que forman una estructura tridimensional compleja y estable (Figura 1).



**Figura 1.** Composición química principal de los residuos agrícolas.

#### *Contenido nutricional*

Como biomasa rica en carbono, los residuos de cultivos contienen carbono (40%-45%) principalmente, y en mucha menor cantidad, nitrógeno (0,6%-1%), fósforo (0,45%-2%), potasio (14%-23%) y microelementos. Con ello pueden contrarrestar el desequilibrio de nutrientes en el suelo agrícola y compensar los inconvenientes de los fertilizantes inorgánicos. La tasa de liberación y el contenido de nutrientes están relacionados con las propiedades de los residuos de cultivos (relación C/N y composición química), el clima (temperatura y humedad), las condiciones del suelo (pH y contenido de agua) y el método de aplicación de los residuos de cultivos en suelo (directo e indirecto).





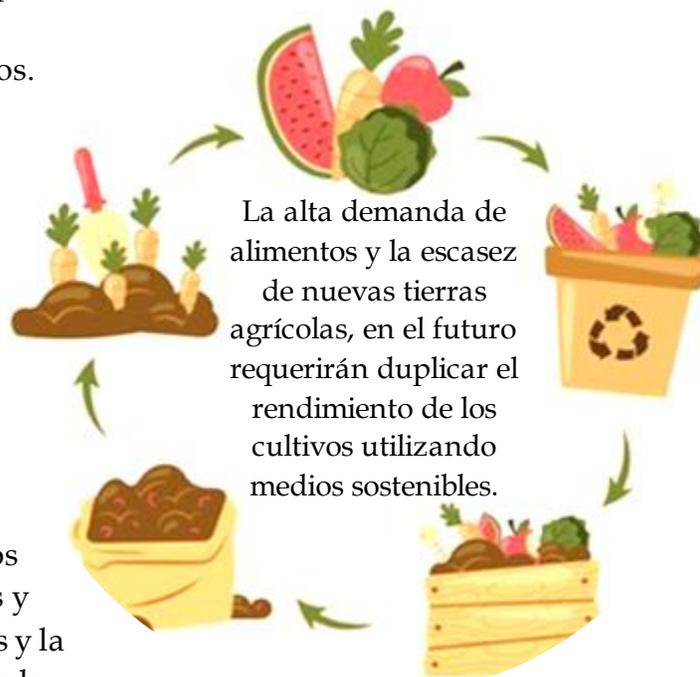
### *Estructura física*

Los residuos de cultivos tienen una estructura tubular distintiva y una pared gruesa con un peso ligero. Sus estructuras huecas están compuestas por paredes celulares y abundantes poros. Las características de la estructura de los poros incluyen principalmente área de superficie específica, volumen

de poros y distribución del tamaño de los poros.

Los diferentes tipos de residuos de cultivos tienen diferentes estructuras de poros. Por ejemplo, la paja de trigo tiene una estructura lineal de múltiples cavidades, que puede formar un puente entre los poros, lo que hace que la conectividad de la estructura de la red porosa sea más compleja. El tamaño medio de los poros es de 13.9 nm y el volumen de poros acumulado es de 0.01 cm<sup>3</sup>/g.

La densidad aparente refleja la densidad de los residuos de cultivos, que varía según los tipos y su uniformidad. Por ejemplo, los tallos huecos y la epidermis exterior de baja densidad hacen que la densidad aparente de la paja de trigo sea extremadamente pequeña. La paja de maíz también tiene una densidad aparente baja porque está compuesta principalmente de materiales sueltos. La densidad aparente de la paja de soja y los tallos de algodón es mayor debido a su estructura compactada.



### **Reincorporación de residuos para mejorar el suelo**

#### *Efecto en las propiedades físicas del suelo*

Reincorporar los residuos agrícolas puede mejorar las propiedades físicas del suelo al aumentar el contenido de humedad, disminuir la densidad aparente y aumentar la porosidad total y la estabilidad de los agregados. El retorno de residuos de cultivos puede aumentar el contenido de humedad al reducir la escorrentía superficial y la evaporación directa, mejorando la conductividad del agua saturada y la infiltración del agua. La densidad aparente puede ser un indicador de los cambios en la estructura. En un estudio en China, la incorporación de 4,500 kg ha<sup>-1</sup> de rastrojo de maíz disminuyó la densidad aparente en el perfil de un suelo agrícola.

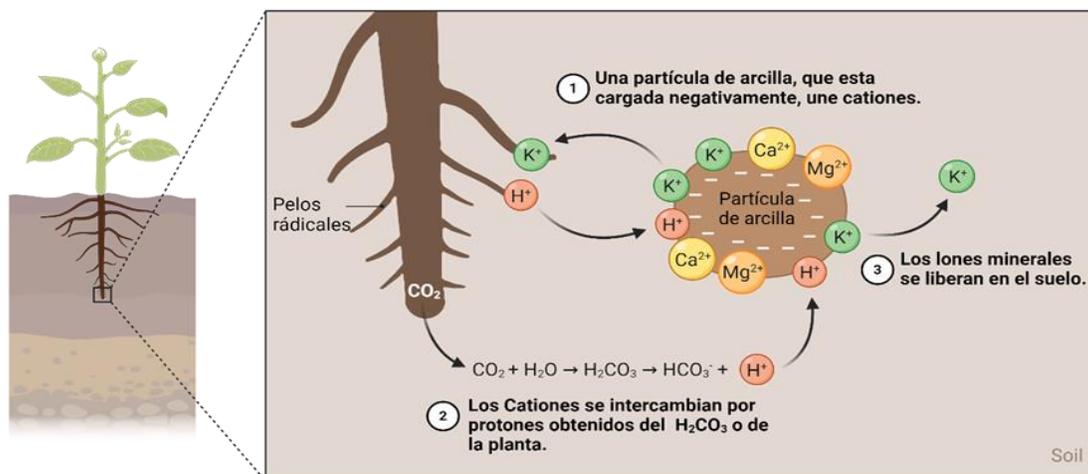


La porosidad total es una de las propiedades físicas básicas y un índice para la evaluación de la fertilidad y productividad. La porosidad aumenta cuando se mezclan los residuos de cultivos triturados mediante una remoción (arado) profunda. Los aglomerados se vuelven más grandes y estables con la entrada de residuos de cultivos, ya que estos pueden reponer materia orgánica fresca. La proporción de suelos con grandes aglomerados y aglomerados estabilizados con agua revela la capacidad sostenible del suelo.



#### *Efecto en el pH y la capacidad de intercambio catiónico*

Los residuos de cultivos pueden tener una gran influencia en el pH del suelo, especialmente aquellos suelos con baja capacidad amortiguadora. Los cambios en el pH están relacionados con el exceso de concentración de cationes, los ciclos de C y N, los tipos de residuos de cultivos y el suelo. La gestión de residuos de cultivos influye alta y significativamente en la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo. La acumulación de materia orgánica del suelo (MOS) por los residuos de cultivos puede producir más cargas negativas para aumentar la CIC (Figura 2).



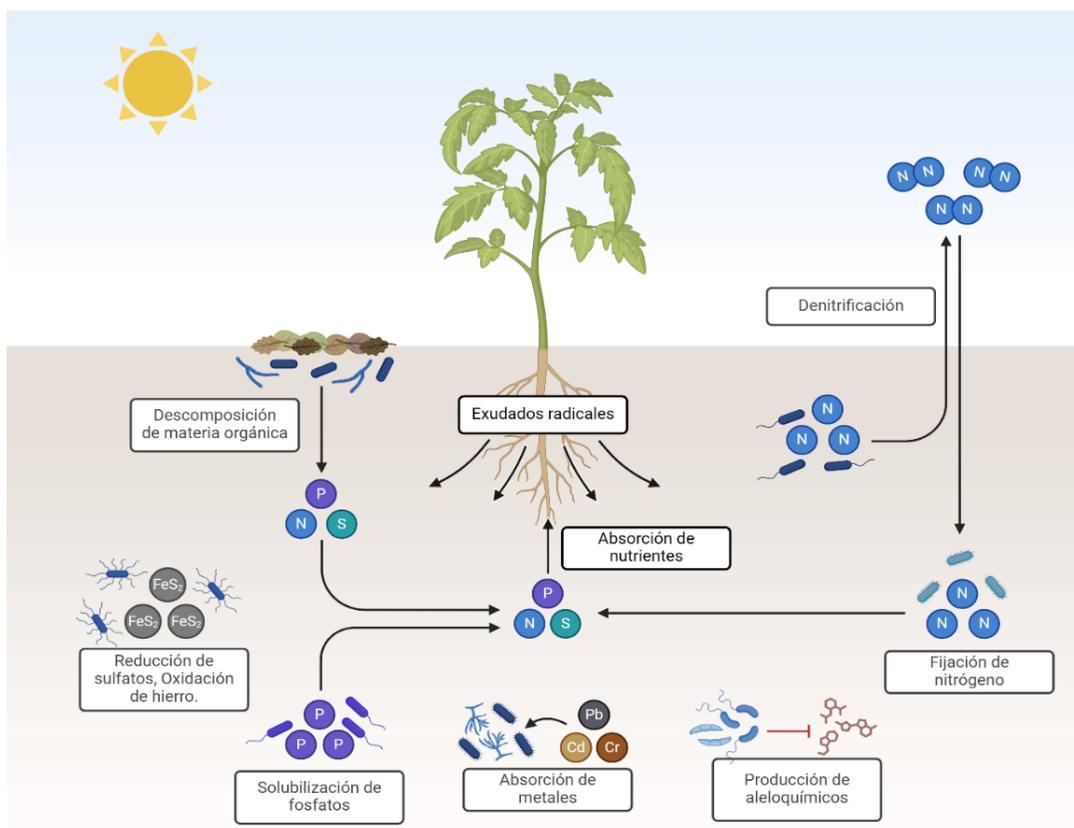
**Figura 2.** Esquema del proceso y factores involucrados en la Capacidad de Intercambio Catiónico en el suelo.

#### *Efecto en los nutrientes del suelo*

Los residuos de cultivos en descomposición se consideran componentes básicos del ciclo de nutrientes. El retorno de residuos de cultivos puede aumentar el contenido de carbono orgánico, nitrógeno, fósforo disponible y potasio en los suelos. Esos residuos contienen aproximadamente un 40% de carbono orgánico, que puede regular las propiedades del suelo y mejorar su estabilidad mediante la formación de grandes agregados.



El nitrógeno es necesario para la formación de proteínas, aminoácidos y ácidos nucleicos. El nitrógeno de los residuos de cultivos se puede transformar en amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) mediante mineralización y nitrificación. El fósforo es un elemento esencial para las reacciones energéticas y la división celular. El fósforo de los residuos de cultivos puede descomponerse en fosfato de dihidrógeno ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) y fosfato de hidrógeno ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) por microorganismos. El potasio iónico se libera fácilmente de los residuos de cultivos. El aporte de residuos de cultivos contribuye a la acumulación de potasio en el suelo (Figura 3).



**Figura 3.** Interacción planta-suelo-microorganismos.

### *Efecto aleloquímico*

Los aleloquímicos son principalmente metabolitos secundarios ligados a los residuos de cultivos, liberados por la descomposición microbiana y por la lixiviación en el suelo. Estos aleloquímicos incluyen compuestos sencillos como azúcares, iones inorgánicos, vitaminas, nucleótidos, aminoácidos y fenólicos, y compuestos complejos como polisacáridos, enzimas y otras proteínas. Los aleloquímicos liberados por los residuos de cultivos tienen efectos adversos o positivos en la próxima cosecha y/o sobre el banco de semillas en el suelo tratado.



Entre los aleloquímicos, los ácidos fenólicos (AF) son las sustancias activas más estudiadas y han sido reconocidas como sustancias alelopáticas. Existe un fenómeno común de que los AF inhiben la germinación de las semillas y el crecimiento de las plántulas durante la descomposición de los residuos de los cultivos mediante alelopatía. Los AF se pueden generar en la descomposición de lignina por algunos hongos del suelo (Fig. 3).



#### *Efecto en la actividad microbiana*

Las comunidades microbianas del suelo desempeñan un papel importante en los procesos de los ecosistemas del suelo y en el ciclo biogeoquímico de elementos básicos, como el nitrógeno y el carbono. El retorno de los residuos de cultivos puede aumentar el contenido de materia orgánica en el suelo y proporcionar un buen ambiente para el crecimiento y la proliferación de microorganismos. Estos microorganismos tales como hongos y bacterias, principalmente, intervienen en la descomposición de los residuos de cosecha, la disponibilidad de nutrientes para la planta y en procesos de remediación (adsorción de metales) (Fig. 3).

#### **Aplicaciones prácticas en campo**

En la Universidad Autónoma Chapingo, se desarrolla el proyecto “Alternativas agroecológicas orientadas a la sustitución gradual de herbicidas a base de glifosato en frutales y cultivos básicos”, en distintas regiones agroecológicas (Estado de México, Morelos y San Luis Potosí) en donde se evalúan en cultivos de maíz, aguacate y naranja; diferentes prácticas agronómicas para el manejo de arvenses. Con todos los antecedentes mencionados en este artículo, en frutales, una de las prácticas agronómicas evaluadas, desde junio del 2022 en aguacate y junio del 2024 en naranja, es la reincorporación de paja de maíz (Fig. 4).

Para ello, además de variables respuesta en los árboles, se están monitoreando variables físicas, químicas y microbiológicas del suelo. Según los comentarios personales de los productores cooperantes y los análisis preliminares, hay resultados promisorios en cuanto al manejo de arvenses y en la mejora de los suelos.



**Figura 4.** Reincorporación de paja de maíz en huerta de Cítricos en Rio Verde, San Luis Potosí como alternativa para el manejo de arvenses y mejora de la salud del suelo.



## Conclusiones

El aporte de residuos de cultivos es una forma de mejorar la calidad del suelo sin alterar su equilibrio biológico. Su incorporación con el método adecuado es beneficioso para la salud del suelo, lo que favorece el desarrollo sostenible de la agricultura.



## Literatura recomendada

Cruz, A. B., Barra, J. E., del Castillo, R. F., & Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*, 13(2), 90-97

Zhao, H., Shar, A. G., Li, S., Chen, Y., Shi, J., Zhang, X., & Tian, X. (2018). Effect of straw return mode on soil aggregation and aggregate carbon content in an annual maize-wheat double cropping system. *Soil and Tillage Research*, 175, 178-186. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.09.012>.

## Semblanzas de autores

**Tomás Rivas García.** Investigador por México comisionado a la Universidad Autónoma Chapingo. Sus líneas de investigación se orientan hacia la microbiología, inocuidad y bio-insumos agrícolas. Ha publicado numerosos artículos de divulgación y difusión en revistas nacionales e internacionales. SNII (México) nivel 1 desde 2020.

**Rita Schwentesius-Rindermann.** Profesora-Investigadora adscrita a la Universidad Autónoma Chapingo. Líneas de investigación sobre Tianguis y Mercados Orgánicos, y Certificación Orgánica Participativa. Miembro de la Academia Mexicana de Ciencias. Tiene numerosas publicaciones científicas y de divulgación. SNII (México) nivel 3.

**Benjamín Hernández-Vázquez.** Doctor en ciencias en recursos genéticos y productividad - genética. Investigador por México CONAHCYT, comisionado a la Universidad Autónoma Chapingo. Trabaja en manejo agroecológico, conservación y mejora de maíces nativos.

**Luis Enrique Vázquez-Robles.** Ingeniero en Agroecología de la Universidad Autónoma Chapingo, Técnico asesor particular en producción de aguacate y hortalizas con enfoque ecológico y manejo integral, investigador asociado Conahcyt desde 2022 a la fecha.

**Camilo Francisco Campos-Mariscal.** Ingeniero en Sistemas Ambientales por el Instituto Politécnico Nacional, investigador asociado CONAHCYT desde 2023 a la fecha.



# Los microorganismos del suelo ¿pueden vivir en una casa de carbón vegetal?

Diana Ayala-Montejo<sup>1\*</sup>  
Gabriel Ciro Quispe-Huisñay<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> CONAHCYT - El Colegio de la Frontera Sur, Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente, unidad Villahermosa, Tabasco.

<sup>2</sup> DyG Solución Bio-orgánica S.A.C, Perú.

\*Autor para correspondencia: diana.ayala@ecosur.mx

**El caso del biocarbón inoculado revela que el carbón vegetal propicia condiciones para el buen vivir de los microorganismos del suelo. El biocarbón inoculado puede considerarse como un microbioma muy práctico para propagar. Contar con microbiomas productores de nutrientes fomenta una producción de alimentos sin agroquímicos, y respetuosa con el medio ambiente y la ecología.**

## Introducción

Los microorganismos al producir sus propios alimentos proporcionan minerales esenciales para las plantas, por lo que es muy importante mantenerlos. Estos pueden disminuir sus poblaciones por la aplicación de agroquímicos, falta de humedad o procesos de compactación. Para mantenerlos requieren una buena casa, el caso del biocarbón inoculado revelará que pueden vivir en carbón vegetal.

## La gran diversidad de microorganismos del suelo

Muchos reportes indican que en el suelo existe una gran diversidad de microorganismos, algunos le llaman comunidad de organismos o biomasa microbiana. Esta comunidad está compuesta por bacterias, actinomicetos, cianobacterias, hongos y virus, las poblaciones más abundantes son las de las bacterias, hongos y actinomicetos. Las poblaciones de estos tres grupos de microorganismos pueden llegar a pesar más de 1000 gr/m<sup>2</sup> para los hongos y bacterias, mientras que los actinomicetos pueden llegar a pesar más de 300 gr/m<sup>2</sup>.



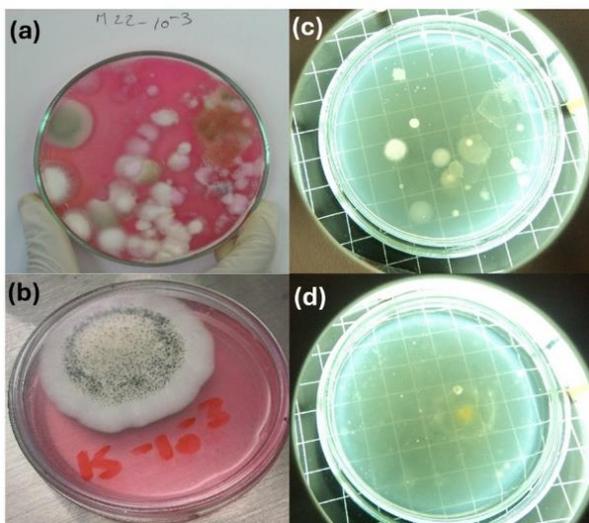


También se ha cuantificado que en un gramo de suelo pueden encontrarse más de 100 colonias de cada uno de estos microorganismos, así mismo comparan los tamaños y puntualizan la importancia. Los hongos son más grandes que las bacterias por lo que estos pueden representar mayor biomasa, hasta el 70% más que las bacterias; sin embargo, estas últimas son más abundantes y tienen más poblaciones.

La abundancia de alguno de estos grupos de microorganismos y sus especies depende de las condiciones de aireación, humedad, tipo y cantidad de alimento que proporcione el suelo. Estas condiciones son importantes para asegurar una población diversificada de microorganismos, tanto en grupo como especies dentro de los grupos.

Las comunidades de microorganismos son sensibles al manejo de los suelos, si en estos se realizan prácticas de laboreo intensivo, uso de agroquímicos y manejo de monocultivos, las poblaciones disminuyen y la diversidad se ve afectada. Esto puede ocasionar la dominancia de ciertas especies y al adaptarse a las nuevas condiciones del suelo puede convertirse en un microorganismo perjudicial para la producción de plantas.

En un suelo degradado de la amazonia peruana se pueden observar menor diversidad de colonias de hongos comparado con un suelo de bosque (Figura 1 a, b). En suelos de producción de hortalizas con bioinsumos se puede observar la gran diversidad y abundancia a diferencia de los suelos manejados con agroquímicos, para la producción de hortalizas (Figura 1 c,d).



**Figura 1.** Poblaciones de hongos en medio Martin y poblaciones de bacterias en medio de agar albúmina de huevo (a) Poblaciones de hongos de suelos de bosques de la amazonía peruana, (b) poblaciones de hongos en suelos de áreas degradadas de la Amazonía peruana, (c) poblaciones de bacterias de suelos manejados con bioinsumos para la producción de hortalizas, (d) población de bacterias manejado con agroquímicos. Fotos tomadas por el autor\*.

**Buenas condiciones de humedad, porosidad y temperatura contribuyen al establecimiento de colonias de microorganismos.**



## Los microorganismos del suelo son productores de minerales

La actividad de los microorganismos en el suelo genera procesos bioquímicos que los convierte en seres mediadores entre el mundo vivo y mineral de los suelos. Los procesos más importantes en los que participan estos organismos son la transformación de la materia orgánica, los ciclos biogeoquímicos y los ciclos de nutrientes.



Durante la transformación de la materia orgánica los microorganismos se encuentran en el mundo vivo, en este realizan reacciones metabólicas que generan minerales los cuales son esenciales para mantener la fertilidad en los suelos. Las reacciones metabólicas degradan moléculas complejas y forman el humus, este es mineralizado lentamente y libera nutrientes, principalmente nitrógeno en forma de nitratos que es soluble en agua y en esta condición puede ser consumido por las plantas. El nitrógeno es el elemento más utilizado en la producción agrícola porque estimula el crecimiento, la formación de proteínas, promueve un contenido de humedad equilibrado en los frutos y granos. El nitrógeno también es el elemento más abundante en la atmósfera, existen bacterias especializadas que pueden integrarlo al suelo y volverlo disponible para las plantas, estas son conocidas como las fijadoras de nitrógeno.

En el mundo mineral los microorganismos pueden solubilizar los minerales del suelo para volverlos asimilables para las plantas. Estos minerales se encuentran en la roca madre del suelo y tardan varios años en solubilizarse. Varias experiencias de productores consisten en coleccionar la roca madre y molerla, al polvo que se obtiene se le conoce como harina de rocas. La harina de rocas pulverizada permite que los microorganismos cuenten con condiciones ideales para que logren solubilizar los minerales y estén disponibles para las plantas en menor tiempo.

La habilidad de los microorganismos para estar en ambos mundos los convierte en excelentes productores de minerales. Esta producción depende de la calidad y cantidad disponible de fuentes de alimentos como los residuos orgánicos o vegetales, la diversidad de estos y las condiciones ambientales de luz, humedad y temperatura. El tipo y disponibilidad de alimento, así como las condiciones ambientales condicionan la calidad del ambiente o casa en la que prefieren vivir los microorganismos y realizar sus actividades de producción de minerales.



### El carbón vegetal, la casa codiciada por los microorganismos

El carbón vegetal es un material muy poroso, ligero, estable y resistente a la degradación. Está compuesto por hidrógeno, oxígeno y carbono en mayor porcentaje.

Los poros, la estabilidad del carbón y contenido de carbono fijo, dependen del proceso de pirólisis con que se produce el carbón. La pirólisis o conocida también como combustión lenta, consiste en hornear los residuos vegetales a temperaturas elevadas entre 500 - 700 °C y escaso oxígeno. Las condiciones de

temperatura y oxígeno permiten obtener un carbón sin materiales volátiles los cuales son tóxicos, es decir se asegura una casa limpia.

Las investigaciones sobre el establecimiento de comunidades de bacterias y hongos en carbón vegetal muestran que mejora la abundancia. Algunos esfuerzos por identificar revelan que las comunidades se conforman por microorganismos benéficos. Los que se presentan con mayor abundancia son las de los géneros *Acidobacter*, *Firmicutes*, *Basidiomycota*, *Mortierellomycota* y a nivel molecular identificaron además los géneros *Gemmatimonadetes*, *Microtrichales*, *Candidatus kaiserbacteria* y *Pyrinomonadaceae*, todos son géneros benéficos y que promueven el crecimiento de las plantas y el ciclo de nutrientes en el suelo.

La abundancia y diversidad de las comunidades de microorganismos que se pueden albergar en el carbón vegetal hay que tomarlo con mucha responsabilidad. El carbón también es una casa muy codiciada por otro tipo de microorganismos y un pequeño desbalance de la disponibilidad y calidad de alimento que se brinde en campo definitivo, podría propiciar la dominancia de colonias de microorganismos no deseados.

Los estudios indican que se debe aplicar el carbón vegetal conocido como biocarbón o biochar en proporciones adecuadas y como enmiendas, sin embargo, existen experiencias de los propios productores que es necesario inocular.

**La diversidad y  
abundancia de  
microorganismos  
disminuyen cuando los  
suelos son tratados con  
agroquímicos y  
monocultivos.**



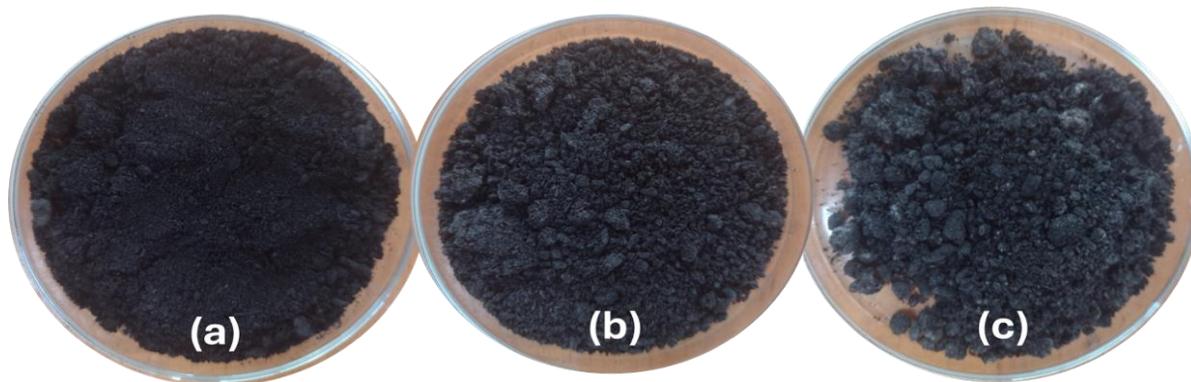
**El biocarbón  
inoculado es una  
alternativa para  
proporcionar  
minerales a las  
plantas de una  
manera sostenible**

El biocarbón con microorganismos propios de los suelos antes de ser aplicados. Estas experiencias son aportes importantes puesto que garantiza la aplicación de un biocarbón enriquecido y con comunidades de microorganismos benéficos.

El biocarbón enriquecido revela que la casa debe ir con habitantes establecidos. Estos habitantes corresponden a comunidades de microorganismos que tienen una buena convivencia y pueden trabajar armoniosamente en la producción de minerales para las plantas.

### **La experiencia de construir una casa ideal para los microorganismos**

El tipo de residuos vegetales influye en la calidad de carbón. La experiencia de comparar materiales lignificados como troncos, fustes o ramas principales de árboles, con materiales de poda de árboles maderables, y ramas de podas de frutales muestra que los microorganismos prefieren carbón de materiales jóvenes o poco lignificados. El proceso de colonización de los microorganismos se puede visualizar con mayor abundancia en carbón de ramas de frutales (Figura 2).



**Figura 2.** Diferencias de colonización de poblaciones de microorganismos por tipo de material. (a) material lignificado, fuste o tronco de árboles madereros, (b) material de ramas jóvenes y desperdicios de podas de árboles madereros, (c) material de ramas de frutales. Imágenes tomadas por el autor\*.

Estos resultados cualitativos muestran el potencial de usar residuos vegetales de la producción agrícola y las actividades silvícolas de plantaciones forestales. El uso de fuste o madera no es recomendable, su valor es considerado para otro tipo de productos y el fin de promover el biocarbón es contribuir a reciclar los residuos orgánicos que se generan en los agroecosistemas.



## Conclusiones

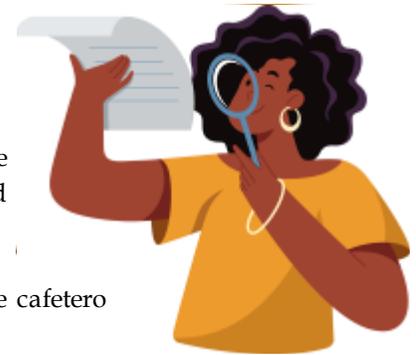
Aún falta mucho por descubrir sobre el tipo de materiales vegetales que propician condiciones ideales para que se establezcan las comunidades de los microorganismos. Hasta el momento se conoce el potencial nutricional del biocarbón inoculado con microorganismos, por lo que podemos confirmar que el biocarbón promueve la propagación de microbiomas, esto nos invita a reflexionar acerca de contar con una gran casa para conservar microorganismos. En algunos países asiáticos han reportado la importancia del biocarbón inoculado para remediar suelos manejados con agroquímicos y pesticidas. En México diversos programas promueven la producción de alimentos sin glifosato, sin agroquímicos, por lo que el biocarbón inoculado podría contribuir a generar estrategias accesibles, viables, apropiables, y respetuosas con el medio ambiente, la ecología y la sociedad.

## Literatura recomendada

Ludeña, M.E.; Cardozo, E. de J. & Carranza, M.E. (2020). Utilización de hornos metálicos transportables para carbonización: carbotambor. *Quebracho (Santiago del Estero)*, 28 (1,2): 100 - 111.

Osorio-Vega, N. W. (2009). Microorganismos del suelo y su efecto sobre la disponibilidad y absorción de nutrientes por las plantas. En Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelos & Centro Nacional de Investigaciones de Café (Eds.), *Materia orgánica biología del suelo y productividad agrícola: Segundo seminario regional comité regional eje cafetero* (pp. 43-71). Cenicafé. [https://doi.org/10.38141/10791/0003\\_3](https://doi.org/10.38141/10791/0003_3)

Utkarsh, K., Thakur, N., & Shukla, S. K. (2023). Biochar: a feasible and visible solution for agricultural sustainability. *Arabian Journal of Geosciences*, 16(4), 239.



## Semblanzas de autores

**Dra. Diana Ayala Montejo.** Ingeniera Forestal y Maestra en Ciencias del Suelo, ambos por la Universidad Nacional Agraria la Molina, Perú. Doctora en Ciencias en Agricultura Multifuncional para el desarrollo Sostenible por la UACH, México. Investigadora por México - Conahcyt - ECOSUR- Villahermosa. SNI: Candidata, miembro del Sistema Estatal de investigadores - CCYTET.

**Ing. Gabriel Ciro Quispe Huisñay.** Ingeniero forestal por la Universidad Nacional Agraria la Molina, Perú. Subgerente en D y G Solución Biorgánica S.A.C encarga do en la producción, validación de bioinsumos en sistemas agroforestales (SAF) con cacao y SAF con sacha inchi.





El Comité Editorial de **Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente** y la Mesa Directiva de la SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A. C., felicitan al Dr. Bernardo Murillo Amador, Editor en Jefe de la revista **Terra Latinoamericana**, y a todo su Comité Editorial por la inclusión de esta revista en el Journal Citation Reports™, obteniendo así su primer Factor de Impacto luego de 41 años de edición.

**Felicitaciones!**



**TERRA**  
Latinoamericana



Luego de 62 años de la fundación de la SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A. C. y 41 años del lanzamiento de la revista **Terra Latinoamericana**, esta consigue su primer factor de impacto en el Journal Citation Reports™.

Envía tus contribuciones científicas a la revista **Terra Latinoamericana**, órgano de difusión de la SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A. C.

**Terra Latinoamericana** es de publicación continua y publica artículos científicos originales de interés para la comunidad de la ciencia del suelo y agua.

**TERRA**  
Latinoamericana



ISSN Electrónico 2395 - 8030

<https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra>



**LA SOCIEDAD MEXICANA DE LA  
CIENCIA DEL SUELO A.C.**



**y la Universidad Autónoma de Chihuahua  
te invitan a participar en el**



**48° Congreso Mexicano de la  
Ciencia del Suelo**



**y 2nd International Conference on  
Soil Sustainability and Innovation**

*"Suelos Sanos y Resilientes para el  
Desarrollo Sostenible"*

**DEL 14 AL 18 DE OCTUBRE DE 2024**



**Universidad Autónoma  
de Chihuahua**



Sitio web del #48CMCS





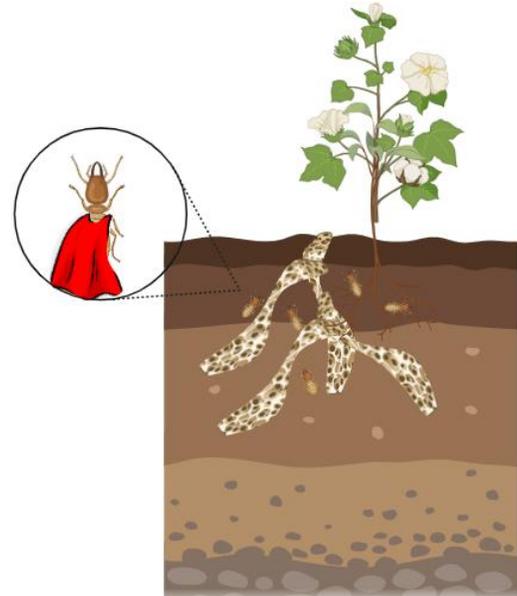
## Termitas, las constructoras silenciosas

Karla Vanessa Bueno-Nájera\*  
Liliana Alejandra Álvarez-Yáñez  
María Fernanda Gaytán-Sánchez  
Víctor Hugo Tovar-Rivera

Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.

\*Autor para correspondencia: [karlaV041@outlook.com](mailto:karlaV041@outlook.com)

¿Crees que las termitas solo existen para dañar la madera? ¡Pues no es así! Estos pequeños insectos son superhéroes silenciosos, habitan en zonas tropicales como Australia, África y América del Sur. Con sus túneles promueven el crecimiento de las plantas, haciendo mucho más de lo que imaginas por nosotros y el ecosistema.

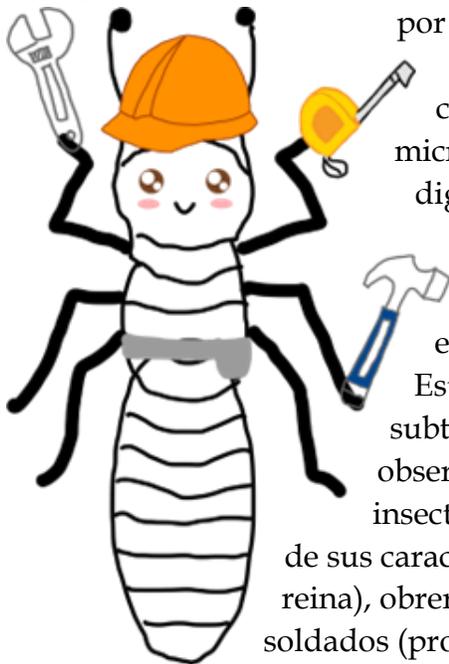


### Introducción

Las termitas son insectos invertebrados, su dieta se basa en el consumo de celulosa que proviene de madera, dependiendo del tipo de madera, será la especie de la termita, algunas prefieren la madera húmeda y otras la seca. Cuentan con un cuerpo constituido

por la cabeza, el tórax y el abdomen. El abdomen, segmentado en 10 partes, cumple el rol de digerir la celulosa, para poder metabolizarla dependen de microorganismos (grupo *Trichonymphida*) de su sistema digestivo para descomponer la celulosa en nutrientes que puedan absorber.

Se caracterizan por ser un grupo biológico social, viven en colonias muy grandes de hasta un millón de termitas. Estos nidos pueden construirse en árboles, suelos o subterráneamente y en forma de montículos, que se pueden observar gracias a la elevación del suelo. Las termitas son insectos que, al ser adultas, se dividen en castas dependiendo de sus características físicas. Estos pueden ser: reproductores (rey y reina), obreras (encargadas de buscar alimento y almacenarlo) o soldados (protegen la colonia de amenazas externas).





La dispersión de las termitas ocurre por factores como los vuelos nupciales, que consisten en termitas aladas que emergen del nido y vuelan buscando una pareja, por lo que puedan arribar en zonas y establecer nuevas colonias; otro factor es el transporte humano, la madera y otros materiales de celulosa infestados, y pueden transportarse a diversas áreas, facilitando la propagación de estos insectos.

### Desarrollo

La contribución de las termitas a la restauración del suelo es extensa, mantienen la salud y fertilidad del suelo, beneficiando al ecosistema. Aunque se les considera enemigas del ser humano, su importancia va más allá de esta visión, así que se profundizará en el papel esencial de estos seres vivos.

### Percepción de las termitas

Las termitas se suelen tratar negativamente por su impacto económico y estructural en áreas urbanas y rurales, estos insectos son una plaga importante por su capacidad de dañar significativamente viviendas, edificios, y estructuras de madera, lo cual resulta en reparaciones costosas, por lo que genera malestar y preocupación entre los propietarios, quienes suelen recurrir a la fumigación como solución inmediata. Sin embargo, es importante reconocer que, en los ecosistemas, las termitas desempeñan un papel crucial en el desarrollo del suelo.

Estos insectos son "súper héroes" ecológicos debido a su papel crucial en los ecosistemas. Descomponen madera muerta, reciclando nutrientes que enriquecen el suelo y apoyan el crecimiento de plantas. Sus túneles mejoran la estructura del suelo, facilitando la penetración de agua y oxígeno, y previniendo la erosión. Además, al ser fuente de alimento para diversas especies, fomenta la biodiversidad. Contribuyen al ciclo del carbono al descomponer madera y liberar gases atmosféricos. Su avanzada organización social las convierte en "súper organismos", esenciales para la salud ambiental.

***Las termitas, son seres sociales que viven en colonias, por lo que se les reconoce como las ingenieras del suelo. Su habilidad para descomponer la celulosa de la madera enriquece el suelo con nutrientes esenciales.***





## Descomposición de materia orgánica

Estos insectos desempeñan un papel fundamental en la descomposición de la materia vegetal, consumiendo y desintegrando una parte significativa de esta, especialmente madera y celulosa. Además, pueden mantener una atmósfera húmeda en sus colonias, independientemente del clima ambiental, mediante conductos de ventilación que permiten el flujo de aire.

Las termitas intervienen en el ciclo de nutrientes del suelo a través de la despolimerización, rompiendo moléculas grandes y difíciles de degradar para convertirlas en moléculas más simples que el microbiota puede mineralizar. Este proceso enriquece el suelo con nutrientes esenciales, aumentando su fertilidad y salud.

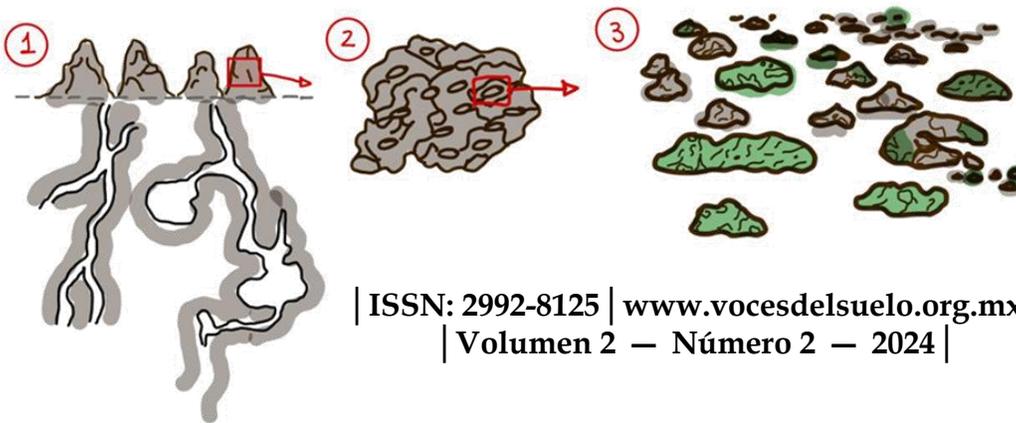
## Restauración de suelos mediante bioturbación

Se entiende como bioturbación a la mezcla, reorganización y alteración de los sedimentos o suelos causada por la actividad de organismos vivos.

Las termitas al construir sus nidos en forma de montículos, causa bioturbación, obteniéndose como resultado la formación y mejora de la retención del agua en el suelo, que es beneficioso en periodos de sequía.

El proceso de bioturbación por las termitas se lleva a cabo de la siguiente manera:

1. Mezcla de capas del suelo  
Al moverse y excavar en el suelo, contribuyen a la mezcla de diferentes capas del suelo, por lo que puede homogeneizar las propiedades del suelo, optimizando su estructura.
2. Incremento de la porosidad  
Los túneles hechos por termitas aumentan la porosidad del suelo, facilitando la circulación del aire, la infiltración del agua y el crecimiento de raíces y microorganismos.





### 3. Influencia en la biodiversidad del suelo

Al modificar el suelo, influye en la biodiversidad del suelo, brindando condiciones adecuadas para la colonización, crecimiento y desempeño de otros organismos. Al construir un montículo las termitas crean microhábitats específicos que pueden ser colonizados por diversas especies de organismos del suelo, incluidos hongos, bacterias, nematodos y otros invertebrados.

### Infiltración de agua

A través de la creación de sus galerías subterráneas, las termitas facilitan la penetración del agua en el suelo. Además, cuando los montículos de termitas se rompen o secan, liberan nutrientes que benefician a las plantas cercanas. La presencia de estos insectos influye en el flujo del agua, la distribución de nutrientes y la formación del suelo.

### Islas fértiles

Las colonias de termitas cuentan con una mayor concentración de materia orgánica y una mejor retención de humedad. Estos montículos modifican la estructura del suelo, mejorando la disponibilidad de agua y acumulando nutrientes, promoviendo así la diversidad microbiana, vegetal y en la mesofauna. La descomposición de montículos suele ocurrir por factores

como la lluvia, viento u otros procesos físicos, cuando esto

sucede, se enriquecen las áreas que lo rodean, convirtiéndose en puntos críticos para la regeneración del ecosistema, a su vez promoviendo la estabilidad ecológica en el ecosistema.

Ciertas características hacen a un suelo más susceptible a la restauración por termitas. El ecosistema ideal es el semiárido, con características secas y húmedas. El suelo debe tener una mezcla de arcilla y partículas minerales grandes, como arena o limo, para permitir la construcción de montículos. La precipitación es crucial para el crecimiento de la vegetación sobre los montículos y para que las plantas aprovechen los túneles excavados por las termitas.

*Las colonias, al poseer una mayor concentración de materia orgánica, aportan a la diversidad vegetal y se da origen a lo que se conoce como "islas fértiles". A pesar de su mala reputación, se debe reconocer la esencialidad de las termitas en la restauración del suelo, destacando la importancia de su protección.*





Los montículos construidos por las termitas desempeñan un papel crucial en la prevención de la desertificación en ecosistemas semiáridos. Las termitas proporcionan un refugio húmedo para la vegetación en y alrededor de sus montículos, lo que permite que estas áreas sean más resistentes a la desertificación. Por otro lado, los montículos conservan semillas y plantas, facilitando la recuperación de la vegetación después de periodos de sequía. observaron que los patrones de crecimiento de las plantas en las cercanías de los montículos de termitas se asemejan a etapas importantes en la transición de áreas semiáridas a desiertos. Esto sugiere que los montículos podrían estar contrarrestando el avance de la desertificación, proporcionando un entorno más propicio para la vida vegetal. Como este ejemplo, hay muchos; de cómo las termitas a pesar de tener una muy mala reputación son esenciales para la restauración del suelo. Es importante mencionar que estos insectos están contribuyendo significativamente a la salud y a la resiliencia de los ecosistemas afectados por la sequía y la desertificación. Entonces, cuando te hablen de nuevo de esta especie tendrás algo muy bueno que decir sobre ellas



## Conclusiones

El conocimiento sobre la aportación de las termitas en la restauración del suelo nos permite conocer otra perspectiva del papel de este peculiar grupo biológico. Aunque es limitada la información sobre el desempeño de las termitas en la reparación de ecosistemas, por ende, es importante el estudio de las variables que afectan el desempeño de estos organismos en nuestro planeta. Más allá de ser consideradas plagas, las termitas son organismos esenciales y únicos para los ecosistemas, especialmente en entornos semiáridos y áreas propensas a la desertificación, son consideradas como las “ingenieras del suelo” por la capacidad que tienen de modificar el suelo a su favor para lograr sobrevivir y restaurar la vegetación en su entorno. Al conocer otro punto de vista más completo, se puede cambiar la percepción de este organismo y reconocer la necesidad de conservar estas especies.





### Literatura recomendada

Bonachela, J. A., Pringle, R. M., Sheffer, E., & Coverdale, T. C. (2015). Termite mounds can increase the robustness of dryland ecosystems to climatic change. *Science*, 347(6222), 597-651.

Jouquet, P., Traoré, S., Choosai, C., Hartmann, C., & Bignell, D. (2011). Influence of termites on ecosystem functioning. *Ecosystem services provided by termites. European Journal of Soil Biology*, 47(4), 215-222.

López-Hernández, D. (2003). La actividad de la macrofauna (termitas y oligoquetos) en los suelos de sabana. *Venesuelos*, 11(1-2), 15-25.

### Semblanzas de autores

**Karla Vanessa Bueno Nájera.** Estudiante de Ingeniería Ambiental en la Universidad Autónoma de Nuevo León. Según su propio testimonio, el vivir en una ciudad (NL) que necesita más zonas verdes y que está bajo condiciones ambientales críticas, la inspiraron a querer redactar este artículo y buscar soluciones naturales que causen un impacto mínimo a problemas grandes.

**Liliana Alejandra Alvarez Yañez.** Estudiante de la carrera Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ciencias Químicas en la UANL, mi objetivo es aportar a la búsqueda de un mundo más sostenible y colaborar en la difusión de temas ambientales en la sociedad.

**María Fernanda Gaytán Sánchez.** Estudiante de la Facultad de Ciencias Químicas, cursando la carrera de Ingeniería Ambiental. Me entusiasma poder lograr que la gente vea la naturaleza y lo que ésta ofrece desde mi punto de vista y me esfuerzo en lograrlo cada día.

**Víctor Hugo Tovar Rivera.** Estudiante de Ingeniería Ambiental en la Facultad de Ciencias Químicas (UANL), apasionado en temas sobre procesos de tratamiento de agua y residuos, así como la legislación ambiental.



**Terra Latinoamericana,**  
revista científica de la  
**Sociedad Mexicana de la**  
**Ciencia del Suelo A.C., se**  
incluye en el **Journal Citation**  
**Reports™** y obtiene su  
primer **Factor de Impacto**  
luego de **41 años de edición.**





## Levaduras, ¿aliadas en cultivos agrícolas?

Jesús Campos García<sup>1</sup>  
David García Hernández<sup>2</sup>  
Jorge Arturo Mejía-Barajas<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Edificio B-3, Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán, México, CP. 58030

<sup>2</sup> Carrera de Biotecnología de la Universidad Tecnológica de Morelia, Av. Vicepresidente Pino Suárez 750, ciudad, Industrial, Morelia, Michoacán, CP. 58200

\*Autor para correspondencia: jorge.mejia@ut-morelia.edu.mx; Cel: +52-443-131-55-52

**En el presente artículo se sugiere el empleo de levaduras como aliadas de la agricultura en el control biológico de plagas, promoción de crecimiento vegetal e incluso en la biorremediación de contaminantes, promoviendo la reducción del uso de químicos.**

### Introducción

Recientemente se han publicado estudios sobre levaduras principalmente de los géneros *Candida*, *Aureobasidium*, *Debaryomyces*, *Kluyveromyces*, y *Rodotorula*, que presentan capacidades de biocontrol de microorganismos patógenos, promoción del crecimiento vegetal e incluso de biorremediación, comparables a las bacterias *Azospirillum*, *Bacillus* y *Rhizobium*, los cuales han sido históricamente utilizadas en la sustitución de plaguicidas y fertilizantes químicos que suelen acumularse en el suelo, agua, plantas o frutos, y que terminan siendo ingeridos por diferentes organismos como el ser humano.

### Levaduras

Las levaduras son un grupo de microorganismos presentes de forma natural en las superficies de frutas y verduras, y mundialmente son conocidas por su aplicación en la industria alimentaria, desde la antigüedad se han utilizado para procesos de elaboración de cerveza y pan debido a que no suelen producir metabolitos secundarios tóxicos. Actualmente el uso de estos microorganismos se ha extendido a diferentes áreas biotecnológicas, como se puede observar en la Figura 1.



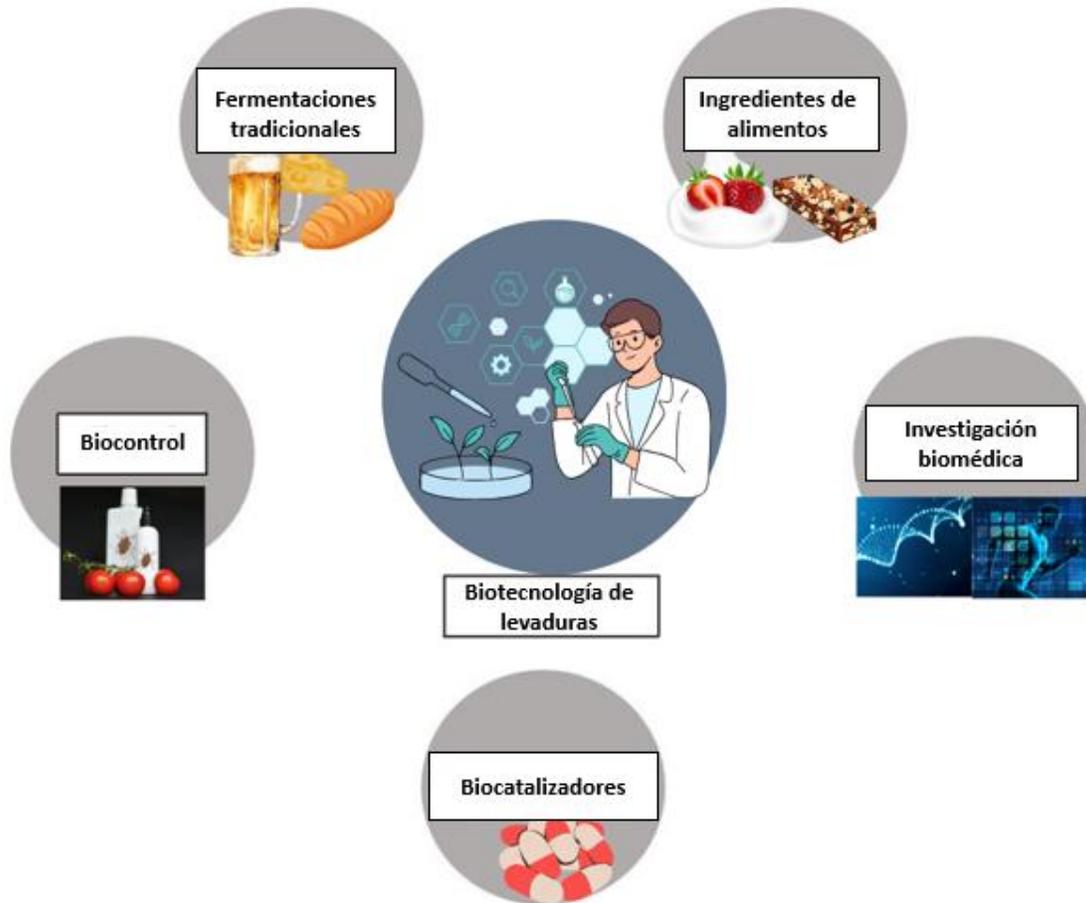


Figura 1. Aplicaciones biotecnológicas de levaduras.

Las levaduras son un grupo de microorganismos presentes de forma natural en las superficies de frutas y verduras

Recientemente el estudio y aplicación de las levaduras en beneficio de las plantas se ha incrementado, debido a que éstas presentan una amplia distribución en ecosistemas terrestres, encontrándose en el suelo durante la descomposición de restos vegetales, en el reciclaje de nutrientes y biodegradación de hidrocarburos, así como en asociación simbiótica con diferentes plantas.



## Levaduras para biocontrol

Con el objetivo de proteger los cultivos agrícolas y reducir el uso de productos fitosanitarios de síntesis química, se ha promovido el control biológico mediante microorganismos, a lo que se conoce como biocontrol; no obstante, hoy en día, sólo se utiliza en el 5% de los cultivos. El biocontrol pretende generar un equilibrio entre las poblaciones de microorganismos presentes en las plantas mediante la competencia por nutrientes y espacio así como por la producción de toxinas, enzimas o compuestos orgánicos volátiles.

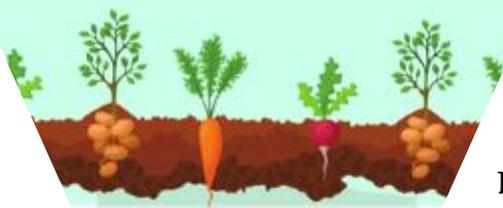
Las levaduras son un candidato prometedor debido a su capacidad para producir enzimas ( $\beta$ -1,3-glucanasa), inhibidores volátiles y metabolitos antifúngicos, además de presentar un crecimiento más

rápido que los hongos filamentosos, que permite la colonización de plantas o frutos y generar una biopelícula protectora. La propagación de levaduras en manzanas para evitar la invasión de larvas de *Cydia pomonella*, se ha estudiado como un método de protección y control, mientras que la producción de compuestos volátiles de levaduras *Hanseniaspora uvarum*, se emplean en trampas de la mosca del vinagre.

Actualmente se evalúa el efecto de levaduras para el control de microorganismos patógenos tales como *Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera triticiprepentis* y *Septoria tritici*, los cuales generan enfermedades como la mancha parda o amarilla en el trigo.



El estudio y aplicación de las levaduras en beneficio de las plantas se ha incrementado



## Levaduras como promotoras del crecimiento vegetal

Mediante mecanismos directos o indirectos los microorganismos bioestimulantes, mejoran la eficiencia nutricional y contribuyen principalmente en el crecimiento vegetal.



De las levaduras promotoras del crecimiento vegetal (LPCV) que son capaces de aumentar el número de hojas, área foliar y concentración de clorofila, destacan los géneros de *Candida*, *Rhodotorula*, *Debaryomyces* y *Cryptococcus*, los cuales se han aislado del suelo que rodea las raíces (rizósfera), así como de las partes aéreas de las plantas (filósfera) de cultivos como el maíz y el trigo. Las LPCV pueden colonizar partes de las plantas y modular la producción de fitohormonas como el ácido indolacético, giberelinas y citoquininas, y en condiciones de sequía y alta salinidad promover el contenido de agua y reducir el estrés oxidativo en las plantas (Figura 2).

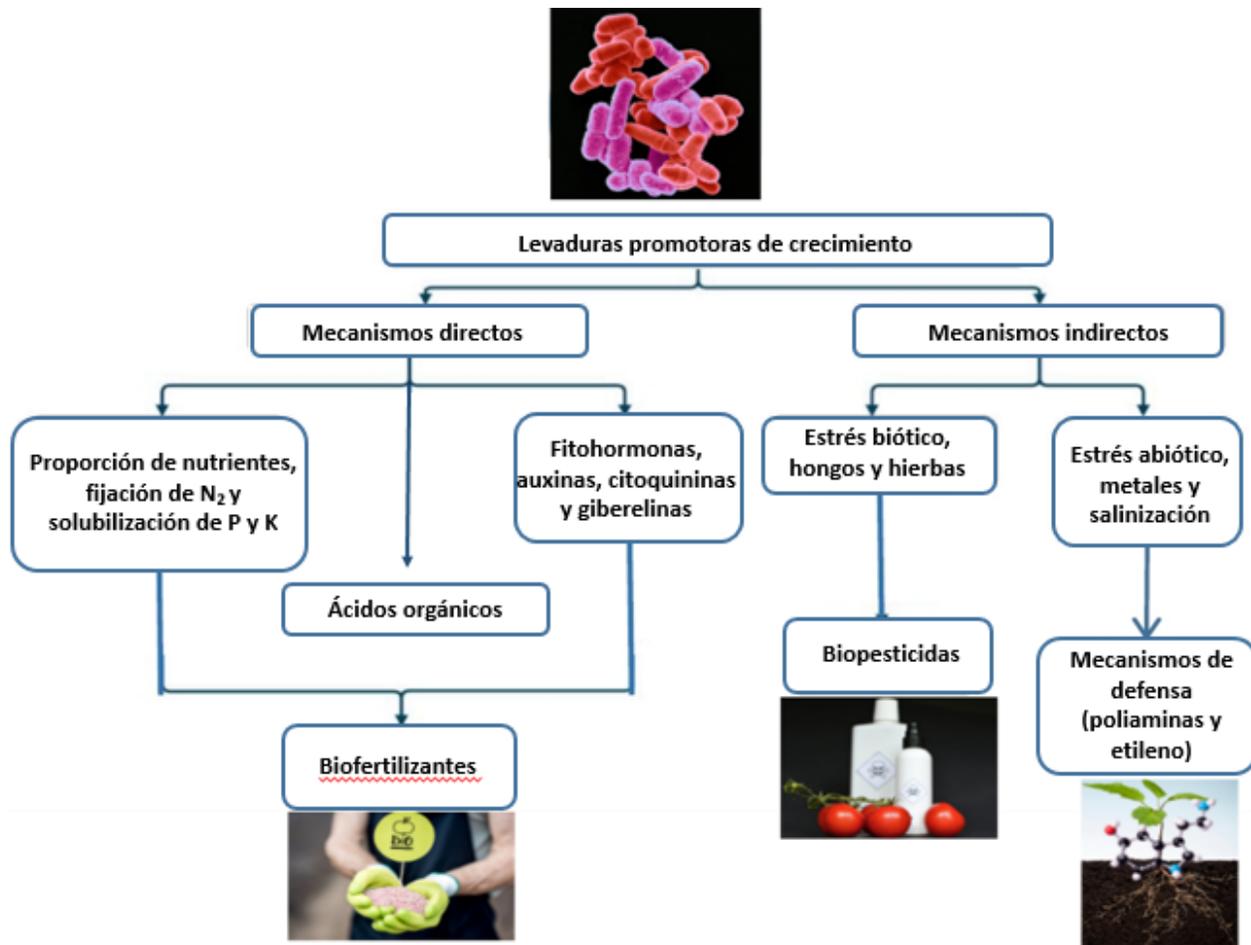


Figura 2. Mecanismos de promoción de crecimiento de plantas por levaduras.



El contacto de las levaduras con las plantas puede ser a través de semillas, raíces, follaje o suelo. En comparación con el uso de bacterias y hongos micorrízicos, el uso de levaduras PCV es de reciente investigación, por lo que se desconoce con precisión como colonizan el interior de las plantas (endófitas) y estimulan el crecimiento vegetal.

### Levaduras en la producción de biofertilizantes

Para un crecimiento saludable las plantas necesitan de nutrientes tales como nitrógeno, fósforo y potasio, los cuales generalmente son suministrados mediante fertilizantes sintéticos. Los biofertilizantes han reducido el uso de fertilizantes sintéticos en un 30% aumentando el rendimiento de los cultivos hasta en un 40%. Los biofertilizantes son productos orgánicos elaborados con inoculantes microbianos (Figura 3), que mejoran la eficiencia nutricional de las plantas al aumentar su contenido de proteínas, aminoácidos y vitaminas.

Las levaduras presentan potencial como biofertilizantes al estimular la actividad de la microflora del suelo y aumentar la biodisponibilidad de nutrientes para las plantas degradando la materia orgánica compleja. Los principales géneros de levaduras ya empleados comercialmente para tales fines son *Candida*, *Geotrichum*, *Rhodotorula*, *Saccharomyces* y *Williopsis*.



Figura 3. Biofertilizantes.

**Terra Latinoamericana,**  
revista científica de la  
Sociedad Mexicana de la  
Ciencia del Suelo A.C., se  
incluye en el Journal Citation  
Reports™ y obtiene su  
primer Factor de Impacto  
luego de 41 años de edición.





### Biorremediación por levaduras

La biorremediación que consiste en la recuperación de un medio ambiente mediante el uso de diferentes microorganismos, sin duda es una condición necesaria para el mantenimiento de la salud y producción de cultivos, ya que la biodiversidad microbiana en los suelos se ha visto severamente afectada por el uso de plaguicidas y herbicidas que contienen compuestos como glifosato que se acumula tanto en el suelo, como en plantas y organismos. La restauración de la biodiversidad de estos suelos se ha observado al asimilar diversos compuestos como es el caso de la levadura *Solicoccozyma terricola* que degrada el glifosato, y una cepa de *P. kudriavzevii* que actúa sobre la atrazina presente en herbicidas.

### Retos para superar para el uso de levaduras en cultivos agrícolas

Como es posible apreciar, se han logrado avances en la aplicación benéfica de levaduras en cultivos de plantas, sin embargo, aún existe una serie de condiciones por superar, tales como un reducido número de cepas de levaduras identificadas, alto costo de producción y una baja potencia comparada con agroquímicos.

Por otra parte, debido a que el método de inoculación de las levaduras suele depender de la planta huésped, entre otros factores, es necesario la capacitación de personal para tales funciones, ya que una vez aplicadas las levaduras pasan por una fase de adaptación que les ocasiona un estrés que puede disminuir la actividad benéfica hasta causar su muerte.

Para superar las condiciones mencionadas se ha propuesto el aislamiento y reproducción de levaduras autóctonas de la región para evitar la fase de adaptación, resultando en una mejor y mayor reproducción, aumentando las propiedades de las levaduras y reduciendo los costos de producción.

El desarrollo, producción y comercialización de productos derivados de microorganismos que reduzcan el uso de agroquímicos, es una necesidad



Aunado a esto, es posible llevar a cabo una estimulación de las levaduras benéficas mediante la adición de nutrientes, combinación de diferentes cepas, manipulación fisiológica y desarrollo de formulaciones que contribuyan a la aclimatación metabólica de la levadura después de su aplicación. Además de lo antes descrito, es importante tener presente que dentro del numeroso grupo de levaduras, existen algunas que pueden llegar a ser patógenas tanto para animales como para plantas (figura 4), en tal caso conocidas como levaduras fitopatógenas que pertenecen principalmente a los géneros *Saccharomycotina*, *Protomyces* y *Taphrina*.



**Figura 4.** Daños en hojas y frutos de almendro generados por la levadura *Taphrina*.  
Fotografía tomada por Gonçal Barrios i Sanroma.

### Conclusiones

Las levaduras cuentan con un amplio potencial para el biocontrol, bioestimulación, biofertilización e incluso biorremediación del campo donde se encuentran los cultivos agrícolas, sin embargo, los productos derivados de levaduras se encuentran en una fase temprana de investigación y desarrollo, por lo que es fundamental conocer y comprender sus características fisiológicas e interacción con plantas, con el fin de desarrollar cepas de levaduras rentables, económicas y eficientes, que favorezcan la producción de cultivos agrícolas y participen en la recuperación y conservación del medio ambiente.

### Literatura recomendada

Feijoo M., A. L. 2016. Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Científica Agroecosistemas*, 4 (2), 31-40.



Senés-Guerrero, C., Guardiola-Márquez, C., & Pacheco-Moscoa, A. 2019. Evaluación de biofertilizantes a base de microorganismos y lixiviado de vermicomposta en cultivos de interés económico en México. *Agro Productividad*, 12(3), 53-61.

### Semblanzas de autores

**Dr. Jesús Campos García.** Profesor-Investigador del laboratorio de Biotecnología Microbiana (desde 2003) del Instituto de Investigaciones en Química Biológica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. Es autor de más de 90 artículos en revistas indexadas y revisadas por pares. Recibió el Premio Nacional para Jóvenes Investigadores en 1998, de la Academia Mexicana de Ciencias (AMC)

**D.C. David García Hernández.** Ex subdirector de la Carrera de Biotecnología de la Universidad Tecnológica de Morelia, en donde actualmente es Profesor de Tiempo Completo.

**Dr. Jorge Arturo Mejía-Barajas.** Profesor de la Universidad Tecnológica de Morelia e Investigador Estatal por el Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán. Fue Miembro del Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT e Investigador Asociado al Centro de Innovación y Desarrollo Agroalimentario de Michoacán A.C.



Envía tus contribuciones científicas a la revista **Terra Latinoamericana**, órgano de difusión de la SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A. C.

**Terra Latinoamericana** es de publicación continua y publica artículos científicos originales de interés para la comunidad de la ciencia del suelo y agua.

**TERRA**  
Latinoamericana





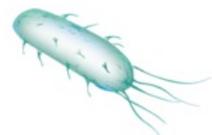
# Molibdeno y Cobalto en la fijación biológica del Nitrógeno

Francisco de Jesús Reyes Sánchez  
Dalia Edith Luna Muñoz

## 1 Nitrógeno atmosférico

N<sub>2</sub>

El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento vegetal. A pesar de ser el gas de mayor concentración en la atmósfera (78%), no es asimilable por las plantas, por lo tanto, es deficiente.



## 2 Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN)

Solo algunos grupos de bacterias y arqueas realizan la reducción de N<sub>2</sub> a formas asimilables: iones de amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) o nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y la fijación de este gas al suelo. A este proceso se le conoce como Fijación Biológica del Nitrógeno.



## 5 Molibdeno

El Mo es el cofactor esencial para las enzimas nitrogenasa y nitrato reductasa. Ambas responsables de convertir el nitrógeno (N<sub>2</sub>) en nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) luego nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) y finalmente amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). La dosis óptima de este nutriente va de 0.01 a 0.1 mg/kg de suelo.

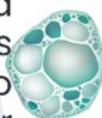


## 3 FBN en las plantas

Para que la planta realice la FBN debe generar simbiosis con un organismo fijador. Por ejemplo, asociación leguminosa-*Rhizobium*. Análogamente el estado nutricional de la planta interfiere en la eficiencia de la FBN ya que existen elementos específicos que participan en este proceso como el Molibdeno y el Cobalto.

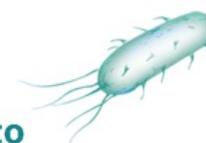
## 4 Cobalto y Molibdeno en la FBN

El Molibdeno (Mo) y el Cobalto (Co) presentan roles complementarios importantes en la FBN, a pesar de que el cobalto no es un elemento esencial. La dosis óptima requerida para estos elementos no rebasan el gramo por tonelada de suelo y pueden ser aplicados de manera foliar o a la semilla.



## 6 Cobalto

El Co es constituyente de la coenzima cobalamina (vitamina B12). La cobalamina participa en la síntesis de la Leghemoglobina, proteína que regula la concentración de oxígeno en el nódulo radical. La dosis óptima para este nutriente va de 0.1 a 1 mg/kg de suelo.



El oxígeno inactiva la nitrogenasa por lo tanto afecta la FBN.

La comprensión de la importancia nutricional del molibdeno y cobalto conlleva a la implementación de estrategias para corregir deficiencias que son importantes para mejorar la eficiencia de la FBN, y en efecto, la productividad del cultivo.



# Molibdeno y Cobalto en la Fijación Biológica del Nitrógeno

Francisco de Jesús Reyes Sánchez  
Dalia Edith Luna Muñoz

Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México - Texcoco Chapingo, Texcoco,  
Estado de México CP 56230; Teléfono. 595 95215 00

\*Autor para correspondencia: [p4c0reyess@gmail.com](mailto:p4c0reyess@gmail.com).

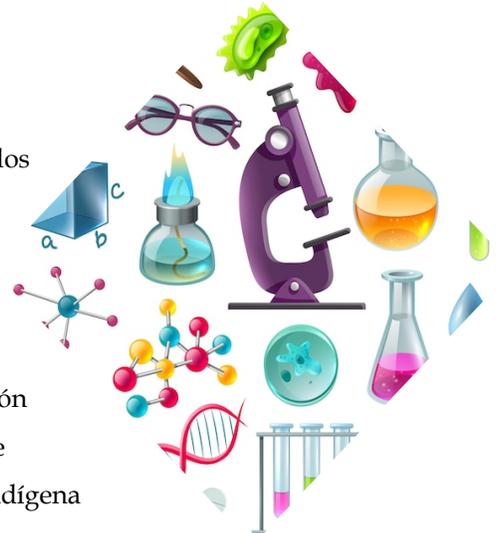
## Semblanzas de autores

### Francisco de Jesús Reyes Sánchez.

Tiene 24 años. Originario de Veracruz. Es Ingeniero Agrónomo Especialista en Suelos. Se desempeña estudiando el impacto de los sistemas agroforestales en la conservación de suelos en ecosistemas semiáridos.

### Dalia Edith Luna Muñoz.

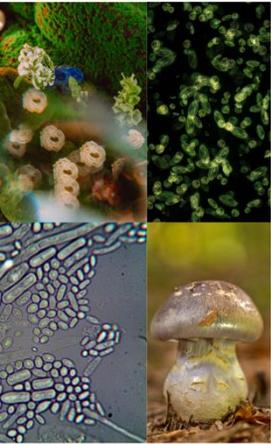
Tiene 29 años. Originaria de Oaxaca. Es Ingeniera en Restauración Forestal. Se desempeña en estudios de rescate y conservación de orquídeas usadas en la medicina tradicional de la comunidad indígena Zapoteca, La Chachalaca, Oaxaca.





# El mundo invisible bajo tus pies: los microorganismos del suelo

Erwin Saúl Navarrete-Saldaña<sup>a\*</sup>  
Omar Cástor Ponce-García<sup>b</sup>  
Teresita del Carmen Ávila-Val<sup>c</sup>  
Pedro Antonio García-Saucedo<sup>c</sup>  
Juan Mendoza-Churape<sup>c</sup>



<sup>a</sup>Laboratorio de Calidad e Inocuidad SIASA LAB, Área de Análisis Agrícolas. Camino Real de Carretas 192, col. Milenio III, Santiago de Querétaro, Querétaro, México. C.P. 76060

<sup>b</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Av. Hidalgo No. 1213, Centro, Cd. Cuauhtémoc, Chih. México, C.P. 31500.

<sup>c</sup>Facultad de Agrobiología 'Presidente Juárez'-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Paseo Lázaro Cárdenas esquina con Berlín, Uruapan, Michoacán, México. C.P. 60040

\*Autor de correspondencia: erwin.navarrete@umich.mx, [ewn.nav@gmail.com](mailto:ewn.nav@gmail.com)

**Existen microorganismos, tanto hongos como bacterias, capaces de degradar sustancias orgánicas y transformarlas en nutrientes disponibles para las plantas, otros son capaces de limitar a los patógenos de plantas para impedir que se establezcan. Es necesario conocer su existencia y rol ecológico en los ecosistemas para dar pauta a una agricultura sostenible.**

## Introducción

¿Alguna vez te has detenido a pensar en todo lo que sucede bajo tus pies cuando caminas por el suelo?, ¡Es toda una fiesta de la vida microscópica!. Los microorganismos son seres diminutos que viven en diversos entornos, incluido el suelo, que desempeñan un papel crucial en el equilibrio de los ecosistemas terrestres al reciclar sustancias orgánicas, proteger a las plantas contra enfermedades y mejorar la fertilidad del suelo.

## ¿Quiénes son estos minúsculos habitantes del suelo?

Los microorganismos del suelo incluyen bacterias, virus, hongos, protozoos y otros seres invisibles a simple vista. Aunque son pequeños, su importancia es enorme. ¿Por qué?, ¡Porque son como los obreros invisibles de la naturaleza!

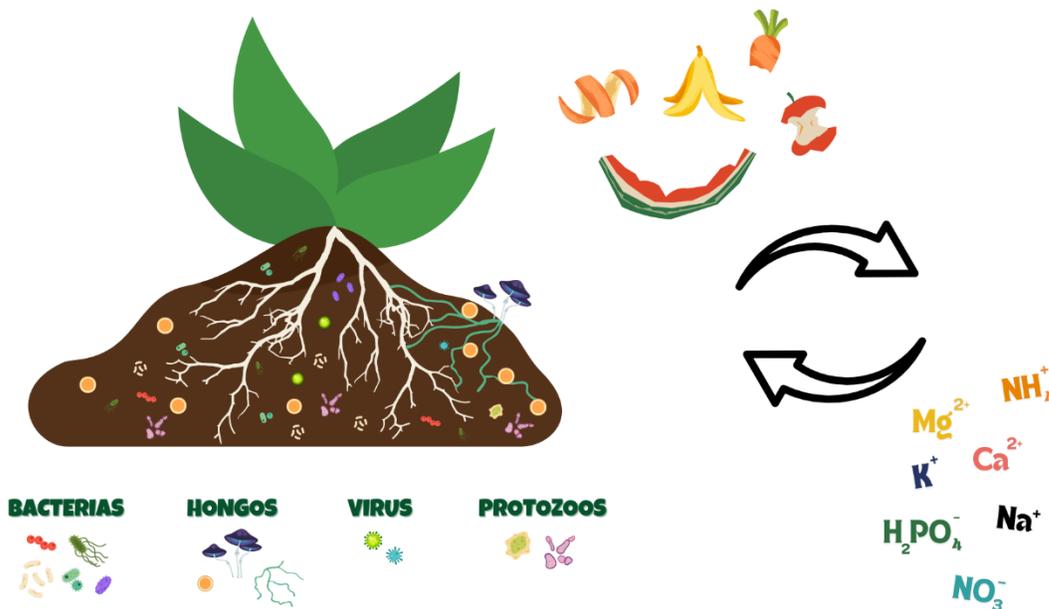
**Los llamados  
biofertilizantes,  
contienen  
microorganismos  
benéficos que ayudan a  
mejorar la calidad del  
suelo y promueven el  
desarrollo vegetativo de  
los cultivos.**



## ¿Qué hacen estos pequeños trabajadores?

### Reciclaje de nutrientes

Los microorganismos descomponen la materia orgánica en el suelo, como las hojas caídas, frutas, verduras o los restos de plantas muertas en formas en que las plantas puedan absorberlos (aniones y cationes) a través de un proceso denominado mineralización (Figura 1).



**Figura 1.** Diversidad de microorganismos en el suelo y reciclaje de nutrientes.

Estos macro (N, P, K, Ca, Mg, etc.) y micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu, B, etc.) esenciales son necesarios para el correcto desarrollo de las plantas. Un ejemplo del proceso de mineralización es la conversión del nitrógeno orgánico a sus formas inorgánicas ( $\text{NO}_3^-$ ) a través de un proceso conocido como nitrificación. Algunos otros, son capaces de solubilizar nutrientes orgánicos a través de la secreción de enzimas especializadas (glucosidasas, fosfatasas) o mediante la acidificación del medio con ácidos orgánicos (glucónico, fumárico, cítrico), lo cual ayuda a romper el acomplejamiento y volverlos asimilables, un claro ejemplo, el caso del fósforo total contenido en la materia orgánica mineralizado a fosfatos ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  -  $\text{HPO}_4^{2-}$ ).





## Mejora de la estructura del suelo

Al degradar la materia orgánica, algunos microorganismos, como las micorrizas producen sustancias pegajosas (glomalina) que ayudan a que las partículas del suelo se unan y formen agregados (terrones), creando una estructura más estable y porosa (Fig. 2). Esto permite que el suelo retenga agua y aire, lo cual es crucial para el crecimiento saludable de las plantas. La estructura del suelo resulta fundamental como parte de la fertilidad física del suelo, una estructura porosa permitirá que las raíces de la mayoría de cultivos se desarrollen correctamente, que en conjunto con otros factores, garantizan su productividad. En muchas ocasiones se busca únicamente la mejora de la fertilidad química y biológica del suelo, sin embargo, es preponderante revisar la fertilidad física del mismo, ya que sin un flujo adecuado de agua y oxígeno en las raíces, la planta tendrá un desarrollo deficiente o limitado.

## Protección contra enfermedades y promoción del crecimiento

Algunos microorganismos en el suelo actúan como guardianes de las plantas contra patógenos que podrían dañarlas, incluso antes de que puedan propagarse. Lo anterior, se logra a través de mecanismos de antagonismo directos (antibiosis o competición por nutrientes-espacio) o indirectos (promoción del crecimiento).

En la antibiosis, algunos microorganismos producen sustancias químicas (metabolitos secundarios, enzimas) que inhiben el crecimiento de los patógenos.

Mientras en la competición por nutrientes, se impide que los invasores se establezcan al bloquearles los nutrientes para crecer.

Diversos géneros bacterianos y fúngicos se han destacado en la agricultura gracias a la capacidad de secretar metabolitos. Por ejemplo, *Bacillus*, con la producción de lipopéptidos (ej. surfactina) que alteran la estructura de la pared de los fitopatógenos y/o actúan como sideróforos que bloquean (quelatan) al hierro ( $Fe^{3+}$ ).

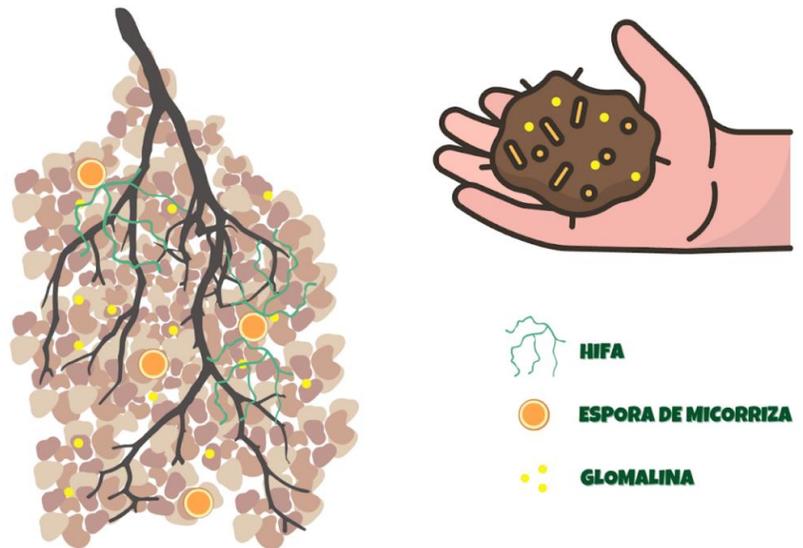
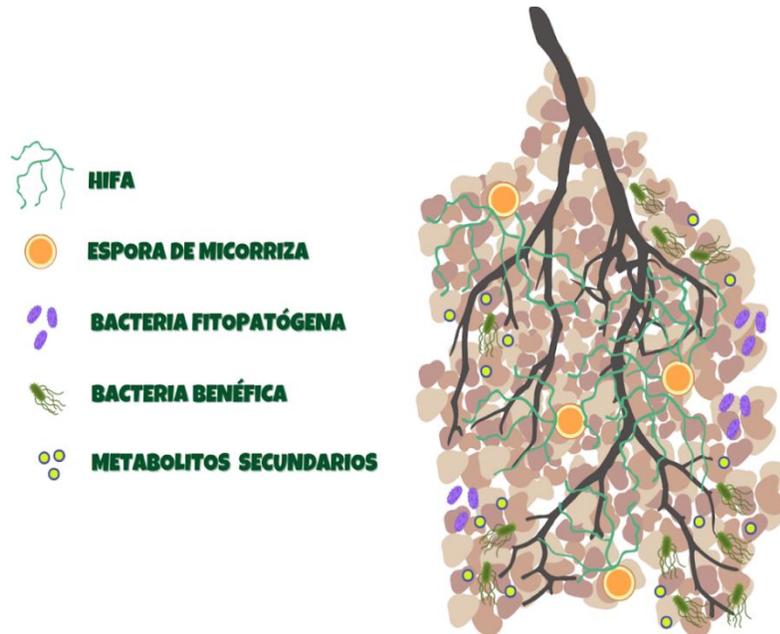


Figura 2. Formación de agregados en el suelo por acción de la glomalina.



Por su parte, hongos como *Glomus*, que son competidores por el espacio, interactúan de forma sinérgica con otros microorganismos (*Pseudomonas fluorescens*), lo cual favorece la colonización de la rizósfera y propicia un ambiente óptimo para la planta (Fig. 3).



**Figura 3.** Mecanismos directos de antagonismo como la competencia por espacio (hifas de micorrizas en la rizósfera) y a través de la secreción de metabolitos secundarios como la mupirocina secretada por especies de *Pseudomonas*.

Por otro lado, las bacterias fijadoras de nitrógeno, como las formadoras de nódulos (*Rhizobium*), asociadas a leguminosas, o las de vida libre (*Azospirillum*), que no están directamente relacionadas con las plantas, pueden transformar nitrógeno atmosférico en nitrógeno inorgánico ( $\text{NH}_4^+ - \text{NO}_3^-$ ), que es aprovechable para la planta y propicia promoción del crecimiento a lo largo del ciclo productivo de la planta.

### ¿Por qué deberíamos preocuparnos por estos pequeños héroes del suelo?

Los microorganismos del suelo son la base de la vida en los ecosistemas e imprescindibles en la agricultura; sin su labor incansable, los suelos se volverían estériles y las plantas no podrían crecer. Esto afectaría a todos los seres vivos que dependen de las plantas para alimentarse, ¡incluidos nosotros!.



Mediante el reciclaje de los micro y macroelementos, los microorganismos regulan la disponibilidad de nutrientes, propiciando un suelo fértil.



## ¿Cómo podemos cuidar a estos diminutos amigos del suelo?

**Evitar el uso excesivo de químicos:** los pesticidas y fertilizantes químicos pueden afectar a los microorganismos beneficiosos en el suelo; optar por un manejo integrado y prácticas de agricultura orgánica con métodos sustentables de control de plagas, para proteger su hábitat resulta indispensable.

**Fomentar la diversidad vegetal:** plantar diferentes cultivos y mantener una cubierta vegetal en el suelo promueve la diversidad de microorganismos y les proporciona una amplia gama de nutrientes.

**Mantener el suelo cubierto:** la erosión del suelo puede ser perjudicial para los microorganismos, mantener el suelo cubierto con arvenses o cultivos de cobertura ayuda a proteger su hogar.

### Conclusiones

Los microorganismos del suelo son fundamentales para mantener la salud y la fertilidad de nuestros ecosistemas terrestres. Su trabajo silencioso pero vital nos proporciona alimentos saludables y suelos fértiles para cultivar nuestras plantas. Para fomentar una mayor comprensión y aprecio por los microorganismos del suelo, aquí hay algunas actividades en las que lectores de todas las edades pueden participar:

**Exploración microscópica:** ¡Obtén un microscopio y observa muestras de suelo bajo aumento!. Puedes recolectar muestras de diferentes áreas, como: un campo agrícola, un bosque, inclusive de un jardín, y observar la diversidad de microorganismos que habitan en ellas.

**Huertos escolares:** establecer un huerto escolar no solo enseña a los estudiantes sobre el ciclo de vida de las plantas, sino que también les brinda la oportunidad de aprender sobre la importancia de los microorganismos del suelo y cómo mantener un suelo saludable.

**Proyectos de compostaje:** comprender el proceso de descomposición de la materia orgánica en nutrientes. Los proyectos de compostaje en casa o en la escuela son una excelente manera de aprender sobre este proceso, reducir y aprovechar los desechos orgánicos.



**La aplicación indiscriminada de insumos agrícolas, ha alterado significativamente los constituyentes orgánicos y vivos del suelo.**



**Educación ambiental:** organizar charlas, talleres o eventos educativos sobre la importancia de los microorganismos del suelo, esto puede ayudar a difundir el conocimiento y concienciar a la comunidad sobre la necesidad de proteger los ecosistemas.

**Prácticas sostenibles:** animar a los agricultores y jardineros a adoptar prácticas agrícolas y de jardinería sostenibles, como el uso de abonos orgánicos, la rotación de cultivos y la conservación del suelo, esto puede contribuir a preservar la salud de los microorganismos del suelo.



Mediante el reciclaje de los micro y macroelementos, los microorganismos regulan la disponibilidad de nutrientes, propiciando un suelo fértil.

Al enfrentarnos al desafío de comprender, proteger y promover la importancia de los microorganismos del suelo, cada uno de nosotros puede contribuir de manera significativa a la salud de nuestro planeta y al bienestar de las generaciones futuras. ¡Manos a la obra para cuidar de nuestro valioso suelo y sus habitantes invisibles!

Así que la próxima vez que camines por un campo o jardín, recuerda que bajo tus pies hay un mundo extenso y vital de microorganismos que trabajan incansablemente para mantener la vida en la tierra. ¡Cuidemos y respetemos a estos pequeños héroes del suelo!.

#### Literatura recomendada

Four, B. (2020) La descomposición de la materia orgánica: un proceso crucial para sostener el funcionamiento de los bosques tropicales amazónicos. *Actualidad científica*, 22: 15-18.

Nava Reyna, E. y Ángel Martínez, M. (2023) Glomalina, un bioindicador del efecto de la agricultura de conservación sobre la calidad del suelo. CYMMYT. Consultado el 07 de mayo de 2024 en: <https://www.cimmyt.org/es/noticias/glomalina-un-bioindicador-del-efecto-de-la-agricultura-de-conservacion-sobre-la-calidad-del-suelo/>

Ocegueda-Reyes, M. D., Casas-Solís, J., Virgen-Calleros, G., González-Eguiarte, D. R., López-Alcocer, E., y Olalde-Portugal, V. (2020) Aislamiento, identificación y caracterización de rizobacterias antagonistas a *Sclerotium cepivorum*. *Revista mexicana de fitopatología*, 38(1): 146-159. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1911-2>

Pérez Álvarez, S., Coto Arbelo, O., Echemendía Pérez, M., y Ávila Quezada, G. (2015) *Pseudomonas fluorescens* Migula, ¿control biológico o patógeno?: *Pseudomonas fluorescens*, biological control or pathogen?. *Revista de Protección Vegetal*, 30 (3): 225-234.

Rosabal Ayan, L., Macías Coutiño, Maza González, M., López Vázquez, R. y Guevara Hernández, F. (2021) Microorganismos del suelo y sus usos potenciales en la agricultura frente al escenario del cambio climático. *Magna Scientia Uceva* 1: 103-116. <https://doi.org/10.54502/msuceva.v1n1a14>





### Semblanza de autores

**Erwin Saúl Navarrete Saldaña.** Michoacano, Ingeniero agrónomo y Maestro en Ciencias Biológicas por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Con líneas de investigación enfocadas a la fertilidad de suelos y nutrición de cultivos, control biológico de enfermedades de plantas y fitopatología. Coordinador del área de análisis agrícolas en el laboratorio SIASA LAB.

**Omar Cástor Ponce García.** Michoacano, Ingeniero agrónomo por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, con maestría en productividad frutícola por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Con investigación en fertilidad de suelo y nutrición vegetal. Actualmente trabajo en el INIFAP, en la jefatura del campo experimental Delicias

**Teresita del Carmen Ávila Val.** Profesora en la Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez". Ingeniera Agrónoma y Maestra en Ciencias Biológicas por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Con líneas de investigación enfocadas a la caracterización e identificación de fitopatógenos en frutales, ornamentales y hortalizas, su manejo químico y biológico.

**Pedro Antonio García Saucedo.** Biólogo de profesión, SNI I, Profesor e Investigador en la Universidad Michoacana, responsable del Laboratorio de Bromatología. Con líneas de investigación enfocadas al rescate y conservación de especies de plantas silvestres de interés alimenticio, en la implementación de técnicas de cultivo de tejidos *in vitro* y del estudio de los metabolitos secundarios microbianos y de plantas.

**Juan Mendoza Churape.** Ingeniero Agrónomo y Maestro en Ciencias Biológicas por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Estudiante de Doctorado en Ciencias Biológicas. Profesor de biología molecular y fitopatología en la Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez". Con líneas de investigación enfocadas al diagnóstico de enfermedades de plantas, caracterización e identificación de fitopatógenos de importancia económica.

## Lo mejor para tu **invernadero**



**sabsa**  
el éxito de tu cultivo

[sabsa.mx](http://sabsa.mx) ☎ 800 40 042 00 [ventas@sabsa.mx](mailto:ventas@sabsa.mx)

Call for Papers  
Special Issue

| Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente |  
Revista de Divulgación de la  
SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A.C.



## 2<sup>nd</sup> International Conference on Soil Sustainability and Innovation (2-ICSSI)



En el marco del 48 Congreso Mexicano de la Ciencia del Suelo, se organiza el 2-ICSSI en el que han confirmado cinco prestigiosos conferencistas internacionales (<https://uach.mx/faciatec/eventos/48cmcs/>). Además, se ha lanzado en la revista **Heliyon** (IF=3.4, Q1) un número especial denominado:



**“Soil Sustainability and Innovation”**

Participa y envía tu contribución a este número especial con 30% de descuento, respecto al cargo regular por publicación.



Información adicional y el enlace para el envío de manuscrito se pueden consultar en:

<https://www.cell.com/heliyon/special-issues/call-for-papers/soil-sustainability-innovation>

Conferencistas confirmados del 2-ICSSI



Dr. Joann K. Whalem  
Université McGill,  
Montreal, Canada



Dr. Kathleen Treseder  
University of California  
Irving, USA



Dr. Kate Scow  
University of California  
Davis, USA



Dr. Ana Rincón Herranz  
Inst. de Ciencias Agrarias  
CSIC, España



Dr. Manuel D. Baquerizo  
Inst. de Rec. Nat. y Agrobiol.  
CSIC, España



## Biofortificación de flores comestibles para mejorar la calidad nutricional

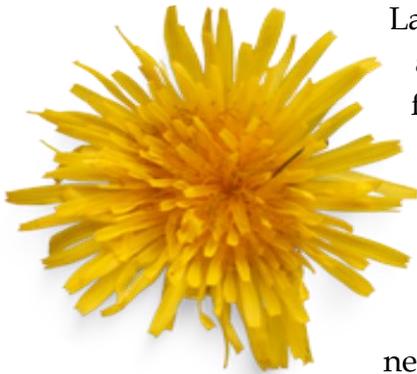
Marisela Calderon-Jurado  
Angélica Anahí Acevedo-Barrera  
Orlanda Tanahiri Garcia González  
Oscar Cruz-Alvarez  
Damaris Leopoldina Ojeda-Barrios\*

Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Av. Pascual Orozco s/n, Campus 1, Santo Niño, Chihuahua, Chih., México, CP. 31000

\*Autor para correspondencia: dojeda@uach.mx Tel: 614-1775244.

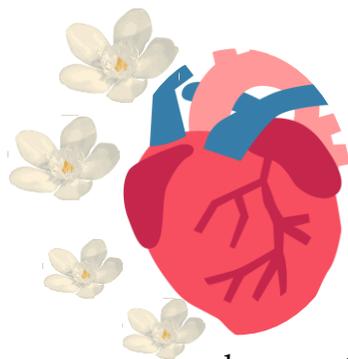
**Si bien las flores generalmente se consideran elementos decorativos, también pueden transformar una comida típica, en un alimento delicioso y nutritivo (biofortificada), esto es gracias a su estructura que aporta una gama de fitoquímicos como vitaminas, antioxidantes, azúcares naturales, fibra, nutrientes y minerales, haciéndolas atractivas combinarlas en la dieta cotidiana.**

### Introducción



Las flores comestibles son todas aquellas flores aptas para el consumo humano. El uso de las flores como alimento no es un descubrimiento nuevo, sino de antiguas tradiciones etnobotánicas. Culturas como la Griega y la Romana utilizaban las flores para dar un maravilloso efecto decorativo a diferentes alimentos (por ejemplo, pétalos de rosa, sauco negro, diente de león y jazmín) para mostrar la sinergia organoléptica, estos atributos son los rasgos físicos que tienen las flores en general, según los pueden percibir los sentidos, como por ejemplo su sabor, textura, olor, color o temperatura, de los alimentos tradicionales (verduras, carnes, pescados, entre otros.) y los alimentos de sabores florales.





Las flores han estado estrechamente asociadas con el nacimiento y desarrollo de la civilización humana en varias regiones geográficas y han sido reconocidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el tratamiento de diversas enfermedades inflamatorias, crónico-degenerativas, alzhéimer, problemas del corazón, entre otras. En este sentido, México es uno de los países del mundo con mayor biodiversidad y riqueza de conocimientos ancestrales sobre el uso de plantas medicinales, así como uno de los principales consumidores de flores comestibles.

Las flores forman parte de la cultura humana son reconocidas para el tratamiento de diversas enfermedades crónico-degenerativas, alzhéimer, problemas del corazón, entre otras.

Hoy en día, la variedad de flores comestibles incluye varias especies que se utilizan para mejorar la apariencia estética, el color y el aroma de los alimentos, al igual que por sus propiedades nutraceuticas, estas son sustancias químicas o biológicas que se pueden encontrar o agregar a los ingredientes naturales de los alimentos y son especialmente útiles para prevenir enfermedades, ya que les permite inhibir o controlar la reactividad y/o inhibe la generación de radicales libres mejorando las funciones fisiológicas del organismo humano. Las flores comestibles contienen varios compuestos bioactivos como vitaminas A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, C, D y E, minerales: Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, P, S, Zn<sup>2+</sup> y Fe<sup>2+</sup>, antioxidantes, proteína cruda y no contienen calorías. Diversos estudios destacan el valor nutricional de las flores silvestres y ornamentales. Uno de los compuestos bioactivos más representativos son los compuestos fenólicos (por ejemplo, ácidos fenólicos, flavonoides y antocianinas) que forman una rica familia de fitoquímicos y presentan efectos antioxidantes, los cuales están fuertemente correlacionados en las flores comestibles, de ahí nace su importancia (Fig. 1). Estos compuestos realizan una serie de actividades biológicas importantes para la salud humana. Los compuestos fenólicos neutralizan el estrés oxidativo inducido por las especies reactivas del oxígeno, y los datos epidemiológicos han demostrado que las dietas ricas en antioxidantes pueden prevenir enfermedades crónicas, trastornos cardiovasculares y neurodegenerativos.



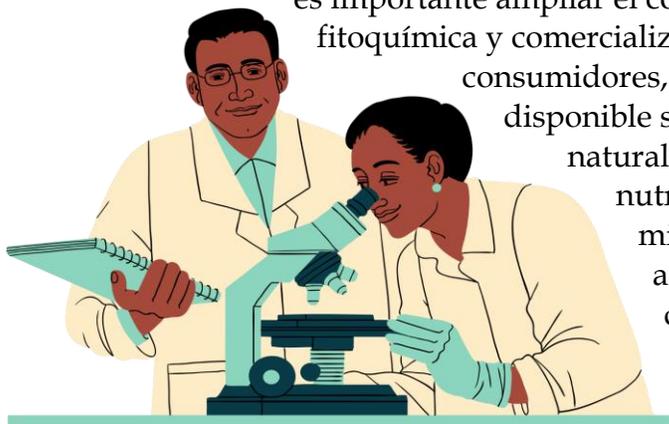


-  Otorgan brillo, sabores dulces, picantes y astringentes a los platillos gourmet
-  Nutrientes
-  Compuestos bioactivos
-  Proveen efectos benéficos en la salud

**Figura 1.** Características generales de las flores comestibles.

La creciente demanda de alimentos más atractivos, deliciosos y saludables puede conducir a producir flores de corte o comestibles para complementar los ingresos de los productores, creando oportunidades para desarrollar productos de valor agregado en el campo de la floricultura frente a las necesidades alimentarias. Hoy en día, hay varios tipos de flores disponibles para venta, no obstante, son pocos en comparación con la diversidad de especies o variedades de flores comestibles. El mercado actual también demanda que los alimentos cuenten con propiedades beneficiosas para la salud adicionales a los nutrientes que contienen. Por lo tanto,

es importante ampliar el conocimiento de su calidad, composición fitoquímica y comercialización para satisfacer la demanda de los consumidores, fabricantes y minoristas. La evidencia disponible sugiere que las flores comestibles son productos naturales de gran interés científico porque contienen nutrientes importantes para la salud humana; así mismo, se necesitan declaraciones nutricionales adicionales para justificar usos y aplicaciones, como nuevos ingredientes en el desarrollo de alimentos funcionales.



### Flores comestibles

Las plantas almacenan la energía del sol y producen las vitaminas necesarias para la vida porque regulan el metabolismo; esto significa que ayudan a utilizar una parte de las plantas para que la vida sea sana: para que sus células tengan suficiente oxígeno, defensas orgánicas y diferencias con otras plantas para su reproducción y reconocimiento.



Las flores comestibles se han utilizado tradicionalmente para el consumo humano en muchas culturas. Mejoran la apariencia, el sabor y el valor estético de los alimentos, aspectos valorados por los consumidores, y engrandecen la tendencia creciente de comer flores frescas en todo el mundo. En cambio, la búsqueda de propiedades funcionales como antioxidantes, compuestos bioactivos, vitaminas y antiinflamatorios, los consumidores demandan alimentos que tengan propiedades para la salud además de los nutrientes que contienen.

Existen otras formas de clasificar a las flores, cada una corresponde al tiempo en el que permanecen florecidas, la más específica es la catalogación por especies, que se agrupan en géneros, familias, etc. Pero también se las divide en conjuntos según cualidades como tamaño, su constitución y duración. De esta última dependen muchos cuidados y precauciones que se deben tener en cuenta en el momento de cultivarlas. Por general existen diferentes tipos de plantas según su duración de ciclo fenológico: anuales, perennes, bienales y efímeras, se pueden dividir en una gran diversidad de flores como de frutales, verduras y ornamentales.

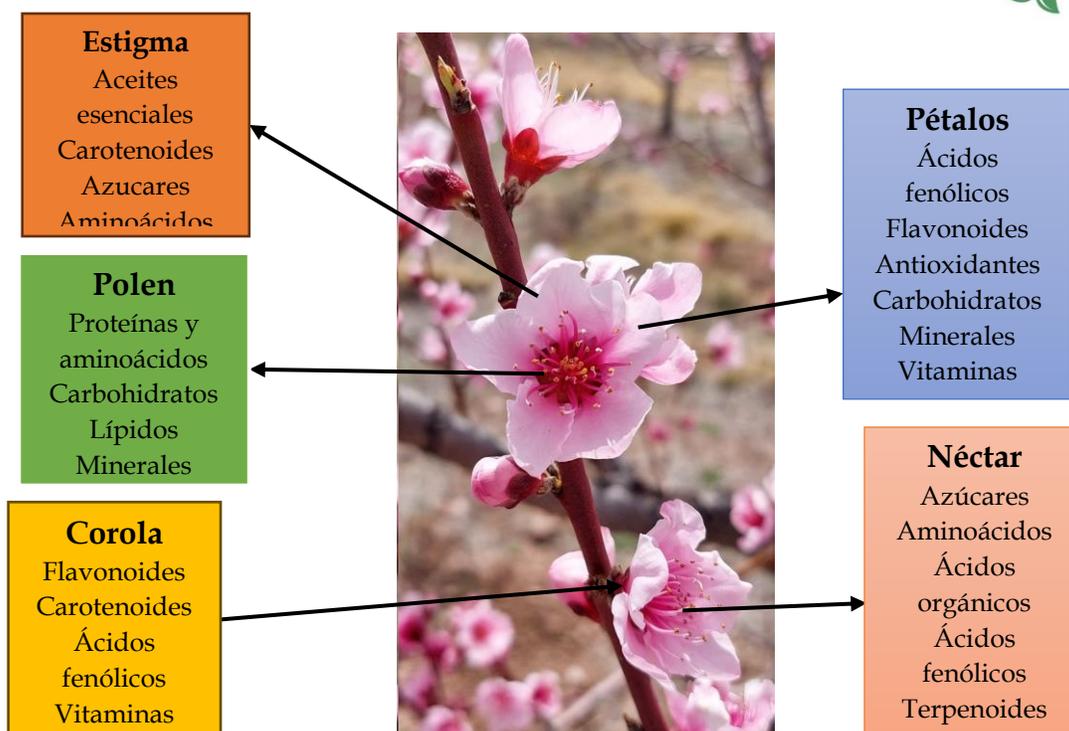
**Mejoran la apariencia, el sabor y el valor estético de los alimentos, aspectos valorados por los consumidores, y engrandecen la tendencia creciente de comer flores frescas en todo el mundo.**

### **Generalidades y características**

Una flor típica consta de cuatro verticilos: un cáliz, una corola, un androceo (estambre) y un pistilo (pistilo). Las flores son especialmente interesantes debido a su valor nutricional la cual proviene de su estructura (Fig. 2).

### **Corola**

La corola es la porción principal de la flor en términos de biomasa. En consecuencia, la cantidad y composición química de los fitoquímicos presentes en sus tejidos brindan una funcionalidad nutracéutica a una especie específica. Esta porción floral típica es sumamente pigmentada aporta la mayoría de las propiedades saludables en términos de actividad antioxidante gracias a la riqueza de antocianinas, otros flavonoides, carotenoides, ácidos fenólicos simples, ácido ascórbico y vitaminas.



**Figura 2.** Fitoquímicos predominantes de los diversos componentes de la flor de durazno [*Prunus persica* (L.) Batsch] (corola, estigmas, pétalos y néctar), (Casas Grandes, Chihuahua).

Este papel nutracéutico de las corolas ha hecho que la mayoría de las especies utilizadas como flores comestibles también hayan sido seleccionadas por el tamaño de su flor, como es el caso de la flor berro de agua (*Nasturtium officinale*, W.T. Aiton), petunia (*Petunia* spp. L.), flor clavel (*Tagetes* spp. L.), flor boca de dragón (*Antirrhinum majus*, L.) y pensamiento (*Viola x wittrockiana*) por tanto, el éxito de algunas de las muchas especies con flores potencialmente comestibles se debe al impacto organoléptico percibido por los consumidores. Finalmente, la corola es la parte principal de la flor en cuanto a biomasa. Por lo tanto, la cantidad y composición química de los fitoquímicos presentes en los tejidos proporcionan funciones nutricionales específicas de cada especie.

### Estigma

Los estigmas son menos importantes y poco estudiados como componente de las flores comestibles, se ha encontrado que contienen aceites esenciales en el caso de la flor calabacita (*Cucurbita pepo*, L.) y carotenoides en el conocido azafrán (*Crocus sativus*, L.). Además, se han detectado azúcares y aminoácidos en las secreciones estigmáticas de flores pomáceas.





### Polen



Aunque es solo una pequeña parte de la flor, el polen es principalmente rico en carbohidratos (13-55%), proteínas y aminoácidos (10-40%) y en menor medida en lípidos saturados (1-13%), fibra dietética y pectinas (0.3-20 %), minerales (2-6 %) y pequeñas cantidades de otros productos químicos, incluidas algunas vitaminas importantes (2-5 %), como caroteno, tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantoténico, ácido ascórbico, biotina, ácido fólico y tocoferoles. Estos compuestos son un importante papel nutricional para la salud humana debido a sus propiedades bioactivas.

### Néctar

El néctar constituye una mezcla equilibrada de aminoácidos y azúcares compuesta por fructosa, glucosa, también contiene metabolitos secundarios como ácidos orgánicos, ácidos fenólicos simples, terpenoides y sacarosa. Las siguientes especies de flores generalmente proveen polen y néctar como la flor de girasol (*Helianthus annuus* L.), equináceas (*Echinacea angustifolia*, L.), *Rudbeckia bicolor* (*Rudbeckia hirta* Nutt.), áster (*Aster tataricus* L.) y de zinnia (*Zinnia elegans* Jacq). Las flores de color florecientes, como la lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill. Moench.) , también son un complemento excelente para la polinización por su forma y el color de las flores.



### Pétalos

Los pétalos son ricos en compuestos como antioxidantes, principalmente polifenoles, nutrientes y minerales como fosforó, potasio, hierro y zinc, además de otorgar belleza a los platillos gourmet, también dan singulares sabores al paladar, aportando propiedades con afecciones preventivas en la salud , por ejemplo pétalos de rosa (*Rosa spp.*, L.), crisantemo (*Crisanthemum coronarium*, L.), caléndula (*Calendula officinalis*, L.), girasol (*Helianthus annuus*, L.), dalia (*Dahlia coccinea*, Cav), durazno (*Prunus persica* L.) y manzano (*Malus sylvestris*, L.), (Fig. 3). Los pétalos atraen polinizadores, en el caso de muchas plantas entomófagas.





**Figura 3.** Flores comestibles de manzano ricas en antocianinas, antioxidantes y minerales (Cuauhtémoc, Chihuahua).

### Biofortificación de flores comestibles

La biofortificación de micronutrientes, especialmente hierro ( $\text{Fe}^{2+}$ ), zinc ( $\text{Zn}^{2+}$ ), selenio ( $\text{Se}^0$ ), yodo ( $\text{I}^-$ ), calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) y el cobre ( $\text{Cu}^{2+}$ ) ayudará a la población mundial a mitigar la aparición de enfermedades crónico-degenerativas, algunos tipos de cáncer, entre otras.

A lo largo de la historia, la agricultura ha sido la encargada de proporcionar los nutrientes necesarios como hierro (Fe), zinc (Zn), selenio (Se), yodo (I), calcio (Ca), magnesio (Mg) y el cobre (Cu) ayudarán a la población mundial a mitigar la aparición de enfermedades crónico-degenerativas, algunos tipos de cáncer, entre otras, para que las personas puedan y deseen llevar una vida sana.

La biofortificación se define como el proceso de aumentar la concentración de elementos biológicos esenciales en las partes comestibles de las plantas mediante intervención agronómica. Además, existe la posibilidad de utilizar estos productos vegetales para humanos y animales, creando así sistemas de flujo de nutrientes. Aunque la eficacia ha sido demostrada hasta la fecha por programas de biofortificación destinados a aumentar el consumo de este elemento en humanos a través de alimentos de origen vegetal, ninguno de estos estudios ha investigado el impacto de la biofortificación en la calidad nutricional, y especialmente en la capacidad antioxidante, especialmente cuando no hay evidencia, el uso excesivo de nutrientes puede provocar efectos citotóxicos en las plantas y afectar así esta propiedad nutricional.





La biofortificación en flores comestibles es una tecnificación de mejoramiento vegetal que utiliza la variación natural en el contenido de nutrientes presentes en las flores comestibles para mejorar sus niveles nutricionales, otorgando macro y micronutrientes siendo como una herramienta útil de consumo cotidiano para combatir problemas como la desnutrición o enfermedades crónico degenerativas, algunos tipos de cáncer, entre otras. Sin embargo, se requiere que la investigación agrícola establezca conexiones directas con las áreas de salud y nutrición humana.

### Conclusiones

Las flores comestibles tienen colores, formas, sabores y aromas interesantes que pueden utilizarse para mejorar la apariencia, el sabor y en algunos casos el aroma de los platillos. Además, las características nutricionales de las flores comestibles también se usan, porque pueden tener un efecto útil y notable en la salud humana, por lo tanto, convertirlos en productos funcionales beneficiando la salud de quienes las consume. La biofortificación de micronutrientes, puede coadyuvar a mitigar la aparición de enfermedades crónico-degenerativas, algunos tipos de cáncer, entre otras, en la población mundial. Aunque existen muchos tipos de flores comestibles, existe poca información o investigación que indique qué nutrientes contienen y aportan. Aunque hay una gran diversidad de flores comestibles, falta estudiar con mayor profundidad sobre los mecanismos de acción de los componentes nutricionales y medicinales para usarlas como una alternativa de alimentación.



### Literatura recomendada

Lara-Cortés, E., Osorio-Díaz, P., Jiménez-Aparicio, A., & Bautista-Baños, S. (2013). Contenido nutricional, propiedades funcionales y conservación de flores comestibles: Revisión. Archivos latinoamericanos de nutrición, 63 (3), 197-208. ISSN 0004-0622.

Benvenuti, S., & Mazzoncin, M. (2021). The biodiversity of edible flowers: Discovering new tastes and new health benefits. Frontiers in plant science, 11, 569499. Doi:10.3389/fpls.2020.569499.

Mulík, S. y Ozuna, C. (2020). Flores comestibles mexicanas: antecedentes culturales, usos culinarios tradicionales y posibles beneficios para la salud. Revista Internacional de Gastronomía y Ciencia de los Alimentos, 21, 100235. DOI: 1016/j.ijgfs.2020.100235





## Semblanzas de autores

? **Marisela Calderón-Jurado**, IH con Maestría en Ciencias Hortofrutícola por la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Colaboradora del Cuerpo Académico CA-UACH-17 Hortofruticultura, participación como ponente en Congresos Nacionales e Internacionales, seminarios académicos, línea de investigación en frutales de zona templada, flores comestibles. Actualmente estudia un Doctorado en Ciencias.

**Angélica Anahí Acevedo Barrera**, Dra. en Ciencias Agrarias por la UAAAN. Profesora-Investigadora en el área de edafología y nutrición vegetal en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Candidata SNII-CONAHCYT.

**Orlanda Tanahiri Garcia González**, IPCH por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Obtuvo el 2do lugar, en el II Encuentro de jóvenes investigadores de IES Chihuahua 2015. Laboró en Innovak Global con cuatro años de experiencia como analista de investigación y uno en ventas. Artículo publicado en The Plant Pathology Journal 2018. Actualmente estudia la Maestría en Ciencias Hortofrutícolas.

**Oscar Cruz-Alvarez**, es Doctor en Ciencias en Horticultura por la Universidad Autónoma Chapingo. Es profesor de tiempo completo de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas en la Universidad Autónoma de Chihuahua. Es investigador nacional nivel 1 en el Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías.

**Dámaris Leopoldina Ojeda-Barríos** es doctora en Ciencias Agrícolas (Horticultura) por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Profesora-investigadora en fisiología y nutrición vegetal a nivel licenciatura y posgrado en Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Investigadora Nacional nivel 2 por el SNII-CONAHCYT. Cuenta con reconocimiento por el Consejo Mexicano de la Nuez (COMENUEZ).

Envía tus contribuciones científicas a la revista **Terra Latinoamericana**, órgano de difusión de la SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A. C.

**TERRA**  
Latinoamericana



ISSN Electrónico 2395 - 8030

**Terra Latinoamericana** es de publicación continua y publica artículos científicos originales de interés para la comunidad de la ciencia del suelo y agua.

<https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra>



# Materiales porosos funcionales como alternativa para enfrentar la contaminación generada por agroquímicos

Berenice González Santiago  
Ana Adela Lemus Santana

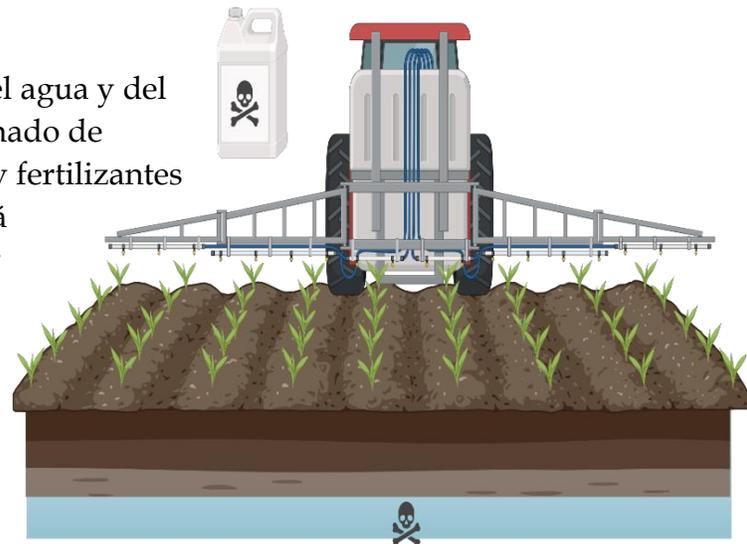
Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Unidad Legaria (CICATA-Legaria).

\*Autor para correspondencia: gonzsbe@gmail.com

Ante la problemática ocasionada por el uso de agroquímicos y la búsqueda de medidas alternativas para la mitigación asociadas al agua y al suelo, emergen los materiales porosos funcionales. Particularmente, los materiales de naturaleza híbrida metal-orgánica estructurada que, al utilizarse como adsorbentes, permite la remoción de herbicidas en disolución y pueden funcionar como plataformas inteligentes para la liberación controlada de fertilizantes. Estas dos cualidades, la adsorción y almacenamiento, hace que estos materiales híbridos sean alternativas competentes para problemas de remediación. Por lo cual, en el presente trabajo se discute el alcance y definición de estos materiales, se abordan sus aplicaciones en la agricultura, las cuales incluyen remoción de herbicidas, el transporte y liberación de fertilizantes.

## Introducción

Los análisis recientes de la contaminación del agua y del suelo han demostrado que el uso indiscriminado de agroquímicos como insecticidas, herbicidas y fertilizantes está causando daños al medio ambiente. Está documentado que desde la década de 1990 y como resultado de la revolución verde, se modificaron los modelos o estilos de la producción agrícola, esto decanto en un incremento del uso de agroquímicos ocasionando gran impacto en la economía y el rendimiento de los cultivos.





**El uso excesivo de herbicidas y fertilizantes afecta la biodiversidad y la calidad del agua, lo cual ocasiona efectos nocivos para la salud humana y el medio ambiente.**

Es cierto que las tierras necesitan nutrientes para tener un mejor rendimiento en los cultivos y también es necesario el uso de pesticidas herbicidas para controlar las malezas que afectan el desarrollo de las plantas. Pero el uso sin control tiene graves consecuencias ambientales por la forma en que se aplican como son la pulverización, el rociado y la distribución en el suelo, lo cual genera residuos en el ambiente.

Si se observa un pedazo de tierra o cuerpo de agua, a simple vista parecerá en buen estado, pero a nivel microscópico presenta alteraciones provocadas por el uso de agroquímicos. Tal es el caso de los cuerpos de agua, donde se han identificado restos de herbicidas. La presencia de agroquímicos tiene diversos impactos ambientales, por ejemplo, la disminución de la disponibilidad de hierbas comestibles silvestres, las cuales han formado parte de la dieta tradicional de comunidades agrícolas por generaciones. Es decir, se está destruyendo la biodiversidad además de afectar la calidad del agua (Fig. 1) como consecuencia del uso excesivo de agroquímicos.



**Figura 1.** Problemática en los cuerpos de agua y suelos generada por el uso de agroquímicos.



## Desarrollo

### Aspectos funcionales de los materiales porosos

Al mismo tiempo que la limpieza de las aguas contaminadas por herbicidas y pesticidas es un reto apremiante, también lo es la administración de agroquímicos. Particularmente, en el tratamiento del agua los métodos son costosos, requiere mucho tiempo y, a menudo son insuficientes. Entre los métodos reportados para la remoción de herbicidas en disolución se encuentran el uso de biodegradación enzimática, degradación fotocatalítica, cloración, ozonización, clarificación, filtración por el uso de membranas o materiales porosos adsorbentes. La propiedad que tienen algunos materiales al ser traspasados por agua, aire, calor, así como especies lo suficientemente pequeñas o ligeras, para caber dentro de sus

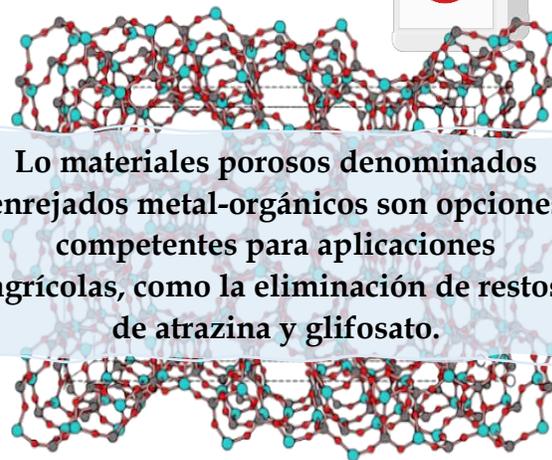
huecos accesibles, se llama porosidad. En este contexto, hay materiales funcionales que al usarse como adsorbentes para remover compuestos tóxicos en disoluciones resultan prometedores, pues su uso es fácil, así como su recuperación, e incluso, su reciclabilidad.

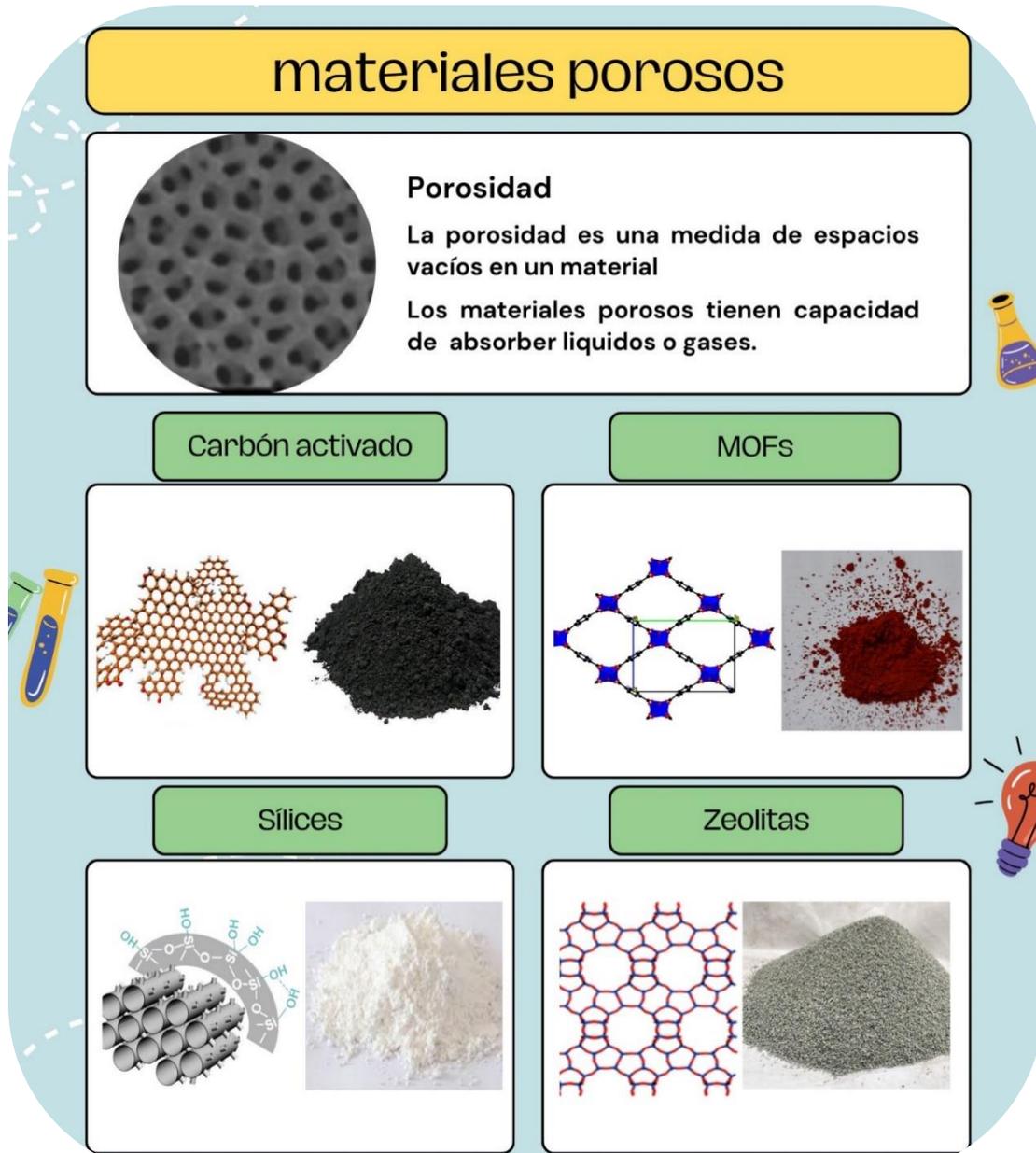
**Los materiales híbridos pueden ser usados como adsorbentes para remover compuestos tóxicos identificados en cuerpos de agua.**

Las zeolitas, sílices, y el carbón activado son algunos ejemplos de materiales porosos que se han evaluado como adsorbentes para enfrentar la problemática presentada por los agroquímicos, sin embargo, sus temperaturas de activación son altas o existe poca compatibilidad con la molécula de interés, ya sea porque sus cavidades o tamaño de poro limitan sus aplicaciones.

En la búsqueda de materiales alternativos, a finales de la década de 1990 emergió una clase de sólidos porosos denominados enrejados metal-orgánicos MOFs (Metal-organic frameworks, siglas en inglés), materiales de naturaleza híbrida que superan en porosidad y propiedades a los materiales porosos clásicos. Los estudios sobre adsorción y remoción de pesticidas utilizando materiales funcionales MOFs han demostrado buena eficiencia, con capacidades de adsorción altas y viabilidad para reutilizarse. En la Figura 2 se visualizan los materiales porosos como las zeolitas, sílice, carbón activado y MOFs, su apariencia y estructura química general.

**Lo materiales porosos denominados enrejados metal-orgánicos son opciones competentes para aplicaciones agrícolas, como la eliminación de restos de atrazina y glifosato.**





**Figura 2.** Sólidos porosos utilizados en adsorción de herbicidas

Los enrejados metal-orgánicos son formados por la unión de centros metálicos (iones metálicos) y los ligantes puente (inicialmente ácidos orgánicos di o tricarbónicos), los cuales se encuentran unidos a través de enlaces de coordinación. Estos materiales han tenido auge en los últimos años y sus usos como adsorbentes han superado a otros sólidos porosos. Por su gran área superficial, variedad en tamaños y forma de sus cavidades, pueden alojar moléculas huésped de interés.



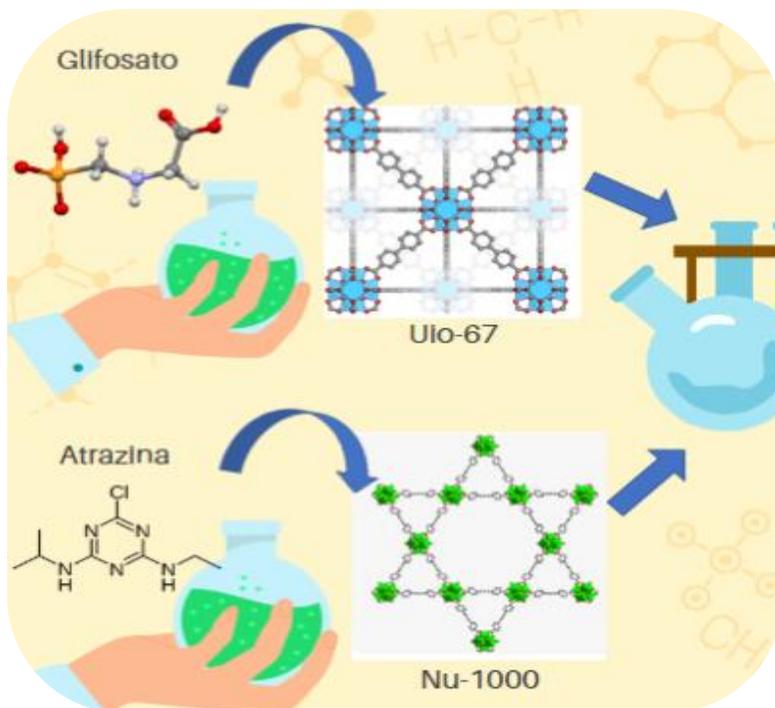
## Remoción de herbicidas

Uno de los primeros estudios de los enrejados metal-orgánicos como adsorbentes de agroquímicos fue la remoción de glifosato. El glifosato ( $C_3H_8NO_5P$ ) es un compuesto organofosforado (Fig. 3), y es el principal compuesto activo no selectivo en los herbicidas. Este compuesto tiene alta solubilidad ( $12\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ ), por lo tanto, se distribuye fácilmente en aguas superficiales y el suelo. Los compuestos organofosforados son altamente nocivos, cancerígenos, pueden causar parálisis nerviosa y hasta la muerte, en caso de ser ingeridos. Por tal motivo, es apremiante su remoción de disoluciones para evitar que lleguen a fuentes de agua potable.



La aplicación de enrejados metal-orgánicos como adsorbentes de herbicidas se ha reportado para remover glifosato usando un material a base de circonio; posteriormente varios enrejados metal-orgánicos se han sumado a estos esfuerzos. La atrazina es otro herbicida de interés para su eliminación en disoluciones. Hasta la fecha, el mejor adsorbente de esta familia para remover atrazina es el material nombrado NU-1000 (Fig. 3), logrando una eliminación de hasta 93% (con una concentración de 10 partes por millón) en 5 min.

Estos resultados sugieren que, si bien la porosidad del material es importante, también influye la naturaleza química del contaminante, porque para lograr la remoción por adsorción o encapsulamiento debe haber compatibilidad química entre el enrejado metal-orgánicos y la molécula de interés. Por este motivo aún se siguen diseñando materiales enrejados metal-orgánicos o bien su funcionalización para mejorar su rendimiento en tecnologías de adsorción y separación, y contribuir a determinadas aplicaciones en la problemática de remediación ambiental.



**Figura 3.** Ejemplos de herbicidas removidos de disolución usando enrejados metal-orgánicos.



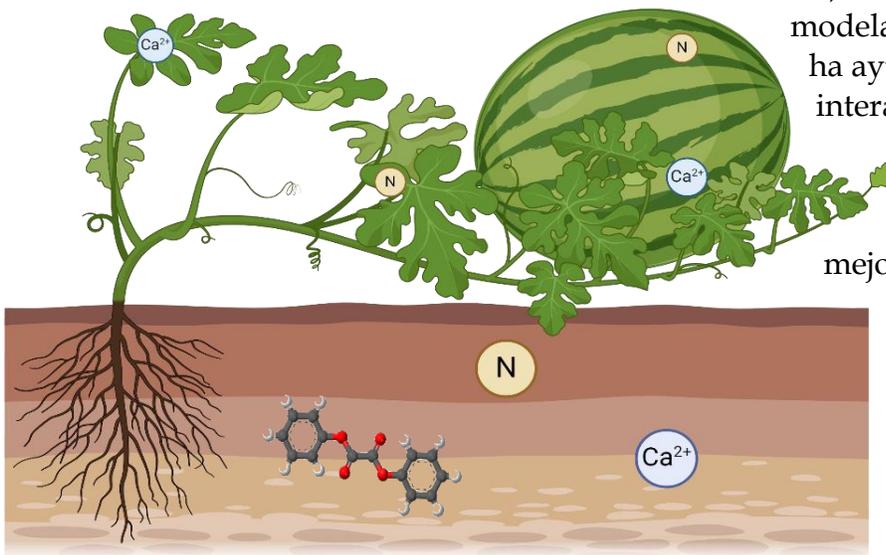
La interacción entre los enrejados MOFs y la molécula huésped no solo ha permitido remover herbicidas en disolución, sino que además ha logrado la liberación lenta y controlada de los agroquímicos, como la urea, un fertilizante a base de nitrógeno. La dosificación y transportación de fertilizantes utilizando enrejados metal-orgánicos como plataforma, en el año 2015, evidenciaron que un material a base de hierro (OPA-MOF) realizó la liberación de urea mediante la degradación microbiana del material funcional por los grupos oxalato en su estructura. La adsorción y la liberación controlada de agroquímicos depende de factores como el tamaño de los poros, la carga superficial, el valor o medida de acidez (pKa) del pesticida y el pH del medio. Además, se tienen que considerar factores importantes para seleccionar el material poroso, como lo es la biocompatibilidad con los cultivos. Los materiales enrejados metal-orgánicos deben poseer estabilidad térmica y química, dependiendo de sus usos en la agricultura y así evitar algún otro tipo de contaminación y la pérdida de su eficiencia.



**Una aplicación moderna de los enrejados metal-orgánicos es la administración de fertilizantes de manera controlada. Además, son una alternativa interesante por su reciclabilidad.**

Estudios posteriores han demostrado que los enrejados metal-orgánicos son materiales funcionales prometedores para una variedad de aplicaciones agrícolas. En este

contexto, el uso de técnicas de modelado molecular también ha ayudado a comprender la interacción entre los agroquímicos y los enrejados metal-orgánico, para un mejor entendimiento de las etapas de detección, eliminación o liberación progresiva, generando una investigación multidisciplinaria.





Por lo anterior, es posible apreciar que tanto la adsorción como la dosificación de agroquímicos, utilizando enrejados metal-orgánicos es un área de investigación relativamente nueva y el número de estudios continúa creciendo.

### Conclusiones

La funcionalización y diseño de materiales enrejados metal-orgánicos con biomoléculas le imparte nuevas propiedades estructurales y reactividad química, por lo que es un tema de interés y vanguardia, tanto en la academia como en la industria. Varios grupos de investigación se enfocan en desarrollar rutas sintéticas para la modificación de estos materiales usando diversas especies químicas que van desde nanopartículas metálicas hasta nanotubos de carbono, con el objetivo de optimizar sus propiedades y por ende sus aplicaciones. En este sentido, el diseño de materiales MOF biocompatibles es necesario, para aplicaciones agrícolas, la naturaleza de estos sólidos y su facilidad de recuperación en disolución permite que puedan ser reciclados y contribuyan para afrontar a la problemática ocasionada por uso de pesticidas y fertilizantes.



### Literatura recomendada

- Vivar, J. y Méndez, J. (2015). La modernización agrícola en México y sus repercusiones en espacios rurales. *Antropologías del Sur* 3, 51 – 67.  
<https://doi.org/10.25074/rantros.v2i3.831>
- Rojas, S., Rodríguez-Diéguez, A., Horcajada, P., (2022). Metal-organic frameworks in agriculture. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 14, 15, 16983–17007.  
<https://doi.org/10.1021/acsami.2c00615>
- Mahmoud, L. A. M., Reis, R. A. D., Chen, X., Ting, V. P., Nayak, S. (2022). Metal-organic frameworks as potential agents for extraction and delivery of pesticides and agrochemicals. *ACS Omega*, 7, 50, 45910–45934.  
<https://doi.org/10.1021/acsomega.2c05978>





### Semblanzas de autoras



**Dra. Berenice González Santiago.** Licenciada y Maestra en Química por la UAM-Iztapalapa. Doctorado: "Síntesis y propiedades de enrejados metal-orgánicos de escandio" en la Universidad de St. Andrews, Reino Unido. Con interés en investigación enfocada a la síntesis y funcionalización de materiales híbridos para remediación de emergencia ambiental.

**Dra. Ana Adela Lemus Santana.** Química de formación, con Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Nivel SNI II. Se especializa en Nanotecnología y materiales funcionales para la retención y reúso de CO<sub>2</sub>, energías renovables y materiales adsorbentes para filtros de gases con efecto invernadero.

Envía tus contribuciones científicas a la revista **Terra Latinoamericana**, órgano de difusión de la SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A. C.

**Terra Latinoamericana** es de publicación continua y publica artículos científicos originales de interés para la comunidad de la ciencia del suelo y agua.

**TERRA**  
Latinoamericana



ISSN Electrónico 2395 - 8030

<https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra>



## Etileno: del verde al rojo en chile de árbol

Jaime Beltrán Urueta<sup>1</sup>  
Carlos Abel Ramírez Estrada<sup>2</sup>  
Alejandro Palacio-Márquez<sup>1</sup>  
Marina Imelda Terrazas Gómez<sup>1</sup>  
Martín Díaz García<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua, Km 2.5 Carretera Delicias a Rosales, 33000 Delicias, Chihuahua, México.

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. (CIAD), Av. 4 Sur 3828, Pablo Gómez, 33088 Delicias, Chihuahua, México.

\*Autor para correspondencia: apalaciom@uach.mx

**El chile de árbol madura de forma dispar. Por suerte, algunos fitorreguladores contribuyen a la maduración uniforme y la caída de hojas para facilitar la cosecha. El etileno, como regulador vegetal, hace más eficiente la cosecha. Por esto, en el presente artículo se presentan avances en el uso de etileno para regular la maduración en el cultivo de chile de árbol.**



### Introducción

El chile de árbol es conocido por su coloración rojo intenso y por el picor que aporta, por lo que es un producto popular en la preparación y elaboración de alimentos como salsas y como condimento una vez que está maduro y seco. El chile de árbol pasa de un color verde a un color rojo intenso cuando alcanza la

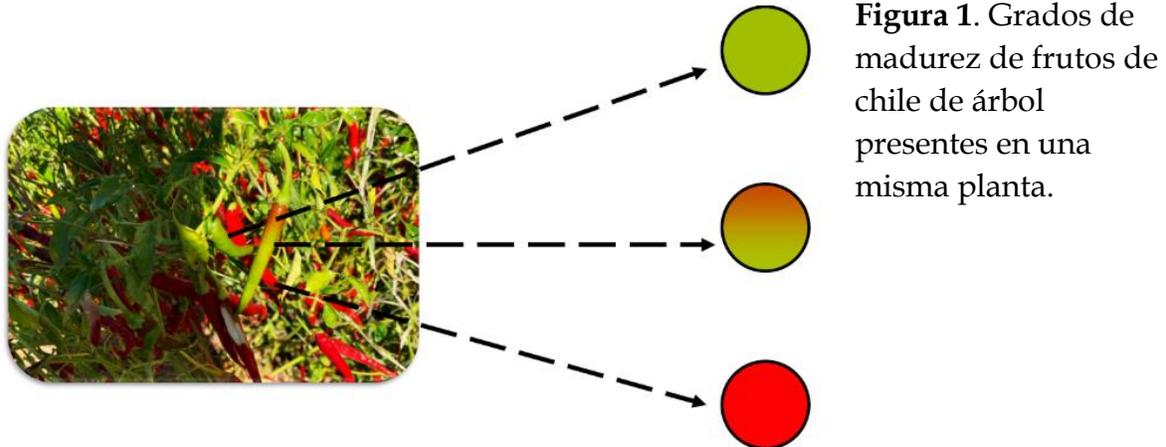
madurez. Sin embargo, los frutos dependiendo su etapa de desarrollo maduran a diferente tiempo, dando como resultado chiles de diferente color en una misma planta. Esto afecta la cosecha, ya que, aunque el chile de árbol puede consumirse y venderse en verde, su valor comercial disminuye. No obstante, diversos estudios han reportado las ventajas de aplicar productos que mejoren la regulación en la maduración. De esta forma, se puede alcanzar la madurez en menos tiempo, con chiles más uniformes y hacer más eficiente la cosecha.



## Desarrollo

### Maduración en chile de árbol

El proceso de fructificación en el cultivo de chile de árbol coincide con el ciclo de crecimiento vegetativo. Es decir, la generación de nuevos brotes y de flores listas para fructificar son simultáneas. Este patrón de fructificación da origen a chiles con distintos grados de madurez (Figura 1). Como consecuencia, la cosecha se programa cada semana o dos semanas, con un total de 6 cosechas en promedio, también llamadas “cortes”. En cada corte, se cosechan solo los frutos maduros, seccionando el chile desde la base del tallo sin dañar la planta para no comprometer el siguiente corte. Sin embargo, el proceso de cosecha podría ser más eficiente si se redujera el número de cortes.



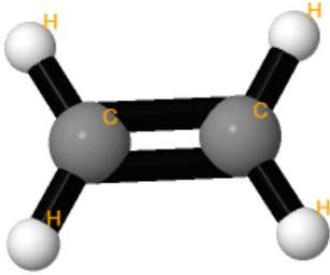
### Una alternativa para una mejor maduración y cosechas uniformes

Una de las principales problemáticas para los productores de chile de árbol al momento de la cosecha es la comercialización. El valor de la cosecha puede disminuir si los frutos tienen diferentes grados de maduración. Cuando el chile de árbol madura, pasa de un color verde oscuro a rojo intenso. Sin embargo, a pesar de que las plantas tengan un manejo de cultivo igual, la maduración de sus frutos está sujeta a condiciones externas que no se pueden controlar. Ante esto, una de las alternativas para controlar la maduración en una gran variedad de especies vegetales es la utilización de hormonas como el etileno. Sin embargo, la dosis de aplicación de etileno juega un rol muy importante, ya que un exceso podría causar una caída prematura de las hojas, también llamada senescencia.

*Durante la maduración se pueden observar chiles de diferente color en una misma planta. Esto afecta la cosecha y, por ende, el valor comercial disminuye.*



## ¿Qué es el etileno?



Los efectos del etileno fueron descubiertos a inicios del siglo XX, por Dimitry Neljubov, un estudiante de botánica de origen ruso. Dimitry observó que plantas desarrolladas en oscuridad dentro del laboratorio presentaban tallos más cortos y crecimiento anormal. Una vez llevadas a la intemperie las plantas regresaban a un crecimiento normal. Sin embargo, no fue sino hasta 1934 que

Richard Gane nombró a las “emanaciones” responsables de la maduración de frutas como etileno, una hormona vegetal.

A partir de que se refinaron las técnicas para medir compuestos en estado gaseoso como el etileno, se lograron definir sus funciones en plantas. Dicho esto, el etileno es una hormona en forma de gas, producida por todas las plantas. Pero ¿Qué es una hormona vegetal? Al igual que las hormonas que produce el cuerpo humano controlan nuestro crecimiento y desarrollo, las hormonas vegetales controlan el de las plantas. Las plantas crean el etileno principalmente en brotes de crecimiento. Además, dependiendo de las condiciones en las que se encuentre la planta se puede sintetizar más o menos etileno. Situaciones

desfavorables como frío, encharcamientos, cortes o falta de agua pueden incrementar los niveles. De igual forma, es un mecanismo para iniciar con la caída de hojas, flores y maduración de frutos.



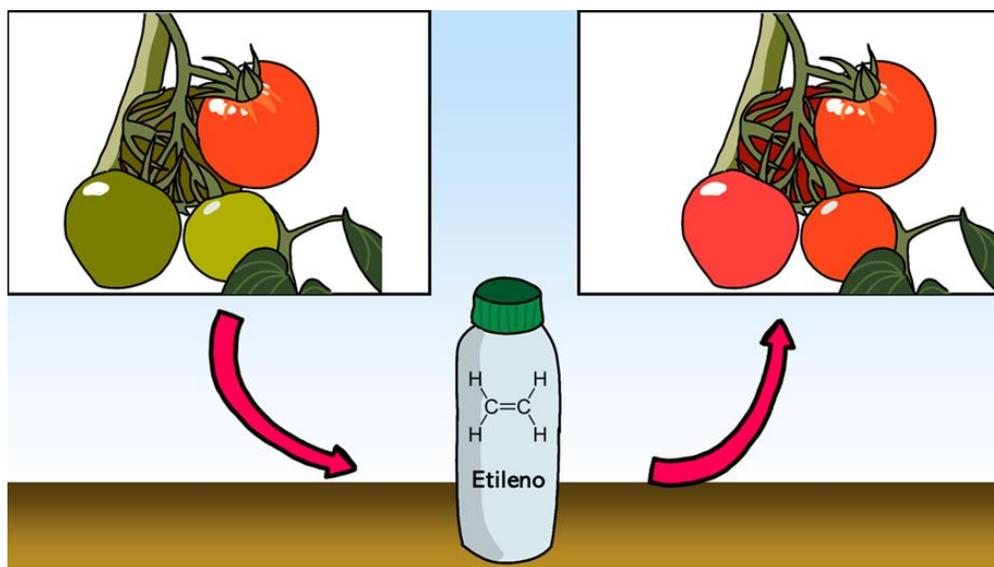
Una de las características que diferencian al etileno de otras hormonas vegetales es su forma gaseosa. Esto le permite difundirse desde los sitios de síntesis y viajar por los espacios que se encuentran entre células hacia donde la planta lo requiera. Por esta misma razón, actualmente el sector agrícola especializado en el manejo de frutos después de cosecha ha desarrollado técnicas eficientes de captura de etileno durante el almacenaje, con el fin de evitar daños y prolongar el tiempo de vida de los productos cosechados.



### ¿Cómo rociar de etileno a las plantas?

Anteriormente se hizo hincapié en las capacidades del etileno para difundirse a través de la planta como un gas. Entonces, ¿Cómo se puede aplicar un gas como el etileno a plantas cultivadas para obtener una respuesta? Esto se logra gracias a productos comerciales que permiten solubilizar el etileno en forma acuosa (Figura 2). Así mismo, esto hace la aplicación más sencilla y, sobre todo, permite calcular una dosis precisa, ya que si se aplica en exceso puede ocasionar graves daños a los cultivos. De la misma forma, contar con etileno en formas solubles en agua (ácido 2-cloroetil fosfórico) facilita la dosificación y aplicación de este gas y, por otro lado, evita peligro por contaminación en otros cultivos.

*Productos comerciales que permiten solubilizar el etileno en forma acuosa hacen más sencilla la aplicación en plantas.*



**Figura 2.** La aplicación de productos precursores de etileno solubles en agua facilita la aplicación a diferentes cultivos.

Estudios han demostrado que el uso de ethephon, un precursor del etileno, aplicado a plantas de tomate en invernadero, logró la obtención de frutos con más peso y firmeza. Además, se cree que los parámetros que se podrían beneficiar con este producto son la redondez, color y tamaño de los frutos. Así mismo, se ha demostrado su eficacia para uniformizar la maduración en chile de árbol y secar las hojas, facilitando la cosecha (Figura 3). Estas características son clave para incrementar el valor de la cosecha y colocar el producto en mercados más competitivos y con más ganancias económicas para los productores.



**Figura 3.** Antes y después de la aplicación de etileno en cultivo de chile de árbol. Se reduce el número de cosechas y el fruto tiene una madurez uniforme.

### Retos para la juventud

El uso del etileno para mejorar las características de maduración en chile de árbol aún representa algunos retos. Por ejemplo, aún no hay certeza sobre la dosificación correcta para evitar caída de hojas o una senescencia prematura de las plantas. Además, existe una gama amplia de productos precursores de etileno, por lo cual es necesario probarlos en los diferentes cultivos que se pudieran beneficiar.

Sin embargo, los resultados de los estudios realizados hasta hoy presentan una oportunidad de mejorar el mercado para el cultivo de chile de árbol. Así mismo, se puede extender el producto a mercados internacionales y al obtener cosechas tempranas, el producto puede colocarse a la venta antes de que haya saturación.

### Conclusiones

En conclusión, el etileno como madurador de frutos de chile de árbol, ha mostrado resultados favorables. Esto indica que podría ser una alternativa viable para hacer más eficiente la cosecha, disminuyendo número de cortes y mano de obra y permitiendo ofertar el producto de forma temprana a los mercados. Sin embargo, más estudios sobre diferentes fuentes de etileno son necesarios. Además, es necesario profundizar en los efectos de diferentes dosis de aplicación, para estandarizar y sacar el mayor provecho a esta hormona vegetal.





### Literatura recomendada

Ayala-Villegas, M. J., Ayala-Garay, Ó. J., Aguilar-Rincón, V. H., & Corona-Torres, T. (2014). Evolución de la calidad de semilla de *Capsicum annuum* L. durante su desarrollo en el fruto. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(1), 79-87.

Montalvo-González, E., González-Espinoza, N. G., García-Galindo, H. S., Tovar-Gómez, B., & Mata-Montes de Oca, M. (2009). Efecto del etileno exógeno sobre la desverdización del chile 'poblano' en poscosecha. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 15(2), 189-197.

Yang, B., Luo, Y., Tan, Y., & Kan, J. (2021). Effects of ethephon on ethephon residue and quality properties of chili pepper during pre-harvest ripening. *Journal of Food Science and Technology*, 58, 2098-2108.



### Semblanzas de autores

**Jaime Beltrán Urueta.** Pasante de la carrera Ingeniero Agrónomo Fitotecnista en la facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH).

**M.C. Carlos Abel Ramírez Estrada.** Maestría en ciencias, con terminación en Horticultura, estudiante de doctorado en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) y miembro del Grupo de Investigación en Fisiología y Nutrición Vegetal.

**Dr. Alejandro Palacio Márquez.** Doctor en ciencias, con terminación en horticultura por parte del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD), profesor investigador en la facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Miembro del SNII nivel I.

**Dra. Marina Imelda Terrazas Gómez.** Dra. en Responsabilidad Social Empresarial. Docente en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales (UACH). Miembro Activo del SNII Nivel candidato, Reconocimiento Perfil PRODEP. Miembro de la Red Multidisciplinaria de Estudios del Desierto, A.C.

**M.C. Martín Díaz García.** Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Maestro en Ciencias de Horticultura. Profesor encargado del laboratorio de análisis de suelo planta y agua de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Asesor agrícola de productores en diferentes cultivos.



**48° CONGRESO MEXICANO DE LA  
CIENCIA DEL SUELO  
C H I H U A H U A 2 0 2 4**  
"Suelos Sanos y Resilientes para el Desarrollo Sostenible"



<https://uach.mx/faciatec/eventos/48cmcs/>



LA SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA  
DEL SUELO A.C. Y LA UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA TE INVITAN  
A PARTICIPAR EN EL



# 48 Congreso Mexicano de la Ciencia del Suelo



DEL 14 AL 18 DE OCTUBRE DE 2024

Universidad Autónoma de  
Chihuahua



Sitio web del #48cmcs



Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo



Congreso Mexicano de la Ciencia del Suelo

| ISSN: 2992-8125 | [www.vocesdelsuelo.org.mx](http://www.vocesdelsuelo.org.mx) |  
| Volumen 2 – Número 2 – 2024 |



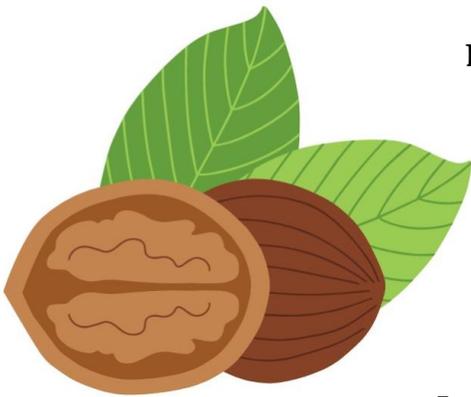
## Salinidad: Desafío para el cultivo del nogal pecanero

Yahira Xulei Salazar Gutiérrez<sup>1</sup>  
Elisa Andrea Payán López<sup>1</sup>  
Carlos Abel Ramírez Estrada<sup>2</sup>  
Alejandro Palacio-Márquez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua, Km 2.5, Carretera Delicias a Rosales, 33000 Delicias, Chihuahua, México.

<sup>2</sup> Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Av. 4 Sur 3828, Pablo Gómez, 33088 Delicias, Chihuahua, México.

\*Autor para correspondencia: [apalaciom@uach.mx](mailto:apalaciom@uach.mx) Tel. (639) 119 4905



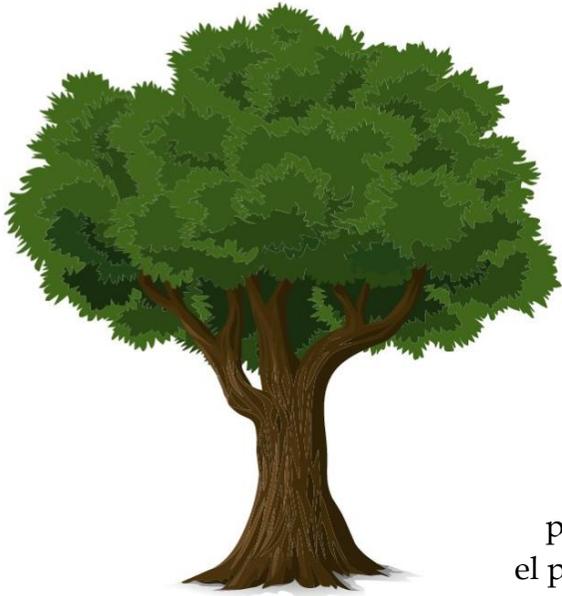
**La salinidad es uno de los problemas que limita la producción de los cultivos. En el caso del nogal pecanero, cultivo que se produce en zonas áridas, genera problemas en el crecimiento, coloración de las hojas y sobre todo la calidad del fruto. Sin embargo, existen alternativas para el manejo de la salinidad, que permiten a los nogaleros seguir manteniendo cosechas de calidad con el objetivo de brindar mejores frutos a los consumidores.**

### Introducción

El nogal pecanero es considerado un cultivo de alto impacto para México, debido a que actualmente existen 161 mil hectáreas sembradas, con un valor de producción de 12,896 millones de pesos, en especial en la zona norte del país, en los estados de Chihuahua, Sonora y Coahuila, donde se concentra 89.6% de la producción.

El nogal es conocido como un cultivo sensible a la salinidad, la cual es la cantidad de sales neta presentes en un suelo agrícola.





El nogal pertenece a la familia de las Juglandáceas, las cuales son árboles caracterizados por producir fruto en forma de nuez. Asimismo, dicho fruto es considerado como un super alimento ya que contiene una alta concentración de vitaminas, minerales y sobre todo, compuestos antioxidantes, además, contiene ácidos grasos que ayudan a reducir el colesterol y prevenir enfermedades cardiovasculares. A pesar de su alto impacto económico, dicho fruto se considera un cultivo en crecimiento, debido a que cada vez se utiliza en más preparaciones, ya sea como consumo en seco o mediante el procesado de la almendra para formar postres y harinas.

### Problemas en la producción de nueces de nogal pecanero

El nogal pecanero se ha adaptado a las condiciones de clima semiárido, el cual es característico de la zona norte del país, así como la zona sur de los Estados Unidos de América, los cuales son los principales productores de este cultivo. En condiciones óptimas el ciclo vegetativo del nogal varía entre los 230 y 250 días tolerando tanto temperaturas bajas como altas,

también, es un cultivo que requiere una buena nutrición, especialmente nutrientes como el zinc, nitrógeno, fósforo y potasio. Es considerado como un cultivo de alta demanda de agua, con poca tolerancia a la sequía y a la salinidad, la cual es la cantidad de sales presentes en un suelo agrícola. Para conocer el nivel salino de un suelo, se utiliza la conductividad eléctrica, tomando en cuenta que la sal es un compuesto formado por iones negativos unidos a iones positivos, dicho iones pueden ser específicos de cloro, boro y principalmente sodio.

La salinidad es considerada como el factor principal que limita la productividad de regiones áridas, llegando a generar suelos incapaces de usarse para la agricultura.





## Efectos de la salinidad en el nogal pecanero

La salinidad en el suelo se considera como el factor principal que limita la productividad de regiones áridas y semiáridas, siendo tal el impacto que puede incluso dar resultado a suelos incapaces de usarse para la agricultura. Se considera un suelo como salino a partir de una conductividad eléctrica por encima de 4 deciSiemens por metro ( $\text{dSm}^{-1}$ ) y con un porcentaje de sodio intercambiable mayor a 15%. La presencia de sales en el suelo suele derivar mayormente de aguas de riego de baja calidad obtenidas de pozos profundos, precipitaciones menores a los 380 mm por año, el exceso y la mala aplicación de fertilizantes, además del proceso de evaporación del agua, mediante el cual las sales disueltas en el agua del suelo tienden a subir por efecto de la capilaridad, entre otras (Fig. 1).

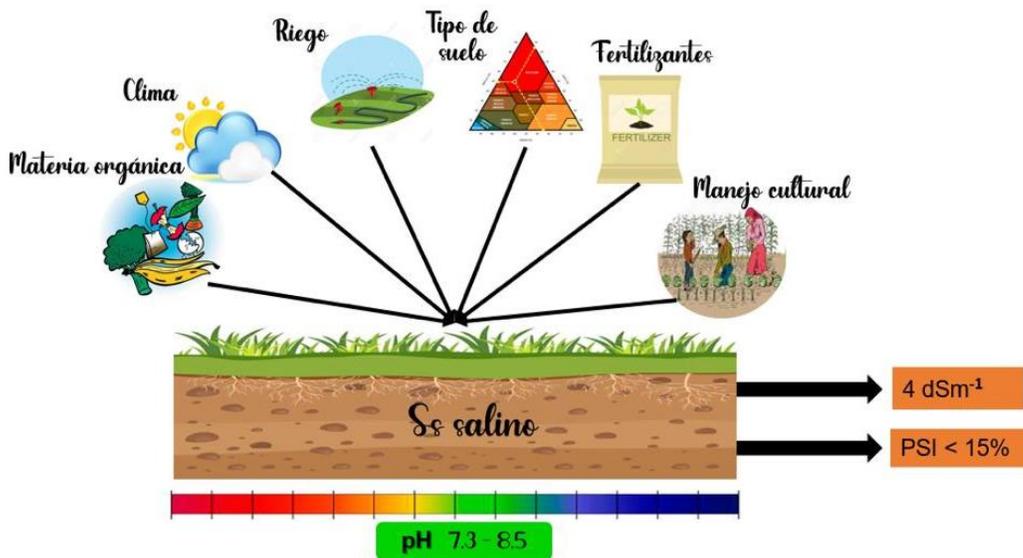
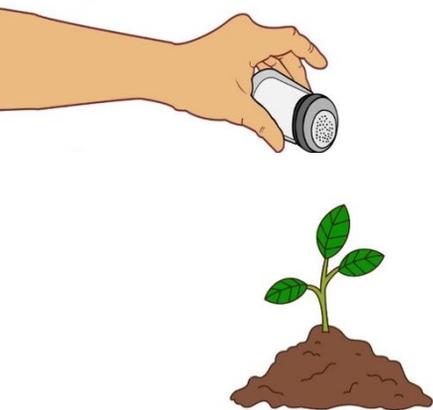


Figura 1. Factores que incrementan el nivel de salinidad en un suelo agrícola.



La salinidad tiene efectos indirectos en el crecimiento de raíces y tallos, además de efectos directos sobre la coloración, tamaño y número de hojas.



**Figura 2.** Efectos de la salinidad en las hojas de árboles de nogal pecanero.

Haciendo énfasis en los iones de sodio, la salinidad tiene efectos indirectos en el crecimiento de raíces y tallos, además de efectos directos sobre la coloración, tamaño y número de hojas, provocando que las hojas tengan sus puntas con una coloración marrón como si fuera una quemadura (Fig. 2). En cuanto a los procesos internos de la planta, la salinidad provoca una disminución en la fotosíntesis total, así como un déficit hídrico, debido a que, en suelos con alta salinidad, las raíces pueden inhibir la absorción de agua, en relación con lo anterior, las plantas presentan deficiencias de nutrientes ya que mediante la absorción de agua es la forma en la que adquieren la mayoría de los nutrientes. Entre otras afectaciones, también se encuentra una reducción en la calidad de los frutos porque el cultivo tiende a disminuir la absorción de nitrógeno, lo que lleva a una baja síntesis de proteína, evitando que los frutos alcancen su máximo potencial.

### ¿Cómo se controla la salinidad?

La forma más sencilla de reducir los niveles de sales es mediante la aplicación de lavados o riegos con altas cantidades de agua, provocando que las sales se unan a las partículas de agua y descendan hacia las zonas de aguas subterráneas. Las cantidades de agua que se deben aplicar para el lavado de suelo se deben calcular tomando en cuenta la salinidad del agua y suelo, así como textura y estructura de este. En caso de presentar suelos compactados o con malos drenajes, que limiten el lavado, es necesario realizar trabajos de ruptura del suelo con una profundidad entre 15 y 30 cm, también conocido como subsuelo, estos trabajos deben realizarse antes de aplicar el lavado con el objetivo de incrementar su efectividad.

Para el nogal, se pueden utilizar coberturas vegetales con el objetivo de utilizarlas como abono verde, el cual tiene efectos positivos sobre las características del suelo.



En el caso del nogal pecanero, los riegos de lavado deben aplicarse durante todo el ciclo del cultivo para asegurar que la salinidad no afecte el llenado y apertura del ruezno. Sin embargo, esta técnica cada vez es menos viable, debido a los problemas de sequía que enfrentan los agricultores de las zonas semiáridas del norte de México, haciendo poco factible la utilización de esta técnica sin repercusiones en la disponibilidad del recurso hídrico durante el ciclo fenológico del cultivo. Por lo cual, se evalúan alternativas más sostenibles para el manejo de los problemas de salinidad en los suelos agrícolas, sobre todo en zonas donde el agua se encuentra limitada.



### Alternativas novedosas en el manejo de la salinidad

La primera opción de manejo consiste en reducir o cambiar los fertilizantes aplicados, enfocándose en productos con bajos índices de salinidad (Tabla 1), reduciendo de esta manera el contenido de sales que se quedan en los suelos. Aplicaciones de tiosulfatos de calcio y potasio, así como la correcta preparación del suelo antes de establecer el cultivo son alternativas que ayudan a mitigar los efectos de la salinidad. Otro método químico es la aplicación de sulfato de calcio o mejor conocido como yeso agrícola, el cual es un mejorador del suelo que tiene la capacidad de intercambiar el sodio del suelo por el calcio, creando sulfato de sodio, el cual es más sencillo de lavar o incluso es asimilable para el cultivo, al uso de yeso agrícola se le atribuye una mejora en el suelo debido a que limita los excedentes de salinidad, disminuyendo la conductividad eléctrica y el porcentaje de sodio en el suelo.



**Tabla 1.** Índice de salinidad de los fertilizantes más utilizados en el cultivo de nogal.

Fertilizante	Formula química	Índice de salinidad
Sulfato de amonio	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	69.0
Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	65.0
Urea	$\text{CH}_4\text{NO}$	46.6
Fosfato di amónico (DAP)	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	26.2
Super fosfato triple	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	10.1
Sulfato de potasio	$\text{K}_2\text{SO}_4$	46.1
Nitrato de potasio	$\text{KNO}_3$	73.6



Actualmente, se ha promovido la utilización de productos de origen orgánico destacándose el uso de ácidos orgánicos, especialmente húmicos y fúlvicos, debido a la respuesta positiva en el crecimiento y desarrollo de nogales

pecaneros, así como una disminución en el contenido de sales del suelo. Otra opción viable es la aplicación de extractos de algas o aminoácidos aplicados de manera foliar ya que estos compuestos tienen efectos sobre la regulación del estado hídrico de las plantas,

provocando, en el caso de este frutal, un menor requerimiento de agua y mayor aprovechamiento de los nutrientes absorbidos, generando un fruto de mayor calidad, incluso con el problema de salinidad presente en el suelo.

La utilización de ácidos orgánicos, especialmente húmicos y fúlvicos tienen respuesta positiva en el crecimiento y desarrollo de nogales bajo efectos de la salinidad.

Adicionalmente, el uso de enmiendas orgánicas como mejoradores de suelo, ejemplo de esto son: restos de cosecha, humus sólido y líquido o el uso de microorganismos con efectos positivos en la absorción de agua y nutrientes. En particular para el nogal pecanero, se pueden utilizar coberturas vegetales o permitir el crecimiento de malezas con el objetivo de utilizarlas como abono verde, el cual además de incrementar los rendimientos ha tenido efectos positivos sobre las características del suelo, reduciendo con el paso de los años los problemas de salinidad.



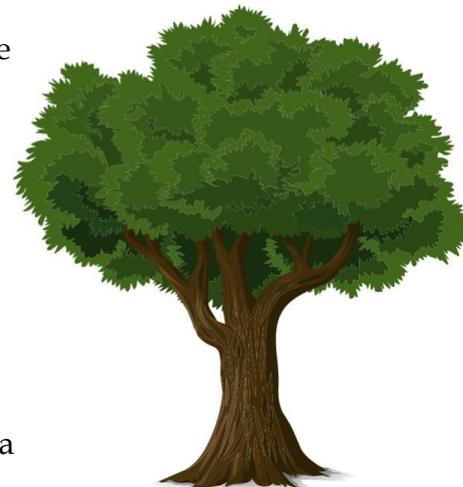
### Retos para la juventud

Es importante conocer las características de las sales presentes en el agua de riego para lograr establecer necesidades de aplicación a través de fertilizantes, enmiendas orgánicas o mejoradores de suelo. Por eso otra parte, es necesario crear conciencia en los agricultores para que cambien sus formas de manejo de los suelos, con el objetivo de que la producción se vuelva más sostenible, debido a que los problemas actuales son el reflejo del manejo agronómico inadecuado llevado a cabo en la agricultura durante los últimos años.



## Conclusión

El ensalitramiento de los suelos es un problema que se convierte en uno de los grandes retos para los agricultores, especialmente para los nogaleros, considerando que el nogal pecanero se cultiva en regiones áridas y semiáridas de México. Debido a esto, es relevante conocer alternativas para minimizar el efecto adverso de la salinidad. Por lo cual, la aplicación de fertilizantes con bajo índice de salinidad, el monitorear la calidad de agua de riego, la aplicación mejoradores de suelo, así como también mantener coberturas vegetales y de manera foliar aplicar bioestimulantes para conferir al árbol mayor resistencia al estrés salino, podrían ser alternativas para incrementar la producción y calidad de la nuez.



## Literatura recomendada



Travisña-Barriga, A., Bórquez-Olguin, R., Leal-Almanza, J., Castro-Espinoza, L., y Gutiérrez-Coronado, M. (2018). Rehabilitación de un suelo salino con yeso agrícola en un cultivo de nogal en el Valle del Yaqui. *Revista Terra Latinoamericana*, 36(1), 85-90.

Ojeda-Barrios, D., Benavides-Mendoza, A., Hernández-Rodríguez, A., Orozco-Meléndez, L.R. y Sánchez, E. (2021). Causes, effects and management of salinity problems in pecan production in North Mexico. *Saline and Alkaline Soils*. En: Taleisnik, E., Lavado, R.S. (eds) *Saline and Alkaline Soils in Latin America* (177-187). Springer, Cham.

Grajeda-Grajeda, J., Sabri-Palma, R., Valenzuela-Martínez, A., Quijada-Flores, A., Núñez-Moreno, H., y Rodríguez, J. (2012). Salinidad del suelo en huertas de nogal pecanero *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch. *Biotecnica*, 8(3), 22-27.

## Semblanzas de autores

**Yahira Xulei Salazar Gutiérrez.** Estudiante de cuarto semestre de la carrera de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales en la Universidad Autónoma de Chihuahua.

**Elisa Andrea Payán López.** Estudiante de cuarto semestre de la carrera Ingeniero Agrónomo Fitotecnista en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, en la Universidad Autónoma de Chihuahua.

**M. en C. Carlos Abel Ramírez Estrada.** Maestría en Ciencias, con terminación en Horticultura, estudiante de doctorado en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) y miembro del Grupo de Investigación en Fisiología y Nutrición Vegetal.

**Dr. Alejandro Palacio Márquez.** Doctor en ciencias, con terminación en horticultura por parte del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD), profesor investigador en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Miembro del SNII nivel I.



## Solución

# Suelos sustentables: desvelando las letras esenciales

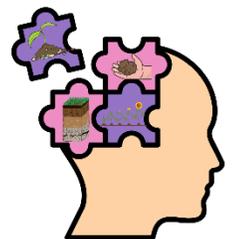
Dulce Flores-Rentería<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CONAHCYT - CINVESTAV Unidad Saltillo. Grupo de Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía. Av. Industria Metalúrgica 1062, Parque Industrial Ramos Arizpe, C.P. 25900, Ramos Arizpe, Coahuila, México.

\*Autor para correspondencia: [yaahid.flores@cinvestav.edu.mx](mailto:yaahid.flores@cinvestav.edu.mx)

M	V	Y	J	C	L	E	O	Z	T	B	L	S	O
M	S	U	E	L	O	P	P	I	K	D	G	U	U
W	R	W	K	W	Q	U	O	I	X	P	P	S	I
D	A	J	C	K	K	C	O	S	V	I	D	T	R
P	A	O	J	L	S	U	P	U	Y	Z	F	E	R
O	O	G	C	D	Z	P	X	S	M	X	T	N	U
A	C	X	R	W	E	J	O	T	D	B	S	T	A
G	E	P	E	O	C	R	N	I	A	H	O	A	Q
R	Q	D	C	Y	E	M	V	B	H	P	W	B	H
O	U	A	A	F	R	C	J	Y	Z	A	S	I	J
F	S	D	R	K	O	Y	O	H	Y	W	B	L	K
W	R	I	B	P	S	A	W	L	C	W	Q	I	P
R	V	S	O	Z	I	A	M	O	O	M	Y	D	O
T	Q	R	N	J	O	A	Z	X	M	G	C	A	B
U	Q	E	I	L	N	I	Y	V	P	S	I	D	E
G	N	V	Z	X	W	C	L	U	O	J	K	A	A
D	O	I	A	D	J	N	B	D	S	I	I	E	G
A	K	D	C	T	H	E	G	P	T	S	R	V	R
D	E	O	I	Z	F	I	U	U	A	G	S	Z	I
I	G	I	O	Q	X	L	R	R	J	F	P	R	C
L	Y	B	N	N	X	I	L	Z	E	G	G	P	U
I	B	S	E	H	A	S	J	W	X	Y	R	H	L
T	X	V	Y	D	E	E	A	U	B	N	B	O	T
R	C	O	N	S	E	R	V	A	C	I	O	N	U
E	B	G	E	C	O	M	V	W	K	B	I	B	R
F	X	X	B	I	R	I	I	Z	M	D	U	G	A

| Sección IV: Horizontes Genéticos Mayores y Capas |  
 | Subsección IV G: Capa R |





La Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C.  
te invita a participar en los

## Cursos-Taller 2024

Todos los cursos son en línea a través de TEAMS

11 Y 12 DE  
MARZO



Clasificación científica  
de Suelos

M.C. Sandra Monserrat  
Barragán Maravilla

17:00 a 19:00 h

6 Y 8 DE  
ABRIL



Producción de abonos  
orgánicos

M.C. Rosario Fátima Garza  
Hurtado

18:00 a 20:00 h

30 DE ABRIL Y 2  
DE MAYO



Nanorremediación y  
biorremediación de suelo y  
agua

Dr. Fabián Fernández-Luqueño

16:00 a 18:00 h

16 Y 17 DE  
MAYO



Interpretación de  
análisis de suelos

Dr. Ricardo González Mateos

16:00 a 18:00 h

7 Y 8 DE  
JUNIO



Diseño de dosis de  
abonamiento y  
fertilización de cultivos

M. C. Miriam Galán Reséndiz

16:00 a 18:00 h

25 Y 26 DE  
JUNIO



Suelo fértil: herramientas  
prácticas para su  
conservación y  
restauración

Dr. Juan Uriel Avelar Roblero

17:00 a 19:00 h

16 Y 17 DE  
JULIO



Análisis de calidad de  
agua para riego agrícola

Dr. Martín Solís Martínez

10:00 a 12:00 h

29 Y 30 DE  
AGOSTO



Análisis térmico de la  
materia orgánica del  
suelo

Dr. Bruno Manuel Chávez  
Vergara

14:00 a 16:00 h

5 Y 6 DE  
SEPTIEMBRE



Cuantificación del carbono  
en suelo y vegetación  
desde una perspectiva  
biogeoquímica

M. C. Ofelia Ivette Beltrán Paz

14:00 a 16:00 h

24 Y 25 DE  
SEPTIEMBRE



Técnicas de micro  
cartografía de suelos

M. C. Vicente Vidal Encina  
Uribe

14:00 a 16:00 h

**Costo por curso \$300 pesos**

Socios numerarios pueden acceder sin costo a todos los cursos.  
Socios estudiantes tienen derecho a 4 cursos gratuitos y 50% de descuento  
a partir del 5to curso.

### Inscripción:

Para inscribirte, registra los cursos de tu interés al correo  
**19964@uagro.mx** y adjunta tu membresía vigente o tu ficha de pago,  
según corresponda.

Los cursos tendrán cuatro horas de duración. Se extenderá constancia  
por cada curso solo si se cumple el cien por ciento de asistencia.

Más información para socios y método de pago:

<https://www.smcsmx.org/miembros/%C2%BFc%C3%B3mo-hacerse-miembro>

Call for Papers  
Special Issue

| Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente |  
Revista de Divulgación de la  
SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A.C.



## 2<sup>nd</sup> International Conference on Soil Sustainability and Innovation (2-ICSSI)



En el marco del 48 Congreso Mexicano de la Ciencia del Suelo, se organiza el 2-ICSSI en el que han confirmado cinco prestigiosos conferencistas internacionales (<https://uach.mx/faciatec/eventos/48cmcs/>). Además, se ha lanzado en la revista **Heliyon** (IF=3.4, Q1) un número especial denominado:



**“Soil Sustainability and Innovation”**

Participa y envía tu contribución a este número especial con 30% de descuento, respecto al cargo regular por publicación.



Información adicional y el enlace para el envío de manuscrito se pueden consultar en:

<https://www.cell.com/heliyon/special-issues/call-for-papers/soil-sustainability-innovation>

Conferencistas confirmados del 2-ICSSI



Dr. Joann K. Whalem  
Université McGill,  
Montreal, Canada



Dr. Kathleen Treseder  
University of California  
Irving, USA



Dr. Kate Scow  
University of California  
Davis, USA



Dr. Ana Rincón Herranz  
Inst. de Ciencias Agrarias  
CSIC, España



Dr. Manuel D. Baquerizo  
Inst. de Rec. Nat. y Agrobiol.  
CSIC, España

| Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente |  
Revista de Divulgación de la  
SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A.C.



**Publicación trimestral**  
| Marzo-Junio-Septiembre-Diciembre |

ISSN: 2992-8125