



Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente

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



Vol. 3 – Núm. 4 – 2025



ISSN: 2992-8125



Mesa Directiva de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (2025-2027)

Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda Barrios
 Presidenta
 Universidad Autónoma de Chihuahua

Dr. Fabián Fernández-Luqueño
 Secretaría General
 Cinvestav Zacatenco

Dr. Oscar Cruz Álvarez
 Secretaría de Eventos Nacionales e Internacionales
 Universidad Autónoma de Chihuahua

Dra. Lisett Santa Cruz Ludwig
 Secretaría de Educación y Enseñanza
 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Dr. Hermes Pérez-Hernández
 Subsecretaría general
 INIFAP Campeche

M.C. Ricardo González Zabaleta
 Coordinador de cursos
 Universidad Autónoma de Guerrero

Dra. Susana González Morales
 Tesorería
 SECIHTI-UAAAAN

Dra. Ofelia A. Hernández Rodríguez
 Secretaría de Relaciones Públicas
 Universidad Autónoma de Chihuahua

M.C. Ramón Satél Luján Aguirre
 Secretaría de Promoción de Membresías
 Universidad Autónoma de Chihuahua

Dra. Miriam Galán Reséndiz
 Subsecretaría de Promoción de Membresías
 Universidad Autónoma Chapingo

Dr. Julián Delgadillo Martínez
 Coordinador de Webinars
 Colegio de Postgraduados

Dra. Dulce Yaahid Flores Rentería
 Vicepresidenta
 SECIHTI-Cinvestav Saltillo

Dra. Rosalía del Carmen Castelán Vega
 Secretaría Técnica
 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Dr. Gabriel Alejandro Hernández Vallecillo
 Secretaría de Acción Juvenil
 FES-Iztacala, UNAM

Dra. Sandra Monserrat Barragán Maravilla
 Secretaría de Creación de Contenido Digital
 FES-Iztacala, UNAM

M.C. Ximena Castillo Valdez
 Subsecretaría de Creación de Contenido Digital
 Independiente

M.C. Oscar Fernández-Fernández
 Coordinación de diplomados
 Universidad Autónoma Chapingo

Comité Editorial de Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente

Editores en Jefe

Dr. Fabián Fernández-Luqueño
 Cinvestav Zacatenco

Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda Barrios
 Universidad Autónoma de Chihuahua

Dra. Dulce Yaahid Flores Rentería
 SECIHTI-Cinvestav Saltillo

Editores Adjuntos

Dr. Edgar Vázquez-Núñez
 Universidad de Guanajuato

Dr. José Rafael Paredes Jácome
 Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Biol. Mariana Tovar-Castañón
 UNAM

Dra. Alma C. Hernández Mondragón
 Cinvestav Zacatenco

Dra. Rosalía Castelán Vega
 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

M.C. Rene Juárez Altamirano
 Cinvestav Saltillo

Dr. Hermes Pérez-Hernández
 INIFAP Campeche

Dr. César Roberto Sarabia Castillo
 Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda-Barrios
 Universidad Autónoma de Chihuahua

Dr. Julián Delgadillo Martínez
 Colegio de Postgraduados

Dr. Fabián Fernández-Luqueño
 Cinvestav Zacatenco

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

M.C. Langen Corlay Chee
 Universidad Autónoma Chapingo

Dr. Oscar Cruz Álvarez
 Universidad Autónoma de Chihuahua

Dr. Fernando López-Valdez
 CIBA-IPN

Dra. Mariana Miranda Arámbula
 CIBA-IPN

Dra. Susana González Morales
 SECIHTI-UAAAAN

Dra. Gabriela Guillen Cruz
 Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Editores Asociados

Dra. Nayelli Azucena Sigala Aguilar
 Cinvestav Saltillo

M.C. Sarahi Moya-Cadena
 Cinvestav Saltillo

Biól. Fernanda Naomi Shimizu Romero
 UNAM

Dr. Ricardo Aarón González Aldana
 Universidad Autónoma de Chihuahua

Dr. Andrés Torres-Gómez
 Cinvestav Saltillo

M.C. Oscar Fernández-Fernández
 Universidad Autónoma Chapingo

M.C. Karla Liliana López García
 Cinvestav Saltillo

M.C. Marisela Calderón Jurado
 Universidad Autónoma de Chihuahua

Dr. Gabriel Alejandro Hernández Vallecillo
 Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo

J. Esmeralda García Gallegos
 Cinvestav Saltillo

M.C. Mayra Andrea Martínez Curiel
 Cinvestav Saltillo

M.C. Jessica Elizabeth Martínez-Vázquez
 Cinvestav Saltillo

Dra. Brenda I. Guerrero Camacho
 Universidad Autónoma de Chihuahua

M.C. Orlando Tanahiri García González
 Universidad Autónoma de Chihuahua

M.C. Alejandro Meléndez Aldana
 Universidad Autónoma de Guadalajara

Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente; Año 3, Número 4, octubre 2025 a diciembre 2025, 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>, smcsmssn@gmail.com, Editor Responsable: Dra. Dulce Yaahid Flores Rentería. Reserva de Derechos 04-2023-110710445600-102, ISSN 2992-8125, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Dulce Yaahid Flores Rentería. Fecha de última actualización, diciembre 30 de 2025.

Todos los derechos reservados © 2025 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

El cierre del año es siempre un punto de balance, pero también de proyección. Con este número de diciembre de 2025, Voces del Suelo alcanza su novena edición, consolidándose como un espacio de divulgación científica que articula conocimiento técnico, experiencia de campo y reflexión crítica en torno al suelo, la producción agrícola y la sustentabilidad de nuestros sistemas alimentarios.

El conjunto de contribuciones que integran este número ofrece una panorámica coherente y profundamente actual de los retos y oportunidades que enfrenta la agricultura en regiones áridas y semiáridas de México. Desde el aprovechamiento de residuos pecuarios mediante el uso de purines de cerdo para la obtención de biofertilizantes, hasta el análisis del papel del nitrógeno en el nogal pecanero y las alternativas para mejorar la disponibilidad de hierro en suelos calcáreos mediante complejos organominerales, se abordan problemáticas concretas con enfoques basados en procesos, evidencia y soluciones técnicamente viables.



Destaca también la presencia de cultivos con alto valor productivo, nutricional y cultural, como la frambuesa en el noroeste de Chihuahua, el amaranto como eje de identidad y soberanía alimentaria, y el ajo que nace de los suelos chihuahuenses, todos ellos analizados desde una perspectiva que integra suelo, manejo agronómico y contexto regional.

Un eje transversal de este número es la dimensión biológica del suelo. Las lombrices, la glomalina, las bacterias ácido-lácticas, los microorganismos del suelo y su papel en la nutrición de las plantas y en la conservación de especies endémicas de regiones áridas revelan un mensaje claro: gran parte de la resiliencia productiva y ambiental de nuestros agroecosistemas descansa en procesos invisibles, pero decisivos. En la misma línea, propuestas como el gel que “da de beber” a las plantas y la revegetación urbana frente a la sequía muestran cómo la innovación tecnológica y la planeación ecológica pueden converger para enfrentar escenarios de estrés hídrico cada vez más frecuentes.



Este número no solo comunica resultados y experiencias; también invita a repensar la relación entre suelo, producción y bienestar. Los textos sobre antioxidantes y salud, por ejemplo, conectan directamente la calidad del suelo con la calidad de los alimentos y, en última instancia, con la calidad de vida.

La portada de este número corresponde a la fotografía que obtuvo el segundo lugar en el Concurso de Fotografía Científica, realizado en el marco del 49 Congreso Mexicano de la Ciencia del Suelo. La autora, Rocío Citlali Gutiérrez de la Garza, adscrita a la Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM, tituló a su contribución "No todo paso es hacia adelante". La imagen, tomada en la zona geotérmica de la Caldera de Acoculco, Puebla, muestra una huella humana sobre un suelo fracturado, recordándonos que el suelo es un archivo vivo de nuestra relación con el territorio. En un entorno modelado por procesos volcánicos e hidrotermales, la huella simboliza la tensión entre sociedad y naturaleza y subraya una idea central: no todo avance es progreso, y cada paso deja una marca que el suelo conserva como memoria y advertencia.

La publicación de este noveno número ha sido posible gracias al trabajo comprometido de las autoras y autores que compartieron su conocimiento, así como al profesionalismo de los editores asociados, editores adjuntos, revisores y del comité editorial, cuyo rigor y dedicación sostienen la calidad científica y editorial de la revista *Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente*.

Expresamos nuestro más genuino agradecimiento a cada una de las personas que integran este equipo. Su participación es el pilar de un esfuerzo colectivo que, con cada nueva entrega, amplifica y enriquece la divulgación de la ciencia del suelo y la agricultura sustentable en nuestro país. Confiamos en que este volumen contribuya a ampliar el diálogo entre productores, estudiantes, técnicos, investigadores y tomadores de decisiones, y que siga posicionando al suelo como lo que es: la base viva de nuestros sistemas productivos y de nuestro futuro alimentario.

Editores en Jefe

Dra. Dulce Y. Flores-Rentería
SECIHTI-Cinvestav Saltillo

Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda-Barrios
Universidad Autónoma de Chihuahua

Dr. Fabián Fernández-Luqueño
Cinvestav Zacatenco



Contenido

SECCIÓN I. FACTORES DE FORMACIÓN DEL SUELO	Páginas
Subsección IA: Material Parental	
El gel que da de beber a las plantas Grecia Daniela Ortiz-Hernández; Susana González-Morales; Jesús Alejandro Claudio-Rizo	1
Subsección IB: Clima	
Frambuesa, un cultivo estratégico para el noroeste de Chihuahua Miriam Jazmín Aguilar Delgado; Rafael Ángel Parra Quezada; Damaris Leopoldina Ojeda Barrios; Guadalupe Isela Olivas Orozco; María Noemí Frías Moreno	9
Subsección IC: Topografía	
El ajo que nace del suelo chihuahuense Ricardo Aarón González Aldana; Elizabeth Villalobos Pérez; Janeth Rodríguez Roque; Miriam Jazmín Aguilar Delgado	17
Subsección ID: Organismos	
Glomalina, una superheroína oculta en suelos cafetaleros Ana Leidy Copalcua-Rosales; Elizabeth Hernández-Acosta; Juan Ángel Tinoco-Rueda; Héctor Santos Luna Zendejas; Elizabeth García-Gallegos	23
Complejos organominerales: una alternativa innovadora contra la baja disponibilidad de hierro en suelos calcáreos Juan Manuel Hernández Moreno, Gregorio Cadenas-Pliego, Ricardo M. Tighe Neira, Yolanda González- García, Antonio Juárez Maldonado	29
Microorganismos: el eslabón oculto en la nutrición de las plantas Labna Aixchel Sierra Ramírez, Cynthia Roxana Maceda Ramírez, José Carlos Santacruz Juárez, Iván Pável Moreno Espíndola, Mariela H. Fuentes Ponce	39
Microorganismos del suelo: aliados de plantas endémicas de regiones áridas Angélica Anahí Acevedo-Barrera, Claudia Lucia Hernández-Castillo, Jared Hernández-Huerta	53
Lombrices y su aporte a la agricultura sustentable Rocío del Pilar Serrano-Ramírez; Joaquín Adolfo Montes-Molina; Adalberto Zenteno-Rojas; Valentín Pérez-Hernández	59



Contenido

SECCIÓN I. FACTORES DE FORMACIÓN DEL SUELO	Páginas
Subsección IE: Tiempo	
Revegetación urbana: un reto ante la sequía	
Yair Palma Rosas; Héctor Del Hierro González; Jared Hernández Huerta; Aracely Zulema Santana Jiménez	67
Antioxidantes: grandes aliados para una vida más sana	
Belén Arely Camargo Olivas; Aracely Zulema Santana Jiménez; Martha Irma Balandrán Balladares; Mayra Cristina Soto Caballero; María Janeth Rodríguez Roque	72
SECCIÓN II. PROCESOS DE FORMACIÓN DEL SUELO	
Subsección IIB: Transformación	
Las bacterias ácido-lácticas: potencial biotecnológico para una agricultura sostenible	
Saira Mayret Cano Monge; Mayra Cristina Soto Caballero	81
Subsección IIC: Translocación	
Uso de purines de cerdo para la obtención de biofertilizante	
Omar Rios Peralta; Yessenia Montserrat Robles Estrada; Gabriela Medina Pérez; Carlos Farfán Flores; Oscar Arce Cervantes	79
Amaranto: cultivo; nutrición e identidad	
Miriam Jazmín Aguilar; Delgado; Eduardo Espitia-Rangel; María Noemí Frías - Moreno; Gerardo Acosta -García	94
SECCIÓN III. LA ARCILLA	
El papel del Nitrógeno en el Nogal Pecanero	
Ángeles González Varela; Krisna García Lara	49
SECCIÓN IV: HORIZONTES GENÉTICOS MAYORES Y CAPAS	
SECCIÓN V. CICLOS DEL SUELO	
SECCIÓN VI. ENTISOL	
Anuncios. Contribuciones ganadoras en los concursos de Fotografía científica y Pintura y dibujo en el marco del 49CMCS	99



El gel que da de beber a las plantas

Grecia Daniela Ortiz-Hernández^{1*}
Susana González-Morales²
Jesús Alejandro Claudio-Rizo³

¹ Doctorado en Agricultura Protegida. Subdirección de Postgrado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México. C.P. 25350.

² SECIHTI-Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México. C.P. 25350.

³ Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila, Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México. C.P. 25280.

*Autor para correspondencia: grecia.ortiz99@gmail.com

Los hidrogeles son materiales capaces de retener hasta mil veces su peso en agua, funcionando como pequeñas esponjas que almacenan y liberan líquido de forma gradual para las plantas. Estos polímeros, de origen sintético o natural, ayudan a reducir el impacto de la sequía, mejorar la eficiencia en el uso del agua y mantener la salud del suelo. Su desarrollo y aplicación representan una herramienta innovadora y sostenible para enfrentar los retos de la agricultura.



Introducción

La escasez de agua es un desafío global crítico que domina los titulares de los medios de comunicación. Debido a que la agricultura consume el 70 % del agua dulce del planeta, y gran parte de esta se pierde por la baja eficiencia de los agroecosistemas, optimizar su uso es prioritario. Ante este reto han surgido diversas estrategias innovadoras,

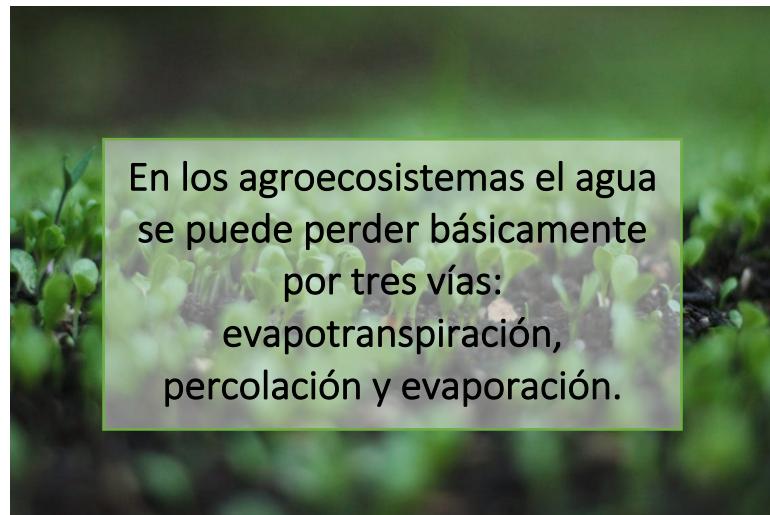
destacando el uso de hidrogeles. Estos materiales funcionan como reservorios de agua, reteniendo la humedad en el suelo y permitiendo que las plantas permanezcan hidratadas por períodos más prolongados.



Desarrollo

¿Por qué se pierde el agua en la agricultura?

En los agroecosistemas el agua se puede perder básicamente por tres vías: evapotranspiración, percolación, y evaporación (Figura 1). La evapotranspiración consiste en la pérdida de agua en forma de vapor, impulsada por la diferencia en el potencial hídrico entre el suelo, la planta y la atmósfera (Figura 1a). El agua siempre se desplaza desde donde hay mayor disponibilidad hacia donde hay menor, de modo que la atmósfera actúa como una bomba que “suciona” la humedad que hay en el suelo a través de la planta, hasta liberarla en forma de vapor. Esta pérdida es un proceso natural: constituye un mecanismo de las plantas para regular su temperatura, muy parecido al sudor en los seres humanos.



La segunda vía, la percolación es más sencilla de entender: corresponde a la pérdida de agua a través del suelo (Figura 1b). Este, al ser un material poroso, puede retener una cantidad limitada de agua según sus propiedades. Podemos imaginarlo como un contenedor: algunos, dependiendo de su forma y tamaño, pueden almacenar más agua que otros, pero todos tienen un límite. Cuando este límite se rebasa, el exceso de agua se pierde. Así, cuando no se calcula cuánta agua requiere un cultivo ni cuanta agua puede almacenar el “contenedor suelo”, se puede perder más del 50% del agua aplicada en el riego.



En el tercer caso, la evaporación es un fenómeno con el que estamos más familiarizados: el agua se pierde al transformarse en vapor debido al aumento de la temperatura (Figura 1c).



Esto ocurre de manera evidente cuando se riega por gravedad o aspersión, dejando el agua completamente expuesta al sol y al viento. Además, un mal diseño hidráulico o agronómico de la parcela, combinado con sistemas de riego poco eficientes, puede ocasionar pérdidas superiores al 60 % del agua.

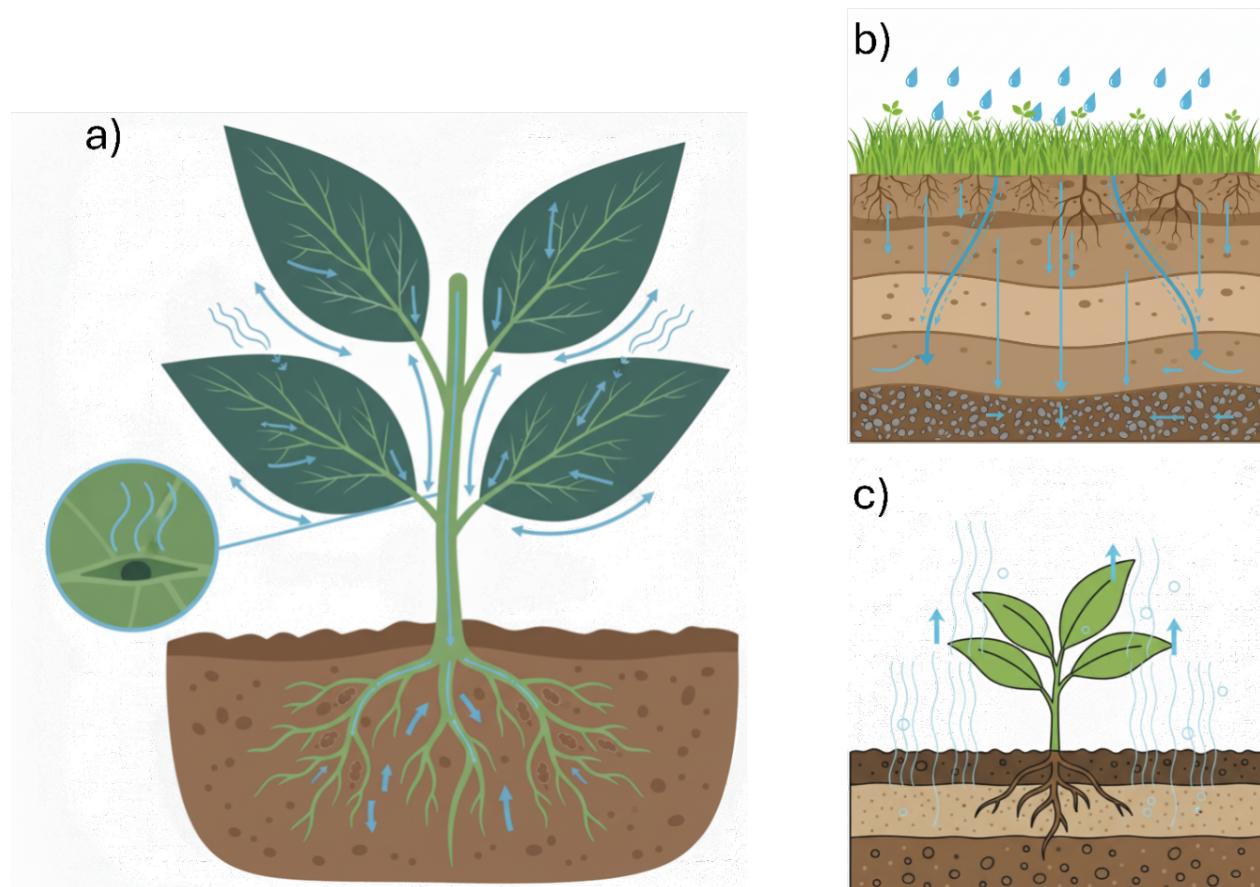


Figura 1. Pérdida de agua en los agroecosistemas. a) Evapotranspiración; b) Percolación y c) Evaporación.

Superhéroes del campo: polímeros superabsorbentes

Para enfrentar la problemática de la pérdida de agua en la agricultura, se han desarrollado moléculas capaces de retener hasta 2000 veces su peso en agua. Es como si un grano de arena pudiera almacenar el equivalente a medio litro de agua. A estas súper moléculas se les llama hidrogeles.

Los hidrogeles son matrices poliméricas reticuladas (es decir, redes estructurales) cuya principal característica es su extraordinaria capacidad para retener agua, además de ser biocompatibles, lo que significa que no resultan tóxicos para los seres vivos.



En palabras más sencillas, son como pequeñas esponjas que cuando se riega o llueve, capturan agua dentro de su estructura y la mantienen disponible para las raíces de las plantas en el momento que la necesitan.

Estos “superhéroes invisibles” pueden fabricarse a partir de materiales sintéticos, como los que encontramos en pinturas, plásticos y cosméticos, pero también a partir de materiales de origen natural como la cáscara de los camarones o la piel y cartílago de mamíferos (Figura 2).

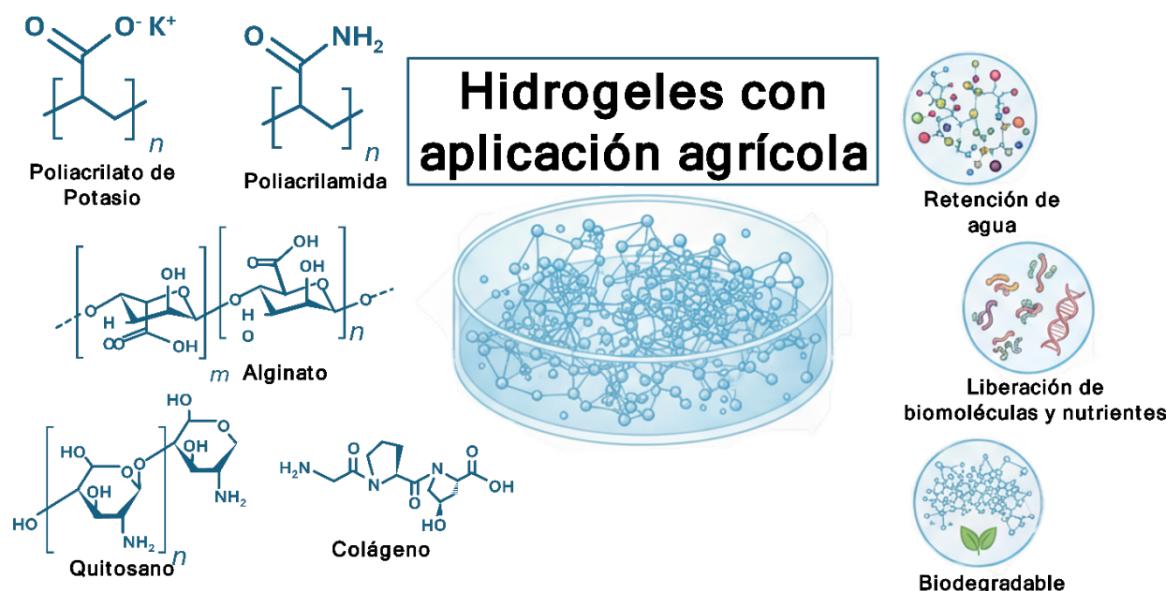
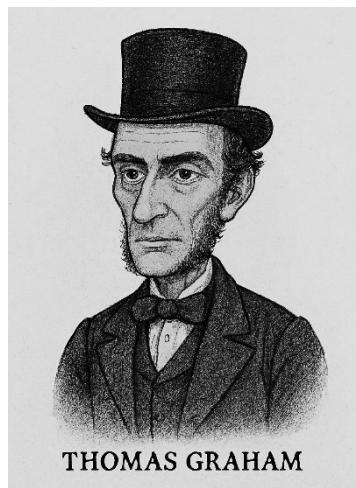


Figura 2. Naturaleza y beneficios de hidrogeles con aplicaciones agrícolas.

De Escocia para el mundo: breve historia de los hidrogeles

El concepto de hidrogel nació en 1864 gracias al científico escocés Thomas Graham



considerado el “Padre de la Química Coloidal”. En sus experimentos, Graham observó que sustancias como el ácido silícico hidratado podían comportarse de manera diferente según su concentración: en bajas dosis permanecía líquido, mientras que en altas dosis comenzaba a gelificarse. Fue entonces cuando acuñó el término hidrogel.

Años más tarde, en 1894, el neerlandés Van Bemmelen retomó el concepto para describir la formación de sistemas coloidales en el suelo y su capacidad de retener agua.



Medio siglo después, en 1955, los químicos Wichterle y Lím sintetizaron un polímero pionero (polimetilmetacrilato, PMMA), con propiedades únicas de flexibilidad, estabilidad y retención de agua, que más tarde daría origen a los lentes de contacto.

En la década de los sesenta comenzaron a explorarse aplicaciones más prácticas: primero en el campo de la industria farmacéutica, como sistemas de liberación prolongada de medicamentos, y después en la agricultura, para encapsular agroquímicos. En 1970, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos desarrolló el primer polímero super absorbente (SAP, por sus siglas en inglés) a base de acrilonitrilo hidrolizado con injerto de almidón con el propósito de aprovechar sus propiedades de retención de agua.

En la actualidad las moléculas sintéticas más populares comercialmente son el poliacrilato de potasio (KPA) y la poliacrilamida (PAM), en México mejor conocidos como “Lluvia Sólida” por la patente obtenida por el ingeniero Sergio Rico. Paralelamente, han cobrado relevancia los hidrogeles de origen natural, elaborados con almidón, trehalosa, colágeno, alginato o quitosano.



Los hidrogeles ayudan a la sostenibilidad del planeta aprovechando el agua que se podría perder en el trayecto, produciendo alimentos con menos agua.

Los hidrogeles, aliados invisibles en el campo

Aún y por su pequeño tamaño los hidrogeles son capaces de generar grandes impactos positivos en el suelo como (Figura 2):

- Liberación controlada: cuando el suelo comienza a secarse por evaporación o percolación, el potencial hídrico de las raíces se hace más negativo, y como el agua se mueve de donde hay más a donde hay menos, las raíces toman agua del hidrogel.
- Accesibilidad: el agua que está contenida dentro de los hidrogeles es agua disponible para las raíces de las plantas que pueden tomar fácilmente cuando los poros del suelo no poseen agua.



- Estabilidad: tanto los hidrogeles sintéticos como los de origen natural exhiben características de estabilidad ante el ambiente en el que se encuentren en términos de temperatura, humedad, degradación química y enzimática.
- Biodegradable: la mayoría de los hidrogeles tiene un alto índice de biodegradabilidad por la naturaleza de las moléculas que lo componen, incrementando si su composición es de polímeros naturales.

Además, ofrecen las siguientes ventajas para los cultivos:

Aprovechar mejor el agua: el agua que contienen los hidrogeles es más difícil que se pierda por evaporación o percolación porque está retenida dentro de este.

Tolerancia a sequía: debido a este almacén temporal de agua, las raíces de las plantas pueden mitigar su “sed” accediendo al agua que hay dentro de los hidrogeles.

Mejora el suelo: muchas de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo se ven afectadas negativamente cuando sus poros no contienen agua, por lo que la presencia de los hidrogeles ayuda a conservar estas propiedades.

Sostenibilidad: los hidrogeles de origen natural (como el colágeno y el quitosano) son biodegradables por lo que no representan una amenaza de residualidad en el agroecosistema.



Pero, aquí no acaba su belleza, en las últimas dos décadas se han encaminado las investigaciones a funcionalizar los hidrogeles para maximizar sus beneficios a los cultivos. Algunas de las moléculas que se les pueden añadir actúan como bioestimulantes, mejorando su tolerancia al ambiente en donde se desarrollan; la incorporación de aminoácidos, elementos esenciales como el fósforo y elementos benéficos como el silicio son ejemplos de funcionalización. Es ahí de donde

nace la idea de que son sistemas inteligentes, capaces de suministrar lo necesario para el metabolismo óptimo de las plantas (Figura 3).

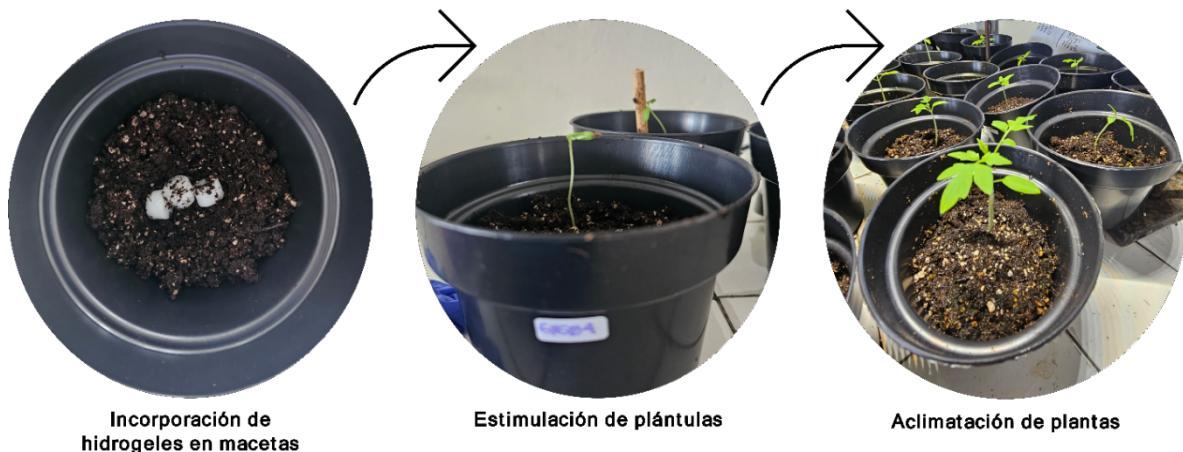


Figura 3. Hidrogeles como estrategia para mejorar la disponibilidad de agua en etapas tempranas de cultivo.

Conclusiones

Los hidrogeles ayudan a la sostenibilidad del planeta aprovechando el agua que se podría perder en el trayecto, ya que los alimentos pueden ser producidos con menos agua sin mermar la calidad y cantidad. Es una opción viable ante el cambio climático donde cada vez en mayor cantidad de zonas se acentúan los fenómenos naturales como la sequía.

Son una herramienta práctica que combina innovación científica-tecnológica y el cuidado de los recursos naturales. En un mundo cada vez más seco, los hidrogeles son una opción para dar de beber a las plantas, garantizando que el agua se aproveche gota a gota.

Literatura recomendada

- Estrada Guerrero, R. F., Lemus Torres, D., Mendoza Anaya, D., & Lugo, V. R. (2010). Hidrogeles biopoliméricos potencialmente aplicables en agricultura. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 12(2), 76–87.
- Oladosu, Y., Rafii, M. Y., Arolu, F., Chukwu, S. C., Salisu, M. A., Fagbohun, I. K., Muftaudeen, T. K., Swaray, S., & Haliru, B. S. (2022). Superabsorbent Polymer Hydrogels for Sustainable Agriculture: A Review. *Horticulturae*, 8(7), 605–622.
- Reta Reyna, M. N., Farías Cepeda, L., Ovando Medina, V. M., & Serrato Villegas, L. E. (2025). Aplicación de hidrogeles en la agricultura. *CienciAcierta*, 82, 37–48.



Semblanzas de autores

Grecia Daniela Ortiz-Hernández: Doctorando en Ciencias en Agricultura Protegida en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAAN). Maestra en Ciencias en Agroplasticatura por el Centro de Investigación en Química Aplicada. Ingeniero en Agrobiología por la UAAAAN. Línea de investigación encaminada a bioestimulación para tolerancia a estrés hídrico.

Susana González-Morales: Investigadora por México (SECIHTI-UAAAAN) desde el 2014 a la fecha. Doctora en Parasitología Agrícola por la UAAAAN. Línea de investigación: Búsqueda de estrategias para la tolerancia al estrés en plantas.

Jesús Alejandro Claudio-Rizo: Profesor-Investigador Titular C en la Facultad de Ciencias Químicas de la UAdeC. Doctor en Química por la Universidad de Guanajuato. Investigación aplicada de hidrogeles inteligentes y biomateriales avanzados, con un fuerte enfoque en sus aplicaciones biotecnológicas, especialmente en los campos de la ingeniería tisular, la biomedicina y el tratamiento ambiental.



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>



Frambuesa, un cultivo estratégico para el noroeste de Chihuahua

María Noemí Frías Moreno^{1*}
Rafael Ángel Parra Quezada¹
Damaris Leopoldina Ojeda Barrios¹
Guadalupe Isela Olivas Orozco²
Miriam Jazmín Aguilar Delgado¹

¹ Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Ciencias Agropecuarias Calle La Presa de la Amistad núm. 2015, Barrio La presa, Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, México. C.P. 31510.

² Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Laboratorio de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal y Toxicología, Av. Río Conchos S/N, Parque Industrial, Cuauhtémoc, Chihuahua, México. C.P. 31570

*Autor de correspondencia: nfrias@uach.mx

La frambuesa se consolida como un cultivo estratégico en Chihuahua, combinando técnicas innovadoras con prácticas tradicionales para lograr alta rentabilidad. Estudios realizados entre 2000 y 2020 muestran que los rendimientos pueden alcanzar hasta $28 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, gracias a un manejo agronómico eficiente, programas de fertilización optimizados y el uso de sistemas protegidos. Este cultivo diversifica la producción agrícola de la región, impulsa la economía local y abastece la creciente demanda tanto en el mercado nacional (norte, centro y sur del país) como internacional, destacando su relevancia socioeconómica y ambiental



El cultivo de la frambuesa ofrece la ventaja de generar ingresos desde el primer año de producción, convirtiéndose en una opción atractiva para los agricultores.

Introducción

La frambuesa es un fruto pequeño, delicado y de intenso color rojo, pero detrás de su apariencia sencilla se encuentra una de las cadenas agrícolas con mayor dinamismo en los últimos años. Su consumo se incrementa a nivel mundial debido a su sabor, versatilidad en la cocina y, sobre todo, por sus reconocidos beneficios para la salud. Esta fruta rica en antioxidantes, vitaminas y fibra; la frambuesa se ha convertido en un producto de alto valor en mercados nacionales e internacionales. En México, la frambuesa se cultiva principalmente en regiones del norte y centro del país, como Baja California, Michoacán y Guanajuato, donde las condiciones de clima templado y suelos bien drenados favorecen su desarrollo.



En este contexto nacional, el noroeste de Chihuahua se perfila como una región con gran potencial para consolidar la producción de frambuesa. Su clima templado, la altitud favorable (1,800-2,000 m) y la cercanía con el mercado estadounidense convierten a la zona en un escenario privilegiado para este cultivo. La tradición agrícola del estado y la experiencia de sus productores en frutales de alto valor, como manzana y nuez, facilitan la incorporación de técnicas innovadoras sin perder la esencia de las prácticas locales. La frambuesa no es solo un cultivo más: representa una oportunidad para diversificar la agricultura, generar empleos, atraer inversión y fortalecer el desarrollo rural. En el noroeste de Chihuahua, este fruto rojo combina tradición agrícola con innovación y abre una ventana de futuro para las comunidades rurales, los jóvenes emprendedores y todo el sector agroalimentario.

Su cultivo estratégico permite no solo satisfacer la creciente demanda nacional e internacional, sino también impulsar la economía local y consolidar a Chihuahua como una región pionera en frutales de alto valor.

Un cultivo promisorio en Chihuahua

Chihuahua tiene una larga tradición frutícola con cultivos como manzano, nogal, vid y fresa. Sin embargo, la introducción de la frambuesa en municipios como Guerrero y Cuauhtémoc abrió nuevas oportunidades para la región. Entre 2000 y 2002 se realizaron los primeros ensayos en campo abierto para evaluar su comportamiento, probando diferentes formas de poda; desde cortar las plantas a nivel del suelo (poda al ras) hasta recortar solo la parte superior (poda de despunte). Más adelante, durante 2015-2017 se compararon esquemas de fertilización orgánica y convencional, y en 2019-2020 se evaluó el uso de estructuras de protección. En conjunto, estos estudios demostraron que la frambuesa puede adaptarse bien al clima local y generar ingresos desde su primer año. Los rendimientos variaron ampliamente según el manejo, desde 2.5 t ha⁻¹ en sistemas tradicionales hasta 28 t ha⁻¹ en esquemas intensivos con túneles de polietileno (Tabla 1).





Tabla 1. Rendimientos de producción frambuesa en los años de estudio 2000, 2001, 2002, 2015, 2016, 2017, 2019 y 2020.

Año de estudio	Variedad	Condición	Rendimiento (g · planta ⁻¹ o g · m ⁻¹ *)	Rendimiento estimado (t ha ⁻¹)	Periodo de Cosecha
Estudio 2000	<i>Autumn Bliss</i>	Campo Abierto	778	10.373	Agosto-Octubre
Estudio 2001	<i>Autumn Bliss</i>	Poda al Ras	555.01	7.4	Julio-Octubre
	<i>Autumn Bliss</i>	Poda de Despuente	300.76	4.01	Julio-Octubre
Estudio 2002	<i>Autumn Bliss</i>	Poda al Ras	375.01	5	Julio-Octubre
	<i>Autumn Bliss</i>	Poda de Despuente	187.50	2.5	Julio-Octubre
Estudio 2015	<i>Heritage</i>	Orgánico	800	10.69	Julio-Septiembre
	<i>Heritage</i>	Convencional	955	12.76	Julio-Septiembre
Estudio 2016	<i>Heritage</i>	Orgánico	440	5.87	Julio-Septiembre
	<i>Heritage</i>	Convencional	916	12.23	Julio-Septiembre
Estudio 2017	<i>Heritage</i>	Orgánico	927.32	12.40	Julio-Septiembre
	<i>Heritage</i>	Convencional	1,136.96	15.20	Julio-Septiembre
Estudio 2019	<i>Heritage</i>	Túnel	4,217*	28.11	Julio-Noviembre
	<i>Heritage</i>	Exterior	3,142*	20.96	Julio-Septiembre
Estudio 2020	<i>Heritage</i>	Túnel	3,821*	25.47	Julio-Noviembre
	<i>Heritage</i>	Exterior	2,942*	19.61	Julio-Septiembre

Factores clave en el rendimiento

En Chihuahua el rendimiento y la calidad de la frambuesa dependen directamente del manejo aplicado por los agricultores y por tres factores que han demostrado ser decisivos:

1. Fertilización

- **Sistemas convencionales:** permiten responder rápidamente a las necesidades nutricionales de la planta, favoreciendo buenos rendimientos desde etapas tempranas, esto se refleja en frutos de mayor tamaño y mejor calidad desde los primeros meses de producción.
- **Sistemas orgánicos:** aunque el efecto inicial es más lento, mejoran la fertilidad del suelo, incrementan la retención de humedad y favorecen una producción más sostenible en el tiempo. Esto contribuye a mantener la salud de las raíces y la consistencia del fruto durante varias temporadas.



Figura 1. Frutos de frambuesa en plena producción (agosto 2020).



- **Estrategia complementaria para frambuesa:** actualmente, muchos productores de Chihuahua utilizan un enfoque mixto, combinando fertilización orgánica (compost y vermicompost) con aplicaciones controladas de fertilizantes solubles mediante fertirriego. Esta estrategia permite maximizar rendimientos, mejorar la calidad del fruto y mantener la sostenibilidad del suelo, adaptándose a las condiciones específicas del clima templado y del sustrato utilizado en la región.

2. Poda

- La poda se realiza para estimular el crecimiento de nuevos tallos productivos y mantener la planta saludable. Despues de la cosecha, se eliminan los tallos viejos que ya dieron fruto, dejando únicamente los brotes jóvenes que producirán en la siguiente temporada.
- En variedades de otoño, se poda inmediatamente después de la cosecha de agosto - septiembre; en variedades de verano, la poda se realiza a finales del invierno antes del inicio del crecimiento activo.
- También se aplican poda de despuente o poda ligera para mantener la altura de la planta y facilitar la cosecha, asegurando que los frutos estén accesibles y que la luz llegue a todos los tallos.
- Esta práctica específica permite que la frambuesa produzca frutos más uniformes, de mejor tamaño y calidad, y que la planta conserve vigor durante varios años.

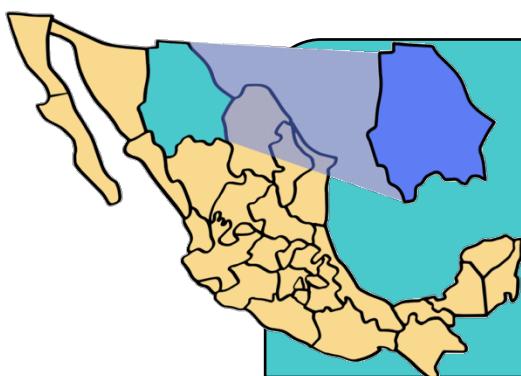
3. Protección con túneles de polietileno

- Los túneles de polietileno crean un microclima controlado, protegiendo a la frambuesa del viento fuerte, la lluvia intensa y la radiación solar directa. Esto permite mantener temperaturas más estables, con mínimas alrededor de 12-15 °C y máximas de 25-28 °C, ideales para el desarrollo de los frutos y la floración.
- El suelo dentro del túnel suele estar bien drenado y enriquecido con materia orgánica, y se utiliza riego localizado por goteo para mantener la humedad óptima sin encharcar, lo que favorece raíces sanas y un crecimiento uniforme.
- Este manejo específico prolonga la temporada de cosecha, reduce pérdidas por enfermedades o daños climáticos, y asegura frutos de mayor tamaño, color uniforme y calidad consistente, factores clave para la venta en mercados nacionales e internacionales.



Figura 2. Plantación en condiciones de túnel (2019).

Además, los túneles (Figura 2) permiten realizar labores de poda, tutorado y fertilización de manera más eficiente, integrando todas las prácticas de manejo para maximizar el rendimiento y la calidad del cultivo. Cuando estas prácticas se combinan, el rendimiento puede superar las 28 t ha^{-1} , consolidando a la frambuesa como uno de los cultivos más rentables de Chihuahua.



La proximidad geográfica con Estados Unidos representa una gran oportunidad para la exportación de frambuesa, abriendo mercados internacionales para los productores locales.



Beneficios para el productor y la comunidad

La frambuesa no solo representa un cultivo alternativo: impulsa cadenas de valor que benefician distintas etapas de la economía agrícola. En Chihuahua, los productores que utilizan sistemas convencionales logran ingresos relativamente rápidos debido a la aplicación de fertilizantes solubles y riego intensivo, pero dependen más de insumos externos y enfrentan mayores costos por fertilización y manejo de plagas. Por otro lado, los sistemas integrales o agroecológicos, que combinan fertilización orgánica con prácticas de fertirriego controlado y protección mediante túneles, requieren mayor inversión inicial y trabajo técnico, pero generan frutas de mejor calidad, mayores rendimientos sostenibles y menores impactos ambientales, lo que se traduce en márgenes de ganancia competitivos a mediano plazo (Figura 3).

Asimismo, la mano de obra intensiva en labores de poda, tutorado, cosecha y empaque crea empleos locales y abre oportunidades para la participación de mujeres y jóvenes en condiciones vulnerables. La cercanía con Estados Unidos

asegura un mercado con demanda por frutas frescas de alta calidad, lo que aumenta las posibilidades de exportación y mejora los ingresos de los productores chihuahuenses.

Oportunidades para la juventud rural

La frambuesa ofrece un campo fértil para que los jóvenes emprendedores rurales se vinculen con la innovación agrícola. El cultivo demanda conocimiento técnico en nutrición de plantas, control de plagas, riego y tecnologías de protección, lo que abre espacios para aplicar nuevas ideas y proyectos de investigación. Los jóvenes también pueden generar productos de valor agregado específicos de la frambuesa, como fruto deshidratado, mermeladas, jugos y productos nutracéuticos, que son suplementos alimenticios ricos en compuestos antioxidantes y vitaminas del fruto, ideales para la prevención de enfermedades y el bienestar general.



Figura 3. Ejemplo de producción de frambuesa.



Además, el acceso a tecnologías digitales, como plataformas de monitoreo de humedad y temperatura, aplicaciones de trazabilidad del fruto y sensores de madurez, permite seguir de manera precisa el crecimiento y la calidad de la frambuesa desde la siembra hasta la cosecha, conectando el conocimiento académico con la práctica agrícola y facilitando la toma de decisiones para mejorar rendimientos y calidad del fruto.

Por su valor de mercado y atractivo cultivo, la frambuesa se ha vuelto una opción rentable para diversificar la agricultura y generar empleo rural.

Conclusión

En Chihuahua es más que una fruta: constituye una oportunidad para diversificar cultivos, fortalecer la economía agrícola y promover el desarrollo rural sostenible. Con rendimientos potenciales y la cercanía a mercados de exportación, este fruto rojo se consolida como una opción estratégica para la región. Su producción requiere mano de obra especializada en poda, tutorado, cosecha y empaque, generando empleo local y promoviendo la participación de mujeres y jóvenes. La proximidad con mercados internacionales, especialmente Estados Unidos, asegura oportunidades de venta de fruta fresca de alta calidad, aumentando los márgenes de ganancia de manera concreta.

Además, la frambuesa abre un campo específico para la innovación: desde la elaboración de productos derivados como fruta deshidratada, mermeladas y jugos, hasta el desarrollo de productos nutracéuticos que aprovechan sus antioxidantes, así como la integración de tecnologías digitales de monitoreo y trazabilidad en la cadena productiva. Estas estrategias refuerzan la viabilidad económica y tecnológica del cultivo, consolidándolo como una alternativa diferenciada y de alto valor dentro del sector hortícola de Chihuahua.

Literatura recomendada

- Frías-Moreno, M. N., et al. (2019). Yield, quality and phytochemicals of organic and conventional raspberry cultivated in Chihuahua, Mexico. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(2), 522-530.
- Parra-Quezada, R. Á., et al. (2007). Efecto de fecha y tipo de poda en frambuesa roja 'Malling Autumn Bliss'. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 13(2), 201-206.
- Reganold, J. P., & Wachter, J. M. (2016). Reganold, J. P., & Wachter, J. M. (2016). Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature plants*, 2(2), 1-





Semblanza de autores

Dra. María Noemí Frías-Moreno. Doctora en Ciencias Hortofrutícolas por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Profesora-Investigadora de tiempo completo en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Chihuahua. Las líneas de investigación que cultiva son: Nutrición de cultivos hortofrutícolas, Fisiología del estrés en plantas y Compuestos bioactivos de los alimentos. SNI I SECIHTI.

Dr. Rafael Ángel Parra-Quezada. Ingeniero Agrónomo Fitotecnista, Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Delicias, Chihuahua. M.C. en Fruticultura, Colegio de Posgraduados, Montecillo, Edo. de México. Doctor en Ciencias en Fruticultura, Colegio de Posgraduados, Montecillos, Edo. de México. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Chihuahua, Campus Cuauhtémoc, Chihuahua. SNI I SECIHTI.

Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda-Barrios. Maestra Investigadora de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Es Ing. Fruticultor, M en C en Suelos y D. en C. en Horticultura. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNII), nivel II, presidenta de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Editor en jefe de la Revista Voces del Suelo, Agricultura y Medio Ambiente de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Editor asociado de Terra Latinoamérica.

Dra. Guadalupe Isela Olivas-Orozco. Doctorada por la Universidad Estatal de Washington, E.U.A; M.C. de los Alimentos y licenciatura en Ingeniería Química de Alimentos por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Investigadora en el área de química, bioquímica, toxicológica y propiedades de los alimentos, ciencia en la cocina ancestral y tradicional mexicana en CIAD Cuauhtémoc, Chih. SNI III SECIHTI.

Dra. Miriam Jazmín Aguilar-Delgado. Doctora en Ingeniería Bioquímica, docente en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Investigadora Nacional nivel I, especialista en biotecnología agrícola. Ha participado en proyectos de conservación y caracterización genética, además de impulsar la formación de recursos humanos y la transferencia tecnológica para el desarrollo agropecuario sostenible en México.





El ajo que nace del suelo chihuahuense

Ricardo Aarón González Aldana
Elizabeth Villalobos Pérez
Janeth Rodríguez Roque
Miriam Jazmín Aguilar Delgado*

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Chihuahua.

*Autor de correspondencia: mjaguilar@uach.mx.

¿Sabías que el sabor del ajo depende del suelo donde se cultiva? En Chihuahua, el ajo se produce en condiciones de clima seco y suelos profundos. Aunque es un cultivo pequeño, su calidad depende de varios factores que comienzan bajo tierra ¿Qué necesita el ajo para desarrollarse? ¿Cómo influye el suelo en su forma, peso y duración? Este artículo explica el proceso de producción del ajo desde la siembra hasta su llegada al mercado, y analiza cómo la fertilización, química y orgánica, afecta tanto al cultivo como al entorno agrícola.

Introducción

En el estado de Chihuahua, el cultivo de ajo se ha consolidado como una actividad agrícola relevante, tanto por su valor comercial como por su arraigo en las prácticas rurales. Este cultivo se adapta bien a las condiciones climáticas de la región, especialmente en zonas de clima seco y templado, donde los suelos profundos y bien drenados permiten un desarrollo adecuado del bulbo. La producción de ajo en Chihuahua abastece mercados locales y nacionales, y representa una fuente de empleo para muchas familias rurales.

Sin embargo, detrás de cada bulbo hay una serie de decisiones técnicas que influyen en su calidad, peso y conservación. Una de las más importantes es el manejo del suelo, que actúa como base física y fuente de nutrientes para el cultivo. El tipo de suelo, su estructura, contenido de materia orgánica y capacidad de retención de agua son factores que determinan el éxito del ajo desde la siembra hasta la cosecha.





Además del suelo, la fertilización juega un papel clave en el rendimiento y la calidad del ajo. En este artículo se exploran dos enfoques principales: la fertilización química, que utiliza insumos industriales para aportar nutrientes específicos, y la fertilización orgánica, que emplea materiales naturales como compost y estiércol. Se analiza cómo cada tipo de fertilización influye en el peso del bulbo y en su vida de anaquel, es decir, en el tiempo que el ajo conserva sus propiedades después de la cosecha.

Una historia que comienza en el suelo

En el estado de Chihuahua, el ajo se cultiva en zonas de clima seco y templado, donde los suelos profundos y bien drenados favorecen el desarrollo del bulbo. Este cultivo tiene importancia comercial y forma parte de las prácticas agrícolas tradicionales de la región.

La siembra del ajo se realiza en otoño, cuando bajan las temperaturas, y la cosecha ocurre en primavera, una vez que los bulbos han alcanzado el tamaño adecuado. Para crecer bien, el ajo necesita un suelo con buena estructura, suficiente humedad y nutrientes disponibles. También requiere cuidados específicos durante su ciclo, como riego oportuno y manejo adecuado de fertilizantes.

El éxito del cultivo depende en gran medida de la calidad del suelo. Un suelo vivo, con actividad biológica y buen equilibrio de nutrientes, permite obtener bulbos sanos, firmes y de buena calidad.





El suelo: base del desarrollo del ajo

El ajo necesita condiciones específicas para desarrollarse correctamente, y el suelo es uno de los factores más determinantes. Los suelos adecuados para este cultivo son profundos, bien drenados y con buena aireación. En Chihuahua, los suelos ligeros con capacidad para retener humedad sin saturarse permiten que el bulbo crezca de forma uniforme y saludable.

Además de su estructura física, el suelo debe tener actividad biológica. La presencia de microorganismos, lombrices y materia orgánica contribuye a la descomposición de residuos vegetales y a la liberación de nutrientes esenciales. Estos procesos mejoran la fertilidad del suelo y favorecen el crecimiento del ajo.

Un suelo desequilibrado, ya sea por exceso o por deficiencia de nutrientes, puede afectar negativamente la calidad del bulbo. Por eso, el manejo del suelo debe ser cuidadoso y adaptado a las necesidades del cultivo. Un suelo bien gestionado se refleja en ajos más pesados, con mejor forma y mayor resistencia postcosecha.

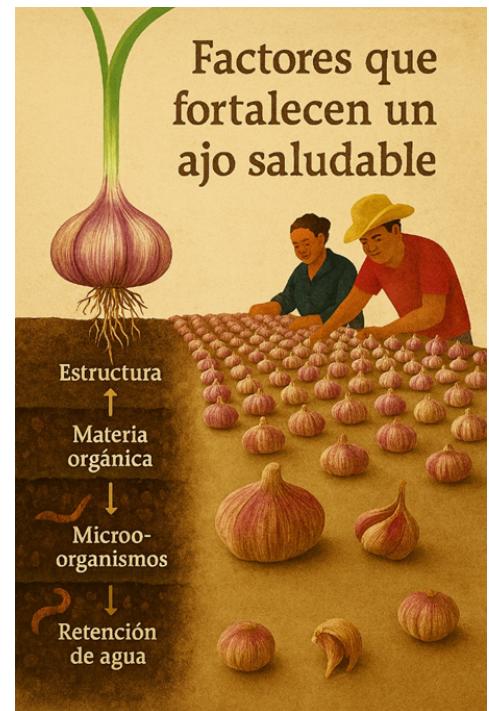
¿Qué nutrientes necesita el ajo?

El ajo obtiene sus nutrientes del suelo, y su desarrollo depende de la disponibilidad y equilibrio de estos elementos. Para mejorar el rendimiento del cultivo, los agricultores utilizan fertilizantes que complementan lo que el suelo ofrece de forma natural.

Existen dos tipos principales de fertilización: química y orgánica. La fertilización química aporta nutrientes específicos en concentraciones altas, lo que puede acelerar el crecimiento de hojas, raíces y bulbos. Sin embargo, su uso excesivo puede afectar la calidad del ajo, deteriorar la estructura del suelo y contaminar fuentes de agua.

Por otro lado, la fertilización orgánica utiliza materiales como compost, estiércol y residuos vegetales. Estos insumos mejoran la fertilidad del suelo de manera gradual, favorecen la actividad biológica y contribuyen a un desarrollo más equilibrado del cultivo.

En Chihuahua, muchos productores están adoptando estrategias mixtas, combinando fertilizantes químicos en dosis controladas con prácticas orgánicas. Este enfoque permite obtener bulbos de buena calidad sin comprometer la salud del suelo ni el entorno.





¿Qué determina el peso del ajo?

El tamaño y peso del bulbo de ajo son características clave para su comercialización. Aunque los bulbos grandes suelen considerarse de mejor calidad, su desarrollo depende de varios factores agronómicos, especialmente del manejo del suelo y la fertilización.



Una fertilización bien dosificada y aplicada en el momento adecuado permite que el bulbo acumule reservas, crezca de forma uniforme y alcance un peso óptimo. En cambio, una fertilización excesiva o mal distribuida puede generar un crecimiento desequilibrado, con exceso de tallo y bulbos pequeños.

En regiones como Chihuahua, donde el clima es seco y el agua es limitada, obtener bulbos pesados requiere planificación. Los productores observan las condiciones del suelo, ajustan las dosis de fertilizante y adaptan sus prácticas según las necesidades del cultivo. Este manejo técnico permite obtener ajos más firmes, pesados y resistentes, sin comprometer la salud del suelo.

Conservación del ajo: claves para una buena vida de anaquel

Después de la cosecha, el ajo entra en una etapa crítica: su conservación. La vida de anaquel se refiere al tiempo que el bulbo puede mantenerse en buen estado sin deteriorarse, y está influenciada por las condiciones de cultivo, especialmente por la fertilización.

Cuando el ajo recibe un exceso de nutrientes en las últimas semanas de desarrollo, puede volverse blando, húmedo y más susceptible a hongos. En cambio, un cultivo equilibrado favorece la formación de una piel firme, una textura seca y una mayor resistencia natural, lo que facilita su almacenamiento y transporte.

Nutrientes como el potasio y el calcio contribuyen a mantener la estructura del bulbo y evitar la deshidratación. Cuando están presentes en el suelo en cantidades adecuadas, el ajo conserva mejor sus propiedades y tiene una vida útil más prolongada.

En Chihuahua, donde el ajo se comercializa en distintos estados, contar con una buena vida de anaquel es fundamental. Un ajo que se conserva bien tiene mayor valor, reduce pérdidas y mejora la rentabilidad para los productores.



Suelo vivo: clave para que el ajo crezca bien

El ajo necesita un suelo sano para crecer fuerte. Esto no solo significa que tenga nutrientes, sino que esté bien cuidado y tenga vida dentro. Un suelo vivo tiene lombrices, microbios y restos de plantas que ayudan a alimentar al cultivo.

En Chihuahua, muchos agricultores están cambiando sus prácticas para cuidar mejor el suelo. Por ejemplo, siembran diferentes cultivos en distintas temporadas, usan abonos naturales como compost o estiércol, y evitan usar demasiados productos químicos. También respetan los tiempos de descanso del suelo.

Estas acciones ayudan a que el ajo crezca con buen tamaño, sabor y dure más tiempo después de la cosecha. Además, protegen el ambiente y hacen que el campo siga siendo productivo por muchos años.



Figura 1. Bulbos de ajo.

“La fertilización equilibrada prolonga la vida útil del ajo.”



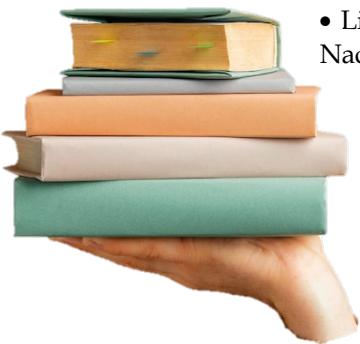


Conclusiones

El cultivo de ajo en Chihuahua demuestra cómo el suelo, cuando se cuida y se entiende, puede dar productos de calidad. A lo largo del texto vimos que el tipo de tierra y la forma de fertilizar influyen en el peso del bulbo y en su conservación. Este conocimiento puede compartirse y aplicarse en huertos escolares, talleres comunitarios o proyectos familiares. Jóvenes, docentes y productores pueden experimentar, observar y difundir lo aprendido. El reto es transformar lo que sabemos en acciones concretas: sembrar con conciencia, cuidar el suelo y compartir el saber. Así, el ajo se convierte en una puerta para entender la tierra y valorar lo que nace de ella.



Literatura recomendada



- Lipinski VM. Manejo del riego y la fertilización en cultivos de ajo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA); 2017. Disponible en: <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/3111>
- Universidad de Sonora. Zamora E. El cultivo del ajo. Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora; 2014. Disponible en: <https://dagus.unison.mx/Zamora/AJO-DAG-HORT-014.pdf>
- InfoAgrónomo. Guía técnica para el cultivo de ajo. InfoAgrónomo; 2020. Disponible en: <https://infoagronomo.net/manual-tecnico-cultivo-de-ajo-pdf/>

Semblanzas de autores

Dr. Ricardo Aarón González Aldana: Director de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la UACH, participando activamente en la administración académica y en órganos colegiados de la facultad.

Dra. Elizabeth Villalobos Pérez, es profesora-investigadora de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas en la UACH, con participación en el Honorable Consejo Universitario.

Dra. María Janeth Rodríguez Roque, figura como suplente en representación de maestros de posgrado en el Honorable Consejo Técnico de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la UACH.

Dra. Miriam Jazmín Aguilar Delgado, docente de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la UACH.





Glomalina, la superheroína oculta que salva a los suelos cafetaleros

Ana Leidy Copalcua-Rosales¹
Elizabeth Hernández-Acosta²
Juan Ángel Tinoco-Rueda³
Héctor Santos Luna Zendejas¹
Elizabeth García-Gallegos^{1*}

¹Maestría en Ciencias en Sistemas del Ambiente, CIGyA-UATx. Aut. Texmelucan-Tlaxcala km 10.5, San Felipe Ixtacuixtla, Tlaxcala. México.

²Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Suelos. Carretera Federal México-Texcoco Km 38.5, C.P. 56230. Texcoco, Estado de México. México.

³Centro Académico Regional Sede Huatusco, Universidad Autónoma Chapingo. Km 6, Carretera Huatusco-Xalapa, Huatusco, Veracruz, México.

*Autor para correspondencia: egarciag@uatx.mx-

En los suelos cafetaleros se alberga un mundo invisible de millones de microorganismos, entre los que destacan los hongos micorrízicos arbusculares, quienes acumulan en sus hifas y esporas una glicoproteína muy poderosa llamada glomalina. Esta superheroína actúa como un pegamento natural para unir a las partículas del suelo, además de favorecer la infiltración de agua y retención de nutrientes, como carbono y nitrógeno, lo que contribuye a la fertilidad de los suelos bajo el cultivo del café.

Introducción

La glomalina fue citada en la década de 1990 por Sara Wright y sus colaboradores, descrito como un material glicoprotéico altamente resistente y termoestable, se le identificó en el suelo como una proteína relacionada con la glomalina (GRSP, por sus siglas en inglés) y puede permanecer en el suelo de 7 a 42 años, debido a que no se disuelve en el agua, por su característica insoluble e hidrófoba. Esta heroína es secretada por las paredes de las hifas y esporas de los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) del filo Glomeromycota, las cuales viven en asociación mutualista con en el 85% de las raíces de las plantas en donde ambos obtienen beneficios, entre ellas las del café (*Coffea arabica* L.), especie de gran importancia en el ámbito ambiental, social, cultural y económico a nivel mundial, debido a su alta demanda en las últimas décadas (Figura 1).

La glomalina actúa como un pegamento natural que mantiene unidas a las partículas del suelo, lo que promueve la formación de agregados.





Los agregados del suelo son la unión natural de arena, limo, arcilla y materia orgánica y también la arquitectura invisible para que el suelo tenga estabilidad y retenga nutrientes, necesarios para el desarrollo de las plantas de café.

Se distinguen dos tipos de glomalina: la total, que se produce, excreta y acumula por un mayor tiempo y la fácilmente extraíble, de reciente producción. Ambas están relacionadas con el almacenamiento de carbono y nitrógeno, lo que es importante para contribuir a la lucha contra el cambio climático en los suelos cafetaleros, especialmente en sistemas bajo sombra. Además, la glomalina responde a los cambios de uso de suelo, por lo que se considera un indicador de la salud y su calidad. Actúa como un “cemento natural” (Figura 2) que une las partículas de arena, limo y arcilla para formar microagregados, lo que mejora la estructura del suelo y como resultado, se incrementa la retención de agua y nutrientes para favorecer el desarrollo de los cafetales y disminuir la erosión del suelo sobre todo de laderas, donde se cultiva esta planta.

La concentración de glomalina en los suelos cafetaleros varía de acuerdo con la presencia y abundancia de las especies de HMA, las condiciones climáticas (precipitación, temperatura), la variedad de café, el manejo del suelo, el contenido de agua y nutrientes, factores responsables de que los suelos donde se cultiva café almacenen más contenido de glomalina.



Figura 1. Planta de café con cerezas en Huatusco, Veracruz. Fuente: Ana Leidy Copalcua Rosales.

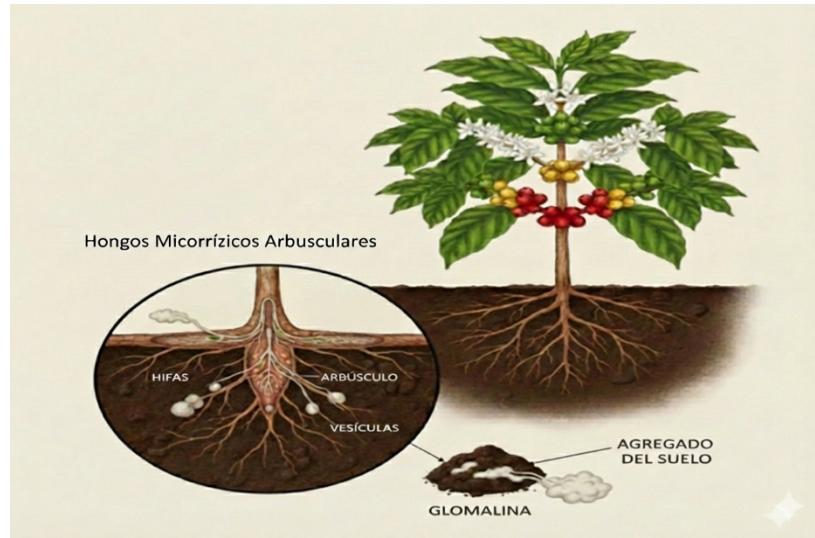


Figura 2. La producción de glomalin por los hongos micorrízicos arbusculares y su importancia en la formación de agregados en suelos cafetaleros. Fuente: IA Gemini-Google

Composición y distribución de la superheroína, la glomalin

La glomalin, conjunto de glicoproteínas (proteínas unidas a carbohidratos) secretada por las paredes de las esporas e hifas de los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA), estas últimas, semejantes a tubos diminutos que permiten a los HMA extenderse en el suelo en busca de agua y nutrientes. Los HMA viven en simbiosis con las raíces de la mayoría de las plantas, en una de las alianzas más estrechas de la naturaleza: los hongos ayudan a las raíces a absorber agua y nutrientes; mientras que, las plantas les proporcionan a los hongos, carbohidratos y otros compuestos orgánicos que producen a través del proceso de la fotosíntesis, ¡Un ganar-ganar! para ambas partes.

Sin glomalin se tendrán agregados débiles y menos estables, lo que hace que el suelo cafetalero sea más propenso a la degradación.

La glomalin total es considerada la fracción más resistente y de difícil degradación; mientras que, la fácilmente extraíble, la más lábil y débilmente unida a las partículas del suelo. De manera general, la glomalin es una reserva vital de nutrientes, su composición contiene de 36 a 59% de carbono, del 3 al 5% de nitrógeno y de un 0.8 a 8% de hierro. Esta superheroína se encuentra en suelos de diversos ecosistemas en cantidades variables, lo que se atribuye a las diferencias ambientales que influyen directamente en la abundancia y actividad de los HMA en cada entorno.



En suelos con alto contenido de materia orgánica, como los forestales, la concentración de glomalina varía entre 44.2 a 46.1 mg g⁻¹; mientras que, en suelos cafetaleros oscila de 18.5 a 60 mg g⁻¹. En contraste, los sistemas silvopastoriles presentan menores cantidades, alrededor de 2.45 mg g⁻¹, y los suelos agrícolas de 1.32 a 2.18 mg g⁻¹. En el caso de los tepetates, los cuales se caracterizan por presentar bajo contenido de materia orgánica se reportan concentraciones de 0.3 a 0.4 mg g⁻¹ de glomalina. La materia orgánica es un elemento esencial para la producción de la glomalina, esto debido a que los residuos orgánicos son degradados por la actividad de diferentes especies microbianas como las bacterias y hongos, quienes a través del proceso de mineralización liberan los nutrientes al suelo. Las plantas entonces los pueden absorber de forma directa a través de sus raíces o indirecta por los microorganismos, tal como sucede por los hongos micorrízicos arbusculares.

Los agregados del suelo y la glomalina

El suelo se considera un sistema disperso, dinámico en donde se pueden diferenciar tres fases: sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida considera los componentes inorgánicos y orgánicos, además de poseer la mayor estabilidad, es heterogénea y se forma por una mezcla de materiales que se diferencian en su composición, constitución y propiedades.

La manera en la que las partículas del suelo se agrupan en agregados define su estructura, la cual depende en gran medida del contenido de materia orgánica y de la actividad biológica. La fauna del suelo, principalmente las lombrices, ayudan a la formación de agregados a partir de sus excretas. Las raíces de las plantas y las hifas de hongos saprófitos crean una red para atrapar las partículas del suelo; mientras que, las bacterias favorecen la agregación mediante la secreción de polisacáridos, los cuales unen las fracciones orgánicas en agregados estables. Los hongos micorrízicos arbusculares también contribuyen a este proceso; sus hifas unen las partículas del suelo por la fuerza mecánica o mediante la secreción de glomalina, heroína que estabiliza los agregados e incrementa la estabilidad estructural, mejora la retención de agua y disminuye la erosión.

La estabilidad de los agregados y la organización de las fases del suelo determinan la porosidad, la aireación y el movimiento del agua, factores esenciales para el desarrollo de las raíces y la actividad microbiana. Cuando la estructura del suelo se altera por prácticas intensivas o pérdida de materia orgánica, éste se vuelve más compacto y susceptible a la erosión, lo que limita la productividad y la regeneración natural del ecosistema.

Cada hifa de un hongo micorrízico arbuscular es una fábrica silenciosa de glomalina.





La glomalina en el café: un sabor a sostenibilidad

En las plantaciones de café, la glomalina cumple una función fundamental en la conservación y mejora de la estructura del suelo, además de constituir una reserva importante de nitrógeno, fósforo y carbono orgánico. Su presencia favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas de café, lo que promueve un mayor rendimiento de grano y una mejor calidad, y repercute en un sabor más consistente y agradable al paladar.

Dadas las condiciones topográficas (pendientes moderadas a fuertes) y climáticas (alta humedad) de los suelos cafetaleros (Figura 3), los procesos de degradación se presentan principalmente durante el período de lluvias y principalmente en los sistemas a pleno sol. Por ello, es necesario fomentar la implementación de prácticas que incrementen el contenido de materia orgánica, el uso de abonos verdes y, de suma importancia, reducir la aplicación de agroquímicos, los cuales afectan de manera significativa a las poblaciones de hongos micorrízicos arbusculares y por lo tanto a su actividad.

Además de su función estructural, la glomalina contribuye al incremento de la infiltración y retención del agua, mejora la resistencia del suelo a la compactación y reduce la pérdida de partículas por erosión en laderas cafetaleras. De esta manera, los suelos con mayor contenido de glomalina presentan mayor resiliencia ante lluvias intensas y mantienen la productividad del cultivo del café a largo plazo. En cafetales bajo sombra se favorece el crecimiento de los hongos micorrízicos arbusculares y por lo tanto un mayor contenido de glomalina, comparado con el sistema de producción con monocultivo a pleno sol.

Fomentar condiciones que estimulen la actividad de los hongos micorrízicos arbusculares, como el uso de coberturas vegetales, compostas y prácticas agroecológicas, será importante para conservar la glomalina y, con ello, la productividad y sostenibilidad de los sistemas cafetaleros.

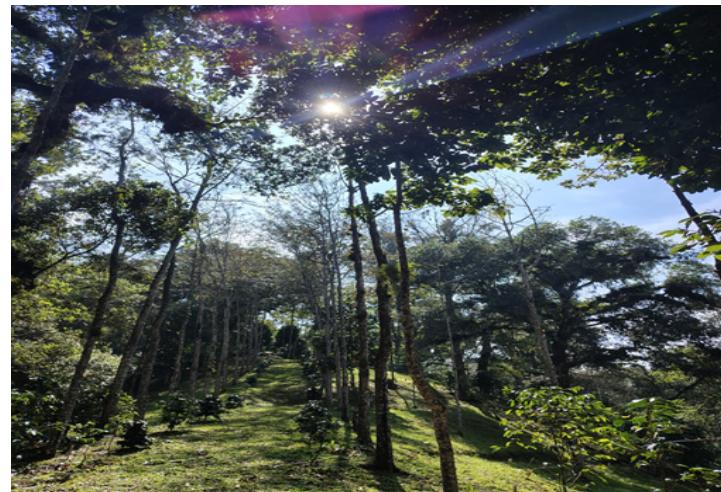


Figura 3. El sistema bajo sombra del cultivo del café en Huatusco, Veracruz. Fuente: Ana Leidy Copalcua Rosales.



Conclusión

En los suelos cafetaleros los hongos micorrízicos arbusculares son cruciales, debido a la producción de glomalina, esta superheroína mejora la disponibilidad de nutrientos, incrementa la retención de agua, actúa como un reservorio de carbono y nitrógeno en el suelo. Además, ayuda a la formación de agregados, para proteger al suelo de la erosión y evitar la degradación de los suelos bajo la producción de café. Esta heroína invisible merece que se le reconozca por su papel silencioso pero decisivo en la salud y resiliencia de los suelos cafetaleros.

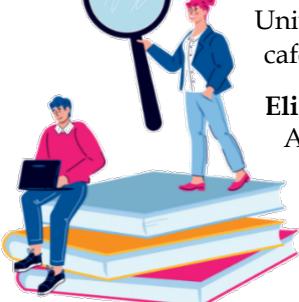
Literatura recomendada

- Carrillo-Saucedo, S. M., Puente-Rivera, J., Montes-Recinas, S., & Cruz-Ortega, R. (2022). Las micorizas como una herramienta para la restauración ecológica. *Acta Botánica Mexicana*, 129, 1-15. <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1932>
 - Holátko, J., Brtnický, M., Kučerík, J., Kotianová, M., Elbl, J., Kintl, A., Kynický, J., Benada, O., Datta, R., & Jansa, J. (2021). Glomalin – Truths, myths, and the future of this elusive soil glycoprotein. *Soil Biology & Biochemistry*, 153, 108116. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.108116>
 - Rodríguez-Yon, Y., Chiriboga-Morocho, R., Concha-Egas, TG, & de León-Lima, DP (2020). Caracterización de las fracciones de glomalina en suelos Ferralíticos Rojos con diferente uso. *Cultivos Tropicales*, 41(4). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193266197004>



Semblanzas de autores

Ana Leidy Copalcua-Rosales. Licenciada en Química Clínica, estudiante de la Maestría en Ciencias en Sistemas del Ambiente del Centro de Investigación en Genética y Ambiente de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, desarrolla el proyecto “Impacto del manejo de suelos cafetaleros sobre la estabilidad de agregados y el contenido de glomalina”.



Elizabeth Hernández-Acosta. Profesora investigadora del DEIS-Suelos, de la Universidad Autónoma Chapingo. Agrónoma y edafóloga que estudia la simbiosis café-micorriza arbuscular en sistemas agroforestales.

Juan Ángel Tinoco-Rueda. Adscrito al Centro Académico Regional Sede Huatusco de la Universidad Autónoma Chapingo, quien desarrolla la línea de investigación “Cafeticultura Integral Sostenible”.

Héctor Santos Luna-Zendejas. Adscrito al Laboratorio de Recursos Naturales del Centro de Investigación en Genética y Ambiente de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, en donde desarrolla la línea de investigación “Estudio de la bioprospección fúngica”.

Elizabeth García-Gallegos. Adscrita al Laboratorio de Recursos Naturales del Centro de Investigación en Genética y Ambiente de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, quien desarrolla la línea de investigación “Estudio y Manejo de la Calidad del Suelo”.



Complejos organominerales para mitigar la deficiencia de hierro en suelos calcáreos

Juan Manuel Hernández Moreno¹
Gregorio Cadenas-Pliego²
Ricardo M. Tighe-Neira³
Yolanda González-García⁴
Antonio Juárez-Maldonado^{5,6*}

¹Doctorado en Ciencias en Agricultura Protegida, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo C.P. 25315, México.

²Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo C.P. 25294, México.

³Departamento de Ciencias Agropecuarias y Acuícolas, Carrera de Agronomía, Universidad Católica de Temuco, Chile.

⁴ Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Noroeste, Campo Experimental Todos Santos, La Paz C.P. 23070, México.

⁵ Departamento de Botánica, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo C.P. 25315, México.

⁶ Laboratorio Nacional Conahcyt de Ecofisiología Vegetal y Seguridad Alimentaria (LANCEVSA), Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo C.P. 25315, México.

*Autor para correspondencia: antonio.juarez@uaaan.edu.mx

En los suelos calcáreos comunes del norte de México, el alto contenido de carbonatos y el pH alcalino dificultan que las plantas absorban hierro, provocando clorosis férrica y reduciendo el crecimiento y rendimiento de los cultivos. Aunque los quelatos sintéticos se han utilizado para corregir este problema, suelen ser costosos y con efecto limitado. Una alternativa prometedora son los complejos organominerales, que combinan hierro con compuestos orgánicos. Estos materiales mantienen el hierro en formas más solubles y evitan su precipitación, además de favorecer la actividad microbiana y mejorar la salud del suelo. Una variante de la elaboración de los complejos es someterlos a un tratamiento térmico, el cual cambia la estructura del hierro y forma carbón pirofórico capaz de retener nutrientes y liberar el hierro de manera gradual y eficiente. Gracias a estas características, los complejos organominerales representan una opción económica y sostenible para mejorar la nutrición férrica en suelos calcáreos y apoyar una agricultura más productiva y amigable con el ambiente, sin embargo, aún se requiere investigación para optimizar su uso en diferentes condiciones de suelo.





Introducción

En general, los suelos calcáreos, también conocidos como calizos o calcícolas son predominantes en las zonas áridas y semiáridas del norte de México y representan un desafío importante para la agricultura. Estos suelos se caracterizan por un alto contenido de carbonatos de calcio (CaCO_3) como se muestra en la Figura 1, lo que les confiere un pH alcalino, generalmente superior a 7.5. Esta condición química limita la solubilidad y disponibilidad de diversos micronutrientes esenciales para las plantas, siendo el hierro (Fe) uno de los más afectados.



Costra superficial: capa superior compactada por carbonatos.

Estructura endurecida: capas del suelo compactadas y cementadas debido a la acumulación de carbonatos (CaCO_3).

Figura 1. Perfil de suelo calcáreo donde se observa una costra superficial en la capa superior y una estructura endurecida en los estratos expuestos del perfil, ambas formadas por la acumulación de carbonatos de calcio.

El hierro, aunque se encuentra en abundancia en la corteza terrestre, permanece en formas químicas poco accesibles en los suelos calcáreos. La alta concentración de carbonatos provoca la precipitación del hierro ferroso (Fe^{2+}), que es la forma soluble y aprovechable por las raíces de las plantas, y lo convierte en compuestos férricos insolubles (Fe^{3+}), como se muestra en la Figura 2, los cuales no pueden ser absorbidos por la planta. Esta dinámica química genera una deficiencia nutricional de hierro. La deficiencia de hierro en las plantas se manifiesta principalmente en las hojas jóvenes, presentando un amarillamiento interenal característico, conocido como clorosis férrica.



Este síntoma se debe a que el hierro participa en procesos fisiológicos fundamentales como la fotosíntesis, la respiración celular, la síntesis de clorofila y la producción de enzimas antioxidantes. Al interrumpirse estas funciones, la planta reduce su capacidad de captar energía solar y su desarrollo vegetativo, lo que repercute directamente en su vigor y crecimiento. Como consecuencia, los cultivos establecidos en suelos calcáreos suelen presentar menores rendimientos y una pérdida significativa en la calidad de los productos cosechados. Esta limitación representa un reto para la producción agrícola en regiones donde los suelos calcáreos predominan, ya que la clorosis férrica afecta tanto a cultivos básicos como a cultivos hortícolas de alto valor comercial. Debido a esta problemática, se han desarrollado diversas estrategias de manejo agronómico para mejorar la disponibilidad de hierro en estos sistemas, tales como el uso de quelatos sintéticos, fertilización foliar y uso de complejos organominerales. No obstante, el manejo del hierro en suelos calcáreos continúa siendo un desafío, ya que las soluciones deben adaptarse a las condiciones edáficas, al tipo de cultivo y a la sostenibilidad de los sistemas productivos.

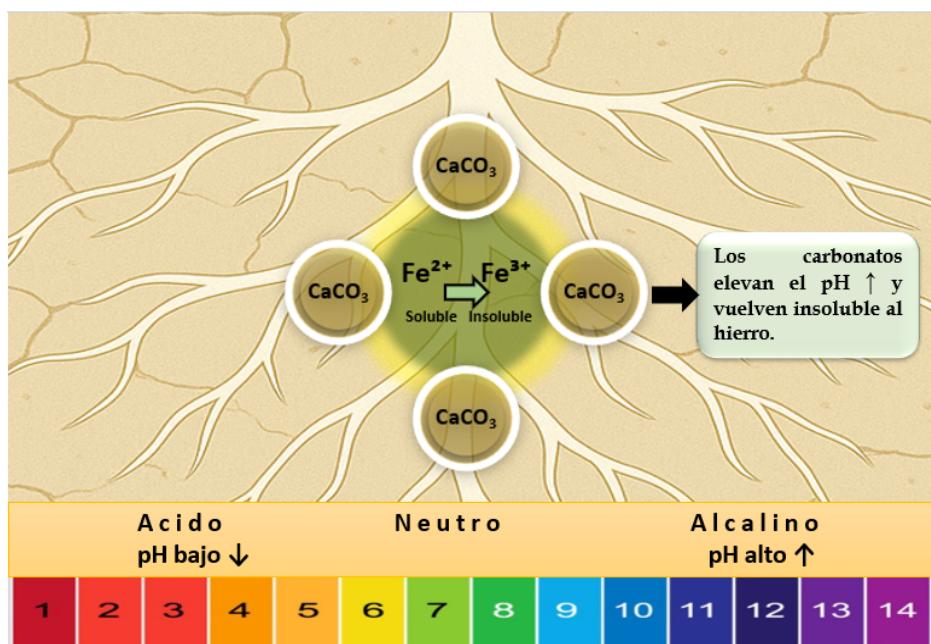


Figura 2. Se muestra cómo el hierro soluble en el suelo se vuelve insoluble al entrar en contacto con los carbonatos de calcio (CaCO_3), los cuales elevan el pH y reducen su disponibilidad para las raíces. Esto explica por qué, aun existiendo hierro en el suelo, las plantas pueden presentar clorosis férrica.



Complejos organominerales: una alternativa prometedora

Tradicionalmente, los productores han recurrido al uso de fertilizantes en forma de quelatos, principalmente EDTA (ácido etilen diamino tetra acético) y EDDHA (ácido etilen diamino-dio-hidroxifenil acético). Estos compuestos actúan como agentes secuestrantes que mantienen al hierro en una forma soluble y disponible para las plantas, evitando su precipitación en suelos calcáreos. Si bien su eficacia está comprobada, presentan algunas limitaciones: su alto costo, la necesidad de aplicaciones frecuentes y un efecto limitado en el tiempo, ya que la liberación de hierro no siempre es prolongada ni eficiente bajo condiciones extremas de alcalinidad. Frente a estas limitaciones, han surgido nuevas alternativas que buscan combinar eficacia, sostenibilidad y accesibilidad económica. Una de las más prometedoras es el uso de complejos organominerales, que han atraído la atención del sector agrícola en los últimos años. Estos complejos se plantean como una estrategia innovadora para enfrentar uno de los problemas más comunes en la agricultura de regiones áridas y semiáridas con suelos calcáreos, la precipitación del hierro debido al alto contenido de carbonatos. Esta condición del suelo limita la absorción del hierro, lo que genera deficiencias nutricionales visibles en los cultivos, manifestadas principalmente en la clorosis férrica.

La ventaja de los complejos organominerales radica en su mecanismo de acción combinado. A diferencia de los fertilizantes quelatados convencionales, estos complejos asocian al ion metálico, en este caso el hierro, con un compuesto orgánico como el ácido cítrico, la levadura o la goma arábiga, como se muestra en la Figura 3. Estas sustancias no solo actúan como agentes protectores que evitan la precipitación del hierro al impedir que este entre en contacto directo con los carbonatos presentes en los suelos calcáreos, sino que también desempeñan un papel multifuncional en la dinámica del nutriente.



Estos complejos se plantean como una estrategia innovadora para enfrentar uno de los problemas más comunes en la agricultura de regiones áridas y semiáridas con suelos calcáreos, la precipitación del hierro debido al alto contenido de carbonatos.

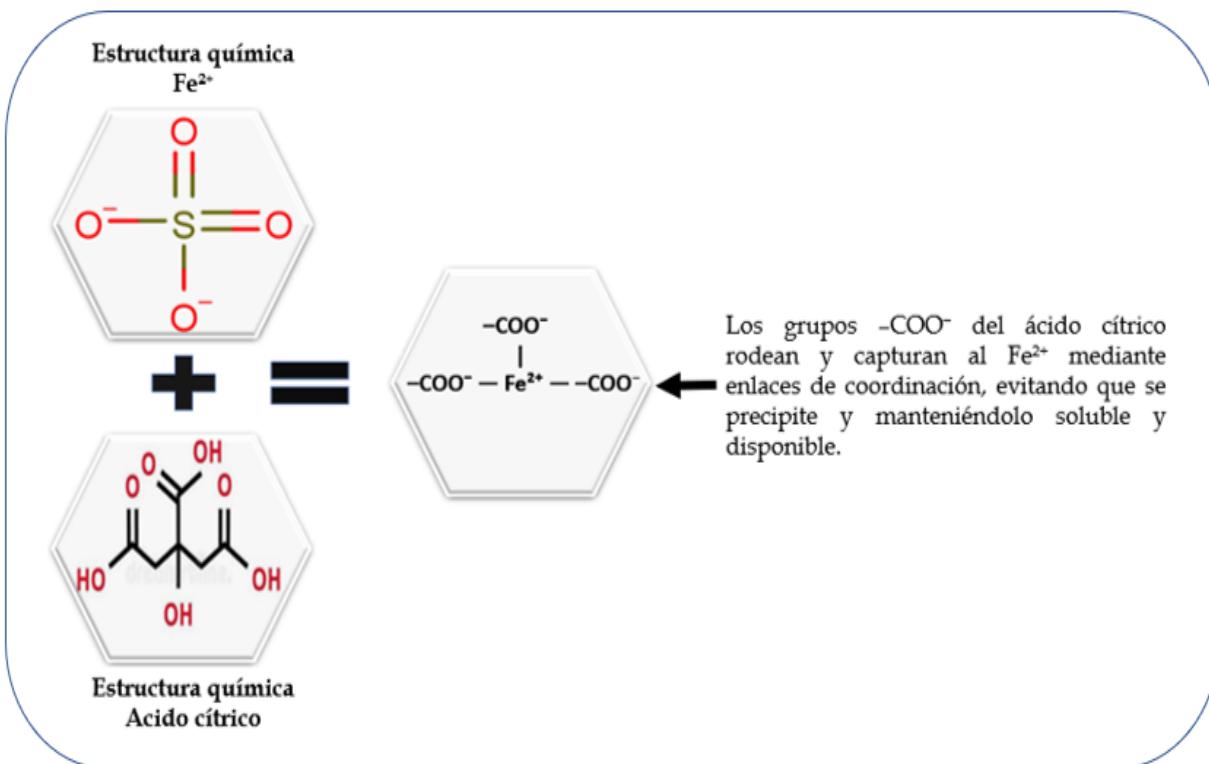
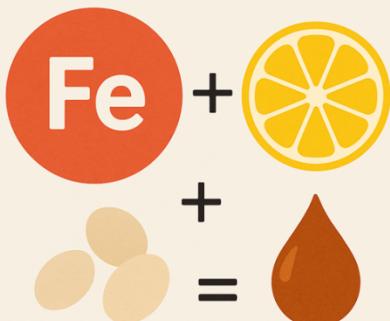


Figura 3. Interacción de las estructuras químicas de Fe^{2+} y el ácido cítrico, donde los grupos carboxilato ($-\text{COO}^-$) del ácido cítrico atrapan al hierro mediante quelación, manteniéndolo soluble y disponible para las plantas.

Por un lado, incrementan la solubilidad del hierro al mantenerlo en formas químicamente más estables y disponibles para la absorción radicular. Por otro lado, prolongan su permanencia en el suelo, lo que asegura un suministro más constante a lo largo del ciclo del cultivo y reduce las perdidas por insolubilización o lixiviación, como se muestra en la Figura 4. Además, ciertos compuestos orgánicos empleados en estos complejos pueden estimular la actividad de comunidades microbianas beneficiosas. Esta interacción da lugar a una unión sinérgica entre el componente mineral y la matriz orgánica, en la que no solo se optimiza la eficiencia de la nutrición férrica, sino que también se generan efectos positivos adicionales en la salud del suelo y en el crecimiento de las plantas, resultando en cultivos más tolerantes y productivos bajo condiciones limitantes de disponibilidad de hierro.

Adicionalmente, el uso de compuestos orgánicos naturales confiere a los complejos organominerales un carácter más amigable con el ambiente, al reducir la dependencia de agentes sintéticos y promueve la sostenibilidad en los sistemas productivos.



A diferencia de los fertilizantes quelatados convencionales, estos complejos asocian al ion metálico en este caso el hierro con un compuesto orgánico como el ácido cítrico, la levadura o la goma arábiga.

Esta característica resulta particularmente importante en la agricultura moderna, donde existe una creciente demanda por tecnologías que equilibren la productividad con la conservación de los recursos naturales.

De esta forma, los complejos organominerales no solo representan una opción técnica para mejorar la disponibilidad de hierro en suelos calcáreos, sino también una oportunidad para avanzar hacia prácticas agrícolas más eficientes, económicas y sostenibles.

Principio de funcionamiento



La cobertura orgánica que rodea al hierro le brinda estabilidad frente al pH elevado de los suelos calcáreos, evitando que se precipite y manteniéndolo disponible para las plantas.

El compuesto orgánico al ser biodegradable, permite una liberación lenta del nutriente, lo que prolonga su disponibilidad y reduce su lixiviación.

Figura 4. Papel del complejo organomineral como vehículo de entrega del hierro en suelos calcáreos.



¿Cómo se producen los complejos organominerales?

Los complejos organominerales se forman cuando el hierro se une a un compuesto orgánico que lo atrapa y lo mantiene disponible para la planta. Este proceso se conoce como síntesis de complejación, y consiste en mezclar una sal mineral de hierro con un compuesto orgánico que actúa como puente de unión. Para lograrlo, es importante controlar el pH y otras condiciones de reacción, de manera que el hierro quede bien fijado al compuesto orgánico.

Otra de las etapas es el tratamiento térmico. Este procedimiento consiste en someter el material a temperaturas elevadas, alrededor de 600 °C, de manera controlada y durante un tiempo específico, como se muestra en la Figura 5. La finalidad no es únicamente eliminar la humedad residual y estabilizar la mezcla, sino también inducir una serie de reacciones físicas y químicas entre la matriz orgánica y el hierro. Estas transformaciones mejoran notablemente las propiedades del complejo final, tanto en términos de estabilidad como de funcionalidad en el suelo agrícola.

Durante el tratamiento térmico tienen lugar dos fenómenos clave que determinan las características finales del material:

1. Carbonización de la matriz orgánica. La fracción orgánica del complejo se somete a un proceso de **pirólisis**, es decir, descomposición térmica en ausencia parcial o total de oxígeno. En estas condiciones, la materia orgánica se transforma en un carbón altamente dividido y con una estructura rica en microporos, de acuerdo a la representación gráfica de la figura 6. El producto resultante se denomina **carbón pirofórico**, el cual posee:

- Una elevada **capacidad de adsorción** de nutrientes y agua, gracias a su área superficial específica.
- Grupos funcionales en su superficie que interactúan con el hierro, protegiéndolo frente a procesos de oxidación o precipitación.
- Un papel adicional como **vehículo protector**, actuando como una barrera que reduce la inactivación del hierro en contacto con los carbonatos presentes en suelos calcáreos.

Pirólisis a 600°C

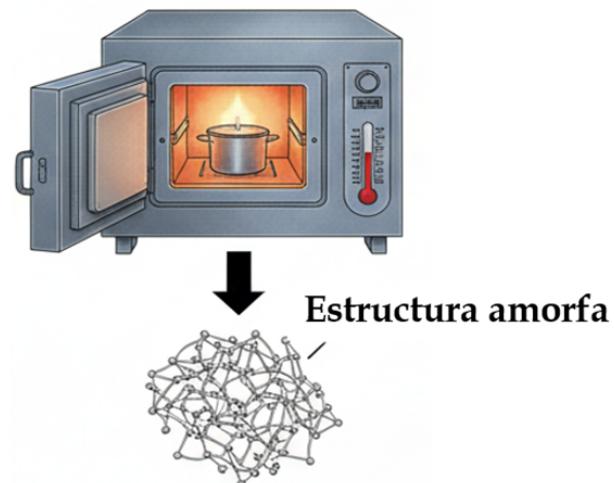


Figura 5. Proceso empleado para calentar el complejo a 600°C, en la parte inferior se observa la estructura amorfa del material antes de ser sometido al proceso de pirólisis.

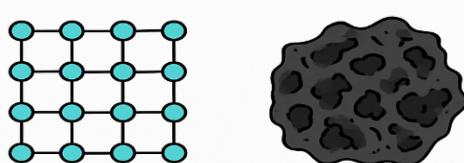


Adicionalmente, el uso de compuestos orgánicos naturales confiere a los complejos organominerales un carácter más **amigable con el ambiente**, al reducir la dependencia de agentes sintéticos de síntesis química, y promueve la sostenibilidad en los sistemas productivos

Este carbón pirofórico no solo asegura la permanencia del hierro en formas más estables, sino que también contribuye a mejorar la retención de humedad en el suelo, lo cual es un beneficio agronómico adicional en zonas áridas y semiáridas.

2. Cristalización del hierro. De manera paralela, el ion hierro sufre un proceso de **reordenamiento estructural**. A medida que la temperatura alcanza los 600 °C, los compuestos de hierro asociados al compuesto orgánico experimentan una transición hacia formas cristalinas más estables como se observa en la figura 6. Este cambio de una estructura amorfa a una cristalina implica:

- Mayor **estabilidad química**, que evita la precipitación rápida en contacto con carbonatos.
- Una liberación **gradual y controlada** del hierro, lo que prolonga su disponibilidad en la rizosfera.
- Propiedades **electroquímicas diferentes** que favorecen interacciones con compuestos exudados por las raíces y microorganismos benéficos del suelo.



Estructura cristalina + Carbono pirofórico

Figura 6. Como resultado del tratamiento térmico a 600°C, la fase amorfa asociada al hierro se reorganiza hacia una estructura cristalina, mientras que la fracción orgánica se carboniza y forma carbono piróforo.



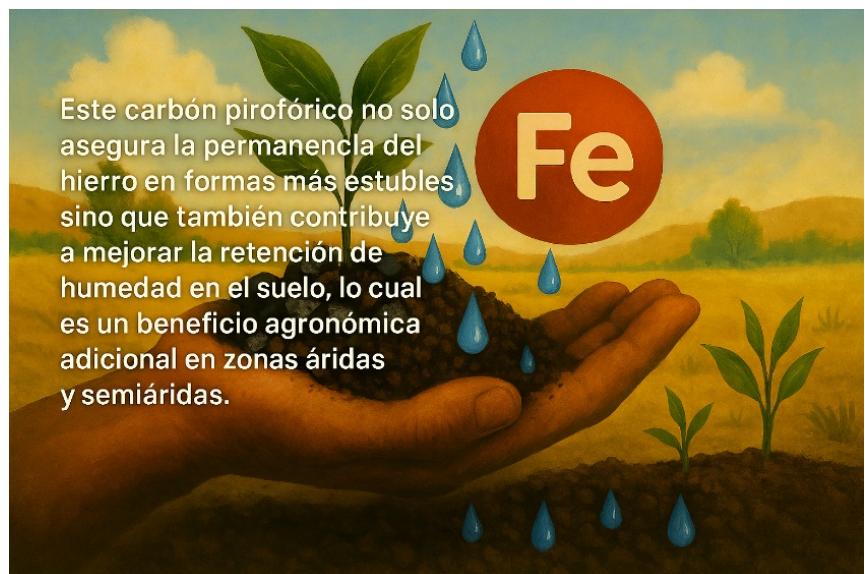
El resultado final de este proceso térmico es un complejo organomineral con propiedades únicas: combina la capacidad de retención y protección del carbón pirofórico con la estabilidad estructural del hierro cristalizado. Esta sinergia no solo aumenta la eficacia en la fertilización férrica de cultivos establecidos en suelos calcáreos, sino que también ofrece un enfoque más sostenible, al reducir la dependencia de quelatos sintéticos costosos y disminuir las pérdidas por lixiviación o precipitación.

Mirando hacia el futuro

En conclusión, el tratamiento térmico a 600 °C no debe considerarse un simple paso de secado, sino una etapa de transformación estratégica que otorga al complejo organomineral una arquitectura físico-química más eficiente para la agricultura moderna. Gracias a estas modificaciones, el uso de complejos organominerales de hierro tratados térmicamente se posiciona como una innovación prometedora para la fertilización de suelos problemáticos, como los calcáreos, donde la disponibilidad de nutrientes esenciales suele estar limitada por condiciones químicas adversas. Esta tecnología no solo busca aportar hierro como nutriente, sino diseñar sistemas inteligentes de liberación controlada capaces de interactuar con la biología del suelo y con los mecanismos naturales de absorción de las plantas.

El tratamiento térmico aplicado durante la elaboración de estos complejos permite generar carbón pirofórico como matriz, lo cual no solo mejora la estabilidad y la eficiencia del fertilizante, sino que también añade un valor agregado al contribuir a la mejora de la calidad del suelo y al secuestro de carbono.

De esta manera, los complejos organominerales trascienden la función de un simple fertilizante y se convierten en una herramienta de apoyo a prácticas agrícolas más sostenibles. Sin embargo, resulta necesario realizar estudios adicionales para conocer la tasa de liberación de estos nutrientes, ya que, algunas matrices empleadas pueden retardar su estabilidad en el suelo y en la entrega del fertilizante en relación a los tipos de suelo.





Conclusiones

En un contexto donde la agricultura enfrenta el reto de aumentar la productividad sin comprometer el medio ambiente, estos materiales emergen como aliados estratégicos para mantener la salud del suelo, garantizar cosechas más resilientes y reducir la dependencia de fertilizantes convencionales que presentan altas pérdidas por lixiviación o inmovilización. Su uso abre la puerta al diseño de fertilizantes más eficientes, de mayor durabilidad y con menor impacto ambiental.

En un futuro, la implementación de complejos organominerales de hierro tratados térmicamente podría significar una alternativa sostenible y de bajo costo para mejorar la productividad agrícola, fortalecer la seguridad alimentaria y contribuir a los compromisos globales de mitigación del cambio climático.

El resultado final es un complejo organomineral único que combina la capacidad de retención y protección del carbón pirofórico con la estabilidad estructural del hierro cristalizado.



Literatura recomendada

- Alzate Zuluaga, M. Y., Cardarelli, M., Rouphael, Y., Cesco, S., Pii, Y., & Colla, G. 2023. **Iron nutrition in agriculture: From synthetic chelates to biochelates.** *Scientia Horticulturae* 312: 111833. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.111833>
- Arcas, A., López-Rayó, S., Gárate, A., & Lucena, J. J. 2024. **A critical review of methodologies for evaluating iron fertilizers based on iron reduction and uptake by strategy I plants.** *Plants* 13(6): 819. <https://doi.org/10.3390/plants13060819>
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P., & Piccolo, A. 2015. **Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture.** *Scientia Horticulturae*, 196, 15–27. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>

Semblanzas de autores

M.C. Juan Manuel Hernández Moreno. Maestría en Ciencias en Agroplásticultura, estudiante de doctorado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAAN).

Dr. Gregorio Cadenas-Pliego. Doctorado en Química por el CINVESTAV-IPN, investigador titular "C" en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA).

Dr. Ricardo M. Tighe-Neira. Ingeniero Agrónomo por la Universidad Católica de Temuco, Doctor en Ciencias Agropecuarias y profesor investigador por la Universidad Católica de Temuco.

Dra. Yolanda González-García. Doctorado en Ciencias en Agricultura Protegida por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, investigadora en el Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Noroeste, Campo Experimental Todos Santos.

Dr. Antonio Juárez-Maldonado. Ingeniero Agrónomo por la Universidad Autónoma de Zacatecas, Doctor en Ingeniería de Sistemas de Producción y profesor investigador por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAAN).





Microorganismos: el eslabón oculto en la nutrición de las plantas

Labna Aixchel Sierra Ramírez¹
Cynthia Roxana Maceda Ramírez²
José Carlos Santacruz Juárez³
Iván Pável Moreno Espíndola³
Mariela H. Fuentes Ponce^{3*}

¹Maestría en Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.

²Maestría en Ecología Aplicada, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.

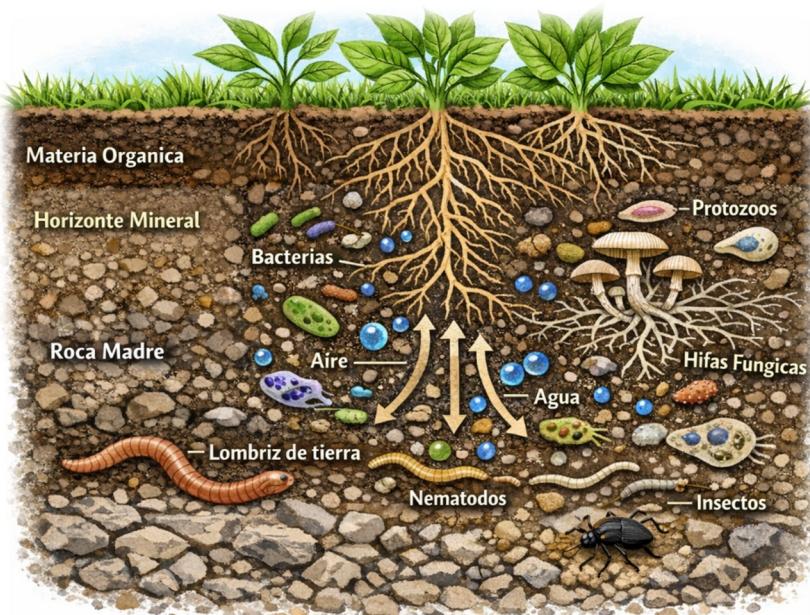
³Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Calz. Del Hueso 1100, Coapa, Villa Quietud, Coyoacán, 04960 Ciudad de México, CDMX.

*Autor para correspondencia: mfponce@correo.xoc.uam.mx

¿Sabías que debajo de nuestros pies existe un componente vital que da sostén a casi todo lo que conocemos?

Ese componente es el suelo, una delgada capa que recubre la superficie de la corteza terrestre, formada a partir de la desintegración de las rocas y la acumulación de materia orgánica (restos de plantas y animales), su arreglo forma poros que contienen agua y aire. El suelo también alberga macro, meso y microorganismos, todo ello esencial para el crecimiento de las plantas.

Los microorganismos, bacterias y hongos principalmente, son capaces de descomponer la materia orgánica para alimentarse y al mismo tiempo liberan nutrientes que son



absorbidos por las plantas. Además, estos organismos microscópicos ayudan a las plantas a tolerar condiciones que limitan su desarrollo como factores bióticos (plagas y enfermedades) y abióticos (salinidad, sequía y otros factores ambientales).



Introducción

Los microorganismos también participan en la producción de sustancias que coadyuvan al crecimiento, desarrollo y adaptación de las plantas. Por lo que, básicamente, sin estos recursos microbianos, el suelo dejaría de ser un ente vivo, impactando directamente sobre la nutrición vegetal y la productividad agrícola.

No obstante, algunas de las prácticas más utilizadas en la agricultura, pueden ocasionar un impacto negativo sobre el desarrollo del sistema suelo-planta-microorganismo. En este texto indagamos acerca de los beneficios que tienen los microbios en la agricultura y el cómo pueden ser utilizados para aumentar la disponibilidad de nutrientes para las plantas en el suelo, o sea convertirse en un **biofertilizante**; además, se aborda cómo el uso irracional de los agroquímicos puede repercutir sobre la presencia y diversidad de los microorganismos en el suelo.

¿Por qué los microorganismos son importantes en el suelo?

El suelo no solo es el medio físico que da soporte mecánico a las plantas, sino que representa un recurso complejo compuesto por muchos elementos: aire, agua, minerales, materia orgánica y pequeños animales que degradan la materia orgánica, como las lombrices, los insectos y los microorganismos.

Muchos de estos microorganismos, participan en el reciclaje de nutrientes en el suelo y con esto, aumentan la disponibilidad de los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas. La manera en cómo las bacterias y hongos del suelo pueden procesar la materia orgánica ocurre debido a la actividad enzimática, es decir, producen enzimas que rompen la estructura de la materia orgánica para alimentarse de compuestos existentes en ella y a su vez se generan nuevos compuestos que las plantas pueden absorber como nutrientes.



Un gramo de suelo puede llegar a albergar millones de microorganismos.

¿Sabías que...

1 gramo de suelo puede llegar a albergar a millones de microorganismos?



A parte de aumentar la disponibilidad de nutrientes esenciales como el nitrógeno, el fósforo o el potasio, entre otros, los microorganismos también participan en la regulación del crecimiento de las plantas por medio de la producción de sustancias, como auxinas, giberelinas, citoquininas o etileno, así como la producción de antibióticos contra organismos dañinos o la resistencia al estrés ambiental como sequía, salinidad o temperaturas extremas. Debido a estas características, los microorganismos ofrecen un gran potencial para ayudar a que los cultivos crezcan adecuadamente. Los seres humanos dependemos de los cultivos agrícolas para alimentarnos, por ello hemos buscado diferentes formas para aumentar su producción.

El pasado como punto de partida

La Revolución verde fue un modelo agrícola que se desarrolló a mediados del Siglo XX, cuyo objetivo fue la “tecnificación” del campo agrícola para incrementar la producción de alimentos a escala mundial, mediante la implementación de ciertas innovaciones como maquinaria agrícola, sistemas de riego, variedades mejoradas de cultivos y diversas prácticas de manejo, entre ellas, el uso de insumos sintéticos como fertilizantes y plaguicidas. Sin embargo, aunque estas estrategias permitieron un aumento significativo de la producción de alimentos, también generaron una fuerte dependencia de insumos externos para los agricultores y su uso irracional impacto ambiental.

El uso inadecuado de productos sintéticos y algunas malas prácticas agrícolas han provocado serios problemas como la contaminación, degradación y la pérdida de biodiversidad del suelo, lo que impacta en la reducción de los microorganismos que habitan en él. Ante esta problemática a escala mundial, se han buscado y desarrollado estrategias de manejo sostenible con el objetivo de mantener o incrementar la producción agrícola reduciendo el impacto ambiental, regulando el uso de fertilizantes sintéticos. Estas estrategias buscan conservar la fertilidad del suelo, proteger la biodiversidad y mejorar la eficiencia en el uso de recursos como agua y nutrientes.

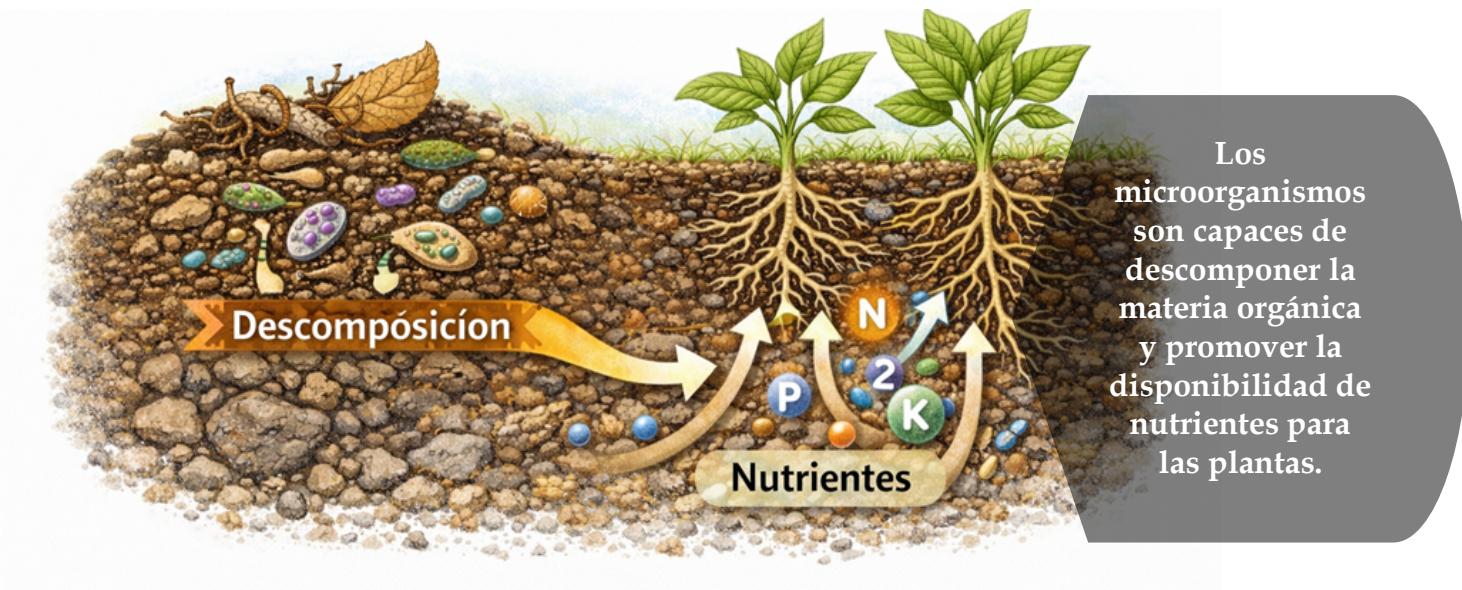




Entre las alternativas que han cobrado mayor relevancia en los últimos años, destaca la producción y el uso de **biofertilizantes**, los cuales son formulaciones que contienen microorganismos benéficos que al ser aplicados mejoran la nutrición y desarrollo vegetal. Estos productos pueden presentar microorganismos en su estado activo o latente, es decir, con una alta o baja actividad metabólica.

Así mismo, las comunidades microbianas tienen el potencial de restaurar la salud y calidad del suelo, aún en ambientes degradados por la agricultura intensiva, además de que por sus propiedades benéficas, permiten disminuir o reemplazar, el uso de fertilizantes sintéticos, sumado al uso de enmiendas orgánicas, ya que los microorganismos aceleran el proceso de descomposición, quelatan o mineralizan los nutrientes, es decir, pasan de una forma orgánica a una inorgánica favoreciendo la absorción por parte las plantas, por lo que, sin ellos, muchos de los nutrientes quedarían inmovilizados en el suelo.

La capacidad que tiene el suelo para suministrar la cantidad de nutrientes necesaria para las plantas depende, en gran medida, de la interacción entre los microorganismos del suelo y la rizosfera (la zona del suelo rodeada e influenciada por raíces de las plantas). Por lo que el papel de los microorganismos resulta clave para poder mantener la fertilidad del suelo y mejorar la eficiencia nutrimental de los cultivos agrícolas; además que favorece una agricultura sostenible y reduce el impacto ambiental ocasionado por el uso inadecuado de agroquímicos sintéticos.





Los biofertilizantes: una opción sostenible

Los **fertilizantes sintéticos** han sido ampliamente utilizados en la agricultura intensiva debido a la capacidad que poseen para proporcionar nutrientes disponibles de forma inmediata, ya que en general, son sales inorgánicas solubles, lo cual facilita la asimilación por parte de las plantas, fabricadas y formuladas industrialmente. Sin embargo, su uso inadecuado está asociado a daños ambientales significativos, como la contaminación de suelo y agua. Esto sucede ya que las plantas solo pueden absorber una cantidad limitada de los nutrientes, entre el 30 y 40%, por lo que el resto puede llegar a lixiviarse con facilidad al pasar por los poros del suelo hasta llegar a los mantos acuíferos. Esto quiere decir que cuando el fertilizante aplicado no logra ser absorbido completamente por las plantas, una parte de estos nutrientes solubles en agua (60-70%) son arrastrados por la lluvia desde la superficie del suelo hasta los mantos acuíferos y de allí a los ríos, lagos, canales y océanos provocando un fenómeno denominado eutrofización, que no es más que la saturación de nutrientes en los cuerpos de agua, lo que ocasiona un crecimiento descontrolado de algas que agotan el oxígeno en el agua y la calidad de los sistemas acuáticos.

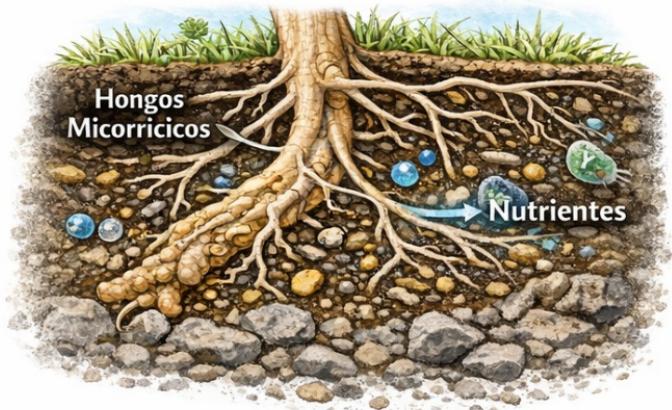


En contraste, los **biofertilizantes** representan una alternativa para el desarrollo de una agricultura sostenible, ya que sus microorganismos benéficos participan en el proceso de degradación de la materia orgánica o solubilización ciertos minerales para aumentar la disponibilidad de los nutrientes requeridos por las plantas, lo que permite disminuir el uso de fertilizantes sintéticos y con ello, los costos de producción, al mismo tiempo, que se construye una agricultura más amigable con el medio ambiente.

Y como lo dijimos antes, también los microorganismos que conforman los biofertilizantes producen sustancias que ayudan a regular el crecimiento de las plantas y protegerlas de plagas y condiciones ambientales adversas.



Por otro lado, los biofertilizantes también contribuyen a mejorar las propiedades y salud del suelo ya que algunos microorganismos como los Hongos Micorrícos Arbúsculares permiten la formación de una proteína denominada “glomalina” la cual funciona como un pegamento para las partículas del suelo y permite mejorar su estructura, para que existan poros por donde el aire y el agua puedan moverse con facilidad, lo cual también influye en la posibilidad de que las raíces puedan absorber los nutrientes solubles en la solución del suelo. Algunas bacterias son capaces mejorar la capacidad del suelo para retener agua y reducir la erosión, lo cual, no solo permite aumentar la productividad de los agroecosistemas, sino que también fortalece la resiliencia de los cultivos frente a los cambios ambientales.



Aquí un ejemplo sobre el uso de biofertilizantes en una parcela:

Consulta este estudio de caso reportado por Medina et al., (2021) en:

<https://journals.uco.es/bioeconomy/article/view/13533/12600>

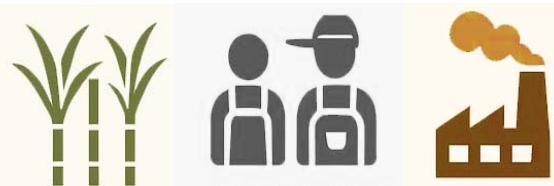


¿Sabías que México es uno de los principales productores de azúcar en el mundo? ¿Y que la producción y demanda de la caña han ido en aumento? En los últimos años, la producción de caña a nivel nacional ha superado los 55 millones de toneladas, lo cual lo posiciona como el octavo productor a nivel mundial.

Los fertilizantes sintéticos han aumentado sus costos hasta en un 300%, lo cual repercute en los costos de producción y en la insostenibilidad para algunos productores.

Ante esta situación, una empresa mexicana ubicada en el estado de Morelos se dio a la tarea de realizar estudios para evaluar el impacto sobre la aplicación de biofertilizantes en la producción de caña de azúcar con el objetivo de encontrar alternativas más eficientes, rentables y ecológicas para su producción. Por lo que compararon los resultados obtenidos en parcelas con agricultura convencional (uso de fertilizantes sintéticos) respecto a parcelas que utilizaron biofertilizantes.

Concluyendo que la aplicación de biofertilizantes logró reducir hasta en un 30% la fertilización nitrogenada al complementarla con microorganismos como *Azospirillum spp.*, y un consorcio de Hongos Micorrícos Arbúsculares.



Según los autores, se obtuvo el doble de ganancias respecto a la parcela donde sólo se palicaron fertilizante sintéticos: Ganancia Neta Total sin Biofertilizantes: \$176,600; Ganancia Neta Total con Biofertilizantes: \$411,200. De esta forma, además de reducir el impacto ambiental en suelos y cuerpos de agua, también se incrementaron las ganancias al reducir el gasto en insumos sintéticos.

Los biofertilizantes son formulaciones que contienen microorganismos benéficos que al ser aplicados mejoran la nutrición y desarrollo vegetal.



Los biofertilizantes poseen un periodo de "acción" gradual para liberar nutrientes y que la planta los vaya absorbiendo en el tiempo, además de estimular reguladores de crecimiento y sustancias protectoras para las plantas.

¿Cómo se producen los biofertilizantes?

Es muy importante mencionar que la preparación de un biofertilizante con microorganismo nativos, o sea del lugar de interés, resultará más eficiente, debido que están mejor adaptados a las condiciones del lugar y además no resultarán perjudiciales para el resto de los microorganismos que viven en el suelo. El proceso para obtener, caracterizar y reproducir microorganismos cambia dependiendo del microorganismo de interés.



Describiremos de manera sencilla un ejemplo para reproducir bacterias solubilizadoras de fósforo, esto quiere decir que logran que este elemento esté disponible para las plantas (**Figura. 1**).

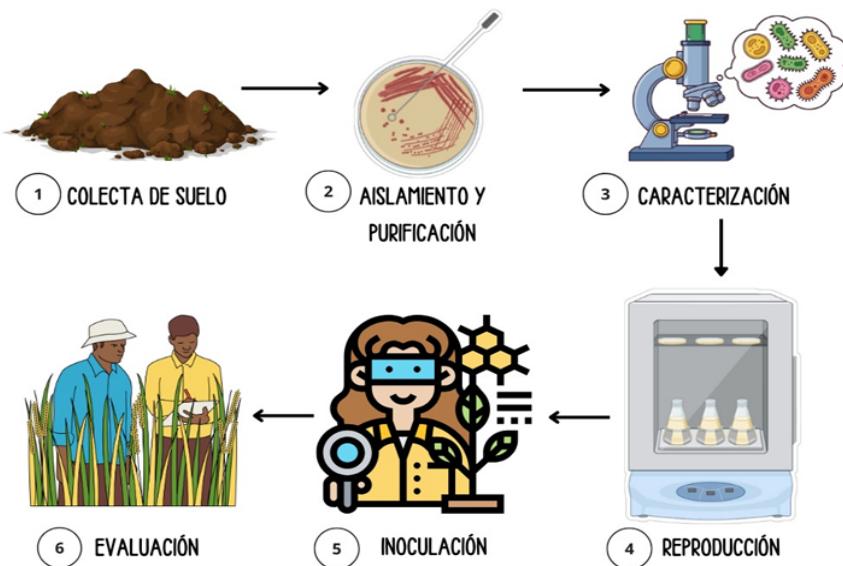


Figura 1. Proceso para reproducir cepas bacterianas con potencial biofertilizante.

bacterias crecen, formando diferentes colonias (son millones de bacterias iguales), cambia a color amarillo (**Figura. 2**).

- 3) De allí se escoge alguna colonia y se vuelve a sembrar en otra caja y así varias veces hasta que se aísle un solo tipo de bacteria, que se usará para hacer el biofertilizante.
- 4) **Caracterización**, se realizan distintas pruebas para identificar al microorganismo aislado: desde la forma y características de las colonias, observaciones al microscopio para describir el tipo de células y el tipo de pared celular, la técnica de tinción de Gram, hasta técnicas de biología molecular para aislar genes específicos que permitan su identificación.



Figura 2. Medio selectivo fosforado.
 El cambio de color (morado a amarillo) indica la presencia de bacterias solubilizadoras de fósforo



Algunas otras pruebas permiten conocer las condiciones en las que se desarrollan los microorganismos, como el pH, salinidad del suelo, fuentes de carbono de las que se alimentan, entre otras.

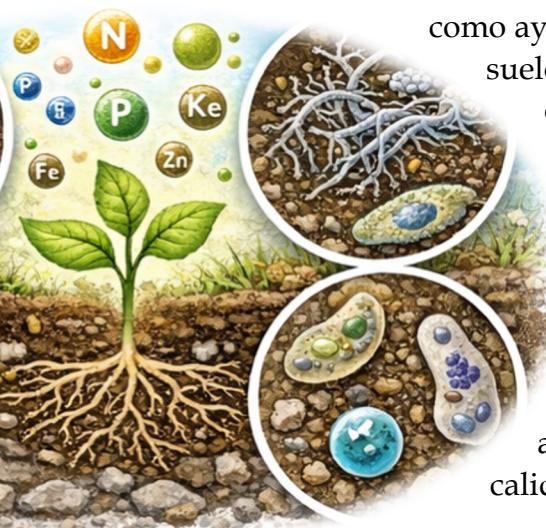
- 5) **Reproducción** del microorganismo de interés, se lleva a cabo su crecimiento en un medio de cultivo líquido dentro de una incubadora con agitación a una temperatura de 28°C de 24 a 48 horas. Este paso se realiza con el objetivo de elaborar un biofertilizante, el cual tendrá alimento para que el microorganismo esté con vida hasta que es aplicado al suelo. En el mercado existen diversos biofertilizantes, la concentración de cada producto varía entre especies, pero la mayoría de los biofertilizantes bacterianos se aplican en una concentración que va de 10^6 hasta 10^8 Unidades Formadoras de Colonias por mililitro.
- 6) **Inoculación y evaluación del biofertilizante**, el producto puede ser aplicado en las semillas o en la zona del suelo donde se encuentran las raíces u hojas del cultivo que se quiere beneficiar; posteriormente se evalúan aspectos como el rendimiento del cultivo y otros aspectos que ayudan a determinar la efectividad del biofertilizante.



Figura 3. Inoculación de la bacteria
 Incorporación del biofertilizante a la rizosfera

Conclusiones

Los microorganismos, aunque no los veas en el suelo, son un factor clave proveer de nutrientes a las plantas al degradar la materia orgánica, así como para fomentar condiciones favorables para que las plantas puedan absorber los nutrientes, como ayudar a formar poros por donde se moverá la solución del suelo que lleva los nutrientes disueltos que absorberán las raíces de las plantas. Por ello, con estos microorganismos, bacterias y hongos, se han formulado **los biofertilizantes** que no solo representan una alternativa viable (sobre todo, aquellos elaborados a partir de microorganismos nativos) para reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos, sino que también, promueven la regeneración de los suelos, y la biodiversidad de los sistemas agrícolas, apostando así por asegurar la soberanía alimentaria, al fortalecer la producción local de alimentos de calidad y reducir costos para los productores.





Agradecimientos

Este proyecto es financiado por la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México. Nombre del proyecto: "Soberanía alimentaria: Sistema agroalimentario sostenible para la ciudad de México" CASA UAM Centro articulador para la sostenibilidad alimentaria. Número de proyecto: SECTEI/010/2024.



Literatura recomendada

- Dar, G. H. 2020. Soil Microbiology and Biochemistry. NIPA; eBook Academic Collection (EBSCOhost).
- Medina P., González C., Morales M. 2021. Uso de biofertilizantes para una producción más rentable y sustentable de caña de azúcar en México, Biofábrica Siglo XXI. C3-BIOECONOMY, Revista de Investigación y Transferencia en Bioeconomía Circular y Sostenible N2.
- Moreno-Espíndola, I. P., Gutiérrez-Navarro, A., Franco-Vásquez, D. C., & Vega-Martínez, D. 2025. Reflections on microbial genetic resources in agricultural systems. Current Research in Microbial Sciences, 8, 100337.
<https://doi.org/10.1016/j.crnmicr.2024.100337>
- Rueda Puente E. O., Ortega García J., Barrón Hoyos J. M., López Elías J., Murillo Amador B., Hernández Montiel L. G., Alvarado Martínez A. G., Valdez Domínguez R. D. 2015. Los fertilizantes biológicos en la agricultura INVURNUS, Vol. 10 No. 1: 10-17
- Shahzad, M., Hayat, R., Mujtaba, G. et al. 2025. Biofertilizers in sustainable agriculture: mechanisms, applications, and future prospects. *Discov Agric* 3, 224
<https://doi.org/10.1007/s44279-025-00318-0>

Semblanzas de autores

Labna A. Sierra Ramírez: Estudiante de la Maestría en Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma Metropolitana. Su línea de investigación se orienta hacia el desarrollo de técnicas experimentales para la identificación de Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) y la producción de inóculos nativos.

Cynthia Roxana Maceda Ramírez: Estudió la Maestría en Ecología Aplicada en la Universidad Autónoma Metropolitana. Su investigación se centró en la producción e inoculación de bacterias nativas de suelos agrícolas de Oaxaca.

José Carlos Santacruz Juárez: Licenciado en Agronomía por la UAM-X. Su trayectoria profesional se centra en la implementación y promoción de prácticas agrícolas sostenibles, la conservación de los recursos naturales además de la difusión del conocimiento agroecológico entre productores y comunidades.

Iván Pável Moreno Espíndola: Profesor Asociado D, Departamento de Producción Agrícola y Animal, UAM Unidad Xochimilco. Temas e interés: Microbiología agrícola y cultivos nativos. Sistema Nacional de Investigadores: Candidato 2017-2021; Reconocimiento PRODEP (2023-2026). Premio a la Investigación 2022 en el Área de Ciencias Biológicas y de la Salud. UAM.

Mariela H. Fuentes Ponce: Profesora Titular C en UAM-X. Licenciada en Agronomía por la UAM. Maestra en Edafología (COLPOS). Doctora en Ciencias Biológicas (COLPOS-Universidad de Salamanca). Perteneció al SNI y cuenta con reconocimiento PRODEP. Tiene más de 35 publicaciones en diferentes medios. Editora asociada de *Frontiers in Sustainable Food Systems*.





El papel del Nitrógeno en el Nogal Pecanero

Importancia del Nitrógeno

- Esencial para la fotosíntesis y síntesis de proteínas.
- Favorece el crecimiento vegetativo (hojas, brotes y raíces).
- Influye directamente en el tamaño y la calidad de la nuez.

¿Cómo actúa en el nogal?

- **Absorción:** el árbol capta nitrógeno en formas solubles como nitrato y amonio.
- **Transformación:** el nitrógeno se usa para formar proteínas y clorofila, esenciales para su crecimiento.

Destino estacional

Primavera: hojas y brotes.
Verano: desarrollo de la nuez.
Otoño: reservas en raíces y tronco.

Efectos en el crecimiento y rendimiento

- Mezclas con más amonio ayudan al **crecimiento** y mejor aprovechamiento del nutriente.
- Las distintas fuentes de nitrógeno (urea, nitrato o sulfato) funcionan de forma similar; lo importante es aplicar la **dosis correcta**.
 - El nitrógeno **mejora** el desarrollo del árbol y el llenado de la nuez.

Buenas prácticas de fertilización

- Aplicar **dosis moderadas** y en el momento adecuado (brotación y verano).
- **Combinar** nitrato y amonio mejora la absorción del árbol.

Ángeles González Varela
y Krisna García Lara

| Sección III: La Arcilla |

49

50

| ISSN: 2992-8125 | www.vocesdelsuelo.org.mx |
Volumen 3 — Número 4 — 2025 |



El papel del Nitrógeno en el Nogal Pecanero

Ángeles González Varela*
Krisna García Lara

Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 31350,
Méjico

*Autor para correspondencia: p343614@uach.mx

Literatura recomendada

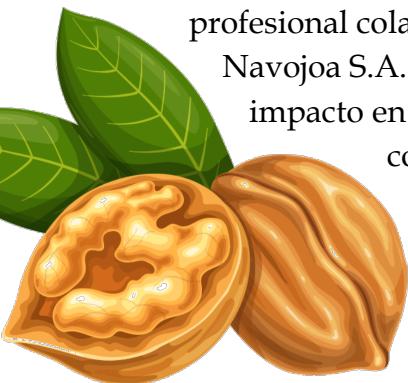
- Chen, M., Wang, W., Sun, J., Hu, W., Wei, Q., Liu, J., ... & Han, Z. (2023). Ammonium-nitrate mixtures dominated by NH_4^+ -N promote the growth of pecan through enhanced N uptake and assimilation. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1186818. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1186818>
- Kraimer, R. A., Lindemann, W. C., & Herrera, E. A. (2001). Distribution of ^{15}N -labeled fertilizer applied to pecan: A case study. *HortScience*, 36(2), 308–312. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.36.2.308>
- Smith, M. W., Wood, B. W., & Raun, W. R. (2007). Recovery and partitioning of nitrogen from early spring and midsummer applications to pecan trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 132(6), 758–763. <https://doi.org/10.21273/JASHS.132.6.758>
- Wells, M. L. (2021). Pecan response to nitrogen fertilizer source. *HortScience*, 56(3), 368–376. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15553-20>



Semblanzas de autores

Ángeles González Varela. Ingeniero Horticultor egresada de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Durante su formación profesional, realizó prácticas en la empresa de YINSA (Yeso Industrial de Navajoa S.A. de C.V.). En donde participó en el análisis y evaluación de huertos de manzano y nogal pecanero sujetas a aplicación del producto 'Solugyp', adquiriendo experiencia en el manejo técnico y productivo de cultivo, enfocando su desarrollo académico y profesional en la investigación y aplicación de estrategias innovadoras para mejorar la productividad y sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Estudiante de posgrado en la Maestría en Ciencias Hortofrutícolas, de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

Krisna García Lara. Ingeniera Horticultora egresada de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Durante su formación profesional colaboró en proyectos de investigación en YINSA (Yeso Industrial de Navajoa S.A. de C.V.), orientados al aprovechamiento de enmiendas agrícolas y su impacto en la productividad de cultivos, donde desarrolla proyectos relacionados con el estudio de bioherbicidas a partir de subproductos agroindustriales, con el propósito de contribuir a la innovación en el sector agrícola. Estudiante de la Maestría en Ciencias Hortofrutícolas, de la Universidad Autónoma de Chihuahua.





Microorganismos del suelo: Aliados de plantas endémicas de regiones áridas

Angélica Anahí Acevedo-Barrera
Claudia Lucia Hernández-Castillo*
Jared Hernández-Huerta

Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Chihuahua.

*Autor de correspondencia: claudiahdezcastillo@hotmail.com

Las regiones áridas presentan condiciones extremas de baja fertilidad, salinidad y escasez de agua que limitan el crecimiento vegetal. Sin embargo, las plantas endémicas logran adaptarse mediante interacciones con comunidades microbianas que mejoran la absorción de nutrientes y la estructura del suelo. Consolidando a los microorganismos del suelo como aliados esenciales para la supervivencia de las plantas en regiones áridas.

Introducción

Los suelos de las regiones áridas representan ecosistemas desafiantes para el desarrollo de la vida vegetal debido a la deficiencia de nutrientes y regímenes climáticos desfavorables (Figura 1).



Figura 1. Climas extremos con alta sequía y deficiencia de nutrientes.



A estas limitaciones se suman condiciones adversas como temperaturas extremas, escasez de lluvias e irregulares, así como una alta variabilidad climática que intensifica los procesos de degradación de los suelos. Sin embargo, en estos ambientes se desarrollan plantas endémicas (Figura 2) que logran adaptarse gracias a estrategias como la interacción con comunidades microbianas presentes en el suelo.



Figura 2. Planta de sotol, especie endémica de regiones áridas.

Estos microorganismos edáficos cumplen un papel esencial al facilitar la absorción de nutrientes, mejorar la estructura del suelo y promover el desarrollo de las plantas.



Comunidades del suelo

En el suelo existe una interacción entre microorganismos vivos, rocas, minerales, agua y aire, siendo un sistema altamente regulado por el clima. La naturaleza física y química del suelo, como la estructura porosa y la disponibilidad de material orgánico, proporciona una diversidad de hábitats para muchos organismos. Este hábitat engloba diversidad de plantas, animales y microorganismos condicionados por el entorno abiótico donde se desarrollan. Para dimensionar esta riqueza, se considera que en un gramo de suelo pueden encontrarse decenas de miles de especies diferentes de bacterias, hongos y arqueas.

La cantidad, composición y diversidad de especies que se encuentran en un ecosistema están altamente reguladas por diversos factores, como temperatura, humedad, acidez, cantidad de nutrientes y algunos sustratos orgánicos. En el caso del suelo, los microorganismos rara vez se encuentran formando comunidades de una sola especie; por ello, las interacciones microbianas son cruciales para el establecimiento y el mantenimiento de una población. Por lo cual, estas asociaciones son el resultado de un proceso de adaptación y evolución, permitiendo el desarrollo de los microorganismos en diferentes nichos ecológicos, al mismo tiempo que les permite superar diferentes tipos de estrés biótico y abiótico en el ambiente.

Plantas endémicas de regiones áridas

Los entornos áridos se caracterizan por una baja disponibilidad de nutrientes en el suelo y baja materia orgánica, una estructura del suelo pobre, alta salinidad, deficiencia de agua, temperaturas extremas y desecación, sequía, vientos fuertes y alta radiación UV. La misma estructura pobre reduce la retención de agua y la pérdida de fertilidad, provocando en estos entornos pérdidas en la vegetación y, por ende, en la biodiversidad.

Las especies de plantas que crecen en regiones áridas adoptan mecanismos complejos que les ayudan a contrarrestar los diferentes estreses bióticos y abióticos a los cuales se enfrentan bajo estos ambientes (Figura 3).

"Los microorganismos del suelo contribuyen a una serie de servicios ecosistémicos fundamentales para preservar la vida."





Estas defensas involucran mecanismos bioquímicos, fisiológicos y moleculares que protegen y ayudan a las plantas a sobrevivir en condiciones extremas, como son las de regiones áridas. Así pues, las plantas al desarrollarse en estos ambientes seleccionan ensambles microbianos con capacidades para promover su crecimiento y estimular su desarrollo.



Figura 3. Desarrollo de vegetación en ambientes áridos.

Microorganismos aliados a las plantas

Las plantas que sobreviven bajo ambientes áridos logran adaptarse gracias a la interacción de organismos invisibles. Aunque no se aprecie a simple vista, existen millones de microorganismos cerca de la zona de raíces, conocida como rizosfera (Figura 4). En esta zona se encuentra una gran diversidad microbiana que juega un papel clave en el establecimiento de la cubierta vegetal que contribuye a la mejora de las plantas y el suelo. Estas funciones responden a los cambios en su entorno actuando, así como los indicadores correctos para la función particular en el suelo. Se han propuesto algunos organismos existentes en la rizosfera que utilizan diferentes mecanismos para aliviar el estrés de las plantas, como son las bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV), las cuales desempeñan un papel crucial en la adaptación de hábitats áridos. Estos pequeños organismos poseen diversidad de mecanismos que benefician la resistencia al estrés ambiental.





Interacción entre BPCV y las plantas de regiones áridas



Figura 4. Zona de la rizosfera en las plantas.

La alianza entre las BPCV y el desarrollo de las plantas radica en algunas funciones que brindan estos microorganismos, como la solubilización de fosfatos, permitiendo que este nutriente esencial sea aprovechado en su forma absorbible por las plantas para su crecimiento. Otra aportación es la fijación de nitrógeno mediante la transformación del elemento como compuesto aprovechable, sobre todo en suelos infértilles.

Debido a las condiciones extremas de sequía que presentan las regiones áridas, se afecta la productividad de las plantas y causa inmovilidad de los nutrientes, lo que provoca también la acumulación de sales en el suelo. Esta sequía, además, afecta el potencial hídrico y la turgencia de las plantas, provocando un estrés osmótico. Para contrarrestar las afectaciones de este tipo de estrés, las plantas pueden ser beneficiadas por las BPCV mediante la producción de exopolisacáridos, sustancias que protegen a las raíces, aumentando la retención de líquido, al igual que reducen la adsorción de sal y protegen las células vegetales afectadas. También pueden participar en la estimulación de la actividad antioxidante, activando enzimas que contrarrestan el daño causado por el estrés salino y en la regulación del ingreso de sodio por las plantas, evitando que acumulen altos niveles que puedan afectar su desarrollo.

Gracias a estos mecanismos, las BPCV son consideradas como aliadas fundamentales para la supervivencia de las plantas en regiones áridas, al fortalecer su capacidad de adaptación y resistencia frente a las adversidades ambientales futuras.

"La preservación de las plantas en condiciones de estrés biótico y abiótico demanda amplias adaptaciones fisiológicas."



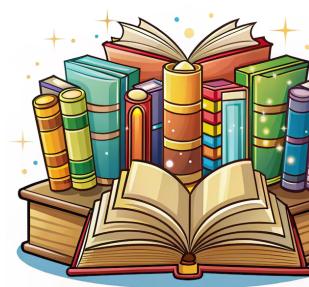
Conclusiones

Las comunidades microbianas del suelo representan interacciones entre factores bióticos y abióticos que, en conjunto, sostienen la vida vegetal, incluso en ambientes extremos como las regiones áridas. En estos ecosistemas, donde las condiciones son desfavorables y el desarrollo de la vegetación es limitado, las plantas endémicas han logrado establecer mecanismos de adaptación que incluyen la selección de microorganismos benéficos en su rizosfera. De este modo, la alianza entre plantas y microorganismos es clave para mantener la biodiversidad y la estabilidad de los suelos áridos, reafirmando el papel esencial de los microorganismos del suelo como aliados invisibles pero fundamentales para la vida en los ecosistemas.



Literatura recomendada

- Ahkami, AH, White III, RA, Handakumbura, PP y Jansson, C. (2017). Ingeniería de la rizosfera: mejora de la productividad sostenible de los ecosistemas vegetales. *Rhizosphere*, 3, 233-243. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2017.04.012>.
- Ayangbenro, AS, y Babalola, OO (2021). Recuperación de suelos áridos y semiáridos: El papel de las arqueas y bacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Current Plant Biology*, 25, 100173. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2020.100173>.
- Cruz O'Byrne, R.K., Piraneque, N.V. y Aguirre Forero, S.E. (2023). Introducción a la biología y microbiología de suelos. Editorial Unimagdalena. <http://dx.doi.org/10.21676/9789587465747>



Semblanzas de autores

Angélica Anahí Acevedo Barrera. Doctora en Ciencias Agrarias por la UAAAN. Profesora-Investigadora de tiempo completo en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Chihuahua, en el área de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal.



Claudia Lucia Hernández Castillo, con Maestría en Agronegocios en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua. Actualmente estudiante de posgrado en el Doctorado en Ciencias Hortofrutícolas en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Chihuahua.

Jared Hernández Huerta. Doctor, Profesor e Investigador, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Chihuahua. Perfil PRODEP, Cuerpo Académico Consolidado CA114-UACH, SNII I. Trabaja con el uso de microorganismos benéficos en cultivos hortícolas.



Lombrices y su aporte a la agricultura sustentable

Rocío del Pilar Serrano-Ramírez¹
Joaquín Adolfo Montes-Molina¹
Adalberto Zenteno-Rojas²
Valentín Pérez-Hernández³

¹Laboratorio de Biología Molecular, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Carretera Panamericana km 1080, Boulevard Belisario Domínguez, 29050. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

²Departamento de Investigación y Educación Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural de Chiapas.

³Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada.

*Autor para correspondencia: pilarserrano250@gmail.com

Actualmente el mantenimiento de la fertilidad del suelo, la producción de cultivos y el desarrollo de la agricultura orgánica corresponde a los retos de las actividades agrícolas modernas y sustentables. Una de las acciones relevantes de la agricultura es la incorporación de material orgánico a los suelos, ya que pueden afectar la composición de las comunidades bacterianas y también el crecimiento de los cultivos. El vermicompostaje y los lixiviados son técnicas utilizadas para satisfacer la necesidad de la agricultura sustentable en materia de restauración y fertilidad de suelos y de cultivos.



Introducción

¿Sabías que unas pequeñas lombrices pueden transformar la basura orgánica de tu

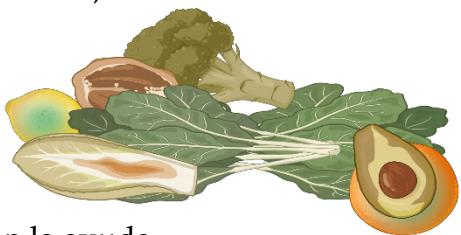
casa en un fertilizante que hace crecer más fuertes a las plantas? El uso de fertilizantes orgánicos se alinea con los principios de la agricultura sustentable y ofrece ventajas en comparación con los fertilizantes químicos. Actualmente los fertilizantes sintéticos son usados ampliamente en la industria agrícola, aunque son fáciles de aplicar y proporcionan una rápida disponibilidad de nutrientes estos traen diversas desventajas al suelo.





Las principales consecuencias negativas son la degradación del suelo, lixiviación y contaminación de aguas de lagos y ríos, y la disminución de la biodiversidad de microorganismos. Para reemplazar el uso de fertilizantes inorgánicos se han empleado técnicas como el compostaje y vermicompostaje. Ambas técnicas emplean residuos orgánicos (residuos de frutas o verduras, hojas, papel o desechos de animales), que con la ayuda de microorganismos o lombrices en el caso del vermicompostaje y subproductos, descomponen los residuos orgánicos para su posterior uso como fertilizante orgánico.

En el sistema de vermicomposteo se obtienen vermicomposta y lixiviados. El lixiviado de vermicomposta también conocido como "lixiviado de lombriz", es un líquido que se drena durante el vermicompostaje y ha surgido como una alternativa prometedora para sustituir a los fertilizantes inorgánicos debido a su contenido elevado de nutrientes, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos que corresponden a sustancias beneficiosas para la agricultura y otros componentes



La agricultura sustentable consiste en la producción de alimentos y la protección de los recursos naturales, reduciendo el uso de productos químicos como pesticidas o herbicidas, promoviendo la rotación y diversificación de cultivos, y fomentando el empleo de fertilizantes orgánicos.

bioquímicos. Además, estos biofertilizantes pueden modificar las propiedades fisicoquímicas del suelo, promover el crecimiento y la producción de cultivos, especialmente en áreas con baja fertilidad del suelo. También se destacan por promover el crecimiento de microorganismos benéficos para el suelo que en ocasiones evitan el desarrollo de hongos y bacterias patógenas para las plantas.

Vermicomposteo para la obtención de vermicomposta y lixiviado

El vermicomposteo es una técnica que se emplea para el procesamiento de residuos orgánicos utilizando lombrices de suelo. En este proceso las lombrices ingieren los residuos orgánicos y a través del paso por el sistema digestivo se degradan los residuos orgánicos con la ayuda de diferentes enzimas digestivas que funcionan como proteínas que ayudan a la transformación de sus alimentos, además de microorganismos presentes en su flora intestinal. El resultado de la degradación de los residuos orgánicos por las lombrices recibe el nombre de humus de lombriz o vermicomposta.

El vermicomposteo transforma residuos en fertilidad, aliando sostenibilidad y productividad, mediante el reciclaje de residuos orgánicos, indicadores de la salud y biodiversidad del suelo mejora de la fertilidad.





En este proceso se requieren de los siguientes componentes: compostera, residuos orgánicos y lombrices. La compostera consiste en un recipiente de madera, plástico u otro material con mínimo de tres niveles (Fig.1).

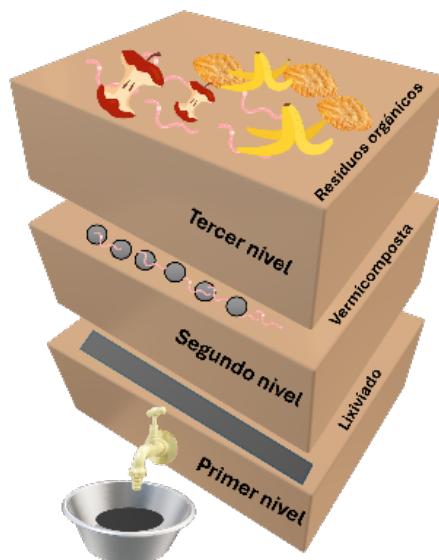
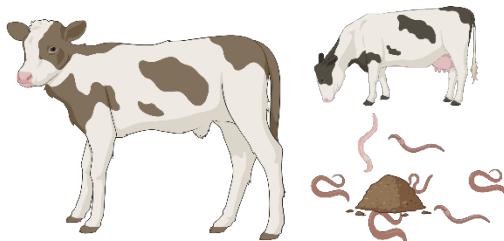


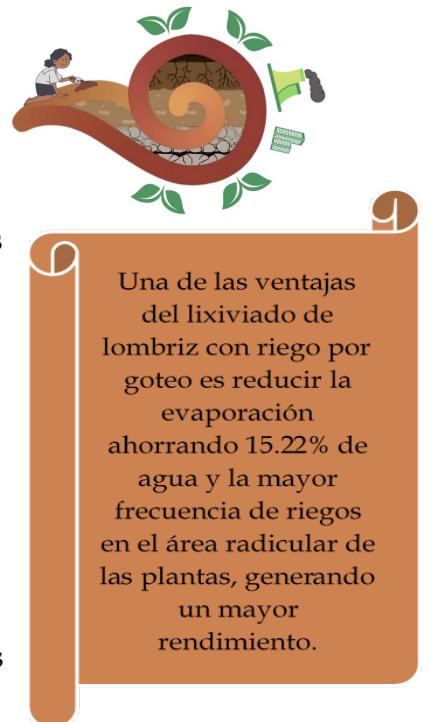
Figura 1. Ejemplo de vermicomposta

En el tercer nivel se colocan los residuos orgánicos y las lombrices, cuando los residuos orgánicos se están terminando las lombrices se mueven al segundo nivel para continuar el proceso y el primer nivel funciona como recolector del lixiviado. Durante todo el proceso de vermicomposteo es necesario agregar agua para mantener húmedo el ambiente y las lombrices puedan moverse con mayor facilidad. La especie de lombriz más usada para el vermicomposteo es la lombriz roja Californiana (*Eisenia fetida*).

Alternativas de residuos orgánicos en el vermicomposteo: excreta de animales

Las excretas o heces han sido utilizadas desde la antigüedad como mejoradores de suelo y como estimulantes en la producción de cultivos. Entre los materiales que se han utilizado como sustrato para el desarrollo de lombrices de suelo destacan las excretas de bovinos, equinos, porcinos, aves de corral, conejos y ovinos. La gran disponibilidad y el aporte nutrimental hacen que sean una alternativa atractiva para generar fertilizantes orgánicos para suelos con deficiencias nutrimetales.

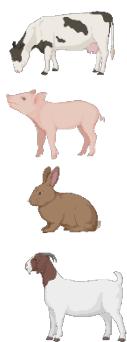




En la búsqueda de alternativas para uso como residuos orgánicos está la excreta de vaca, cerdo, conejo o cabra. Estas excretas se caracterizan por poseer alto contenido de nitrógeno y carbono fácilmente disponible (Cuadro 1). Aunque presenta algunos inconvenientes como en la excreta de cerdo que contiene algunos microorganismos patógenos que posteriormente son eliminados o disminuidos en su abundancia al pasar por el paso en el intestino de la lombriz.

Una de las ventajas del lixiviado de lombriz con riego por goteo es reducir la evaporación ahorrando 15.22% de agua y la mayor frecuencia de riegos en el área radicular de las plantas, generando un mayor rendimiento.

Cuadro 1. Caracterización fisicoquímica de algunos lixiviados obtenidos de excretas animales.

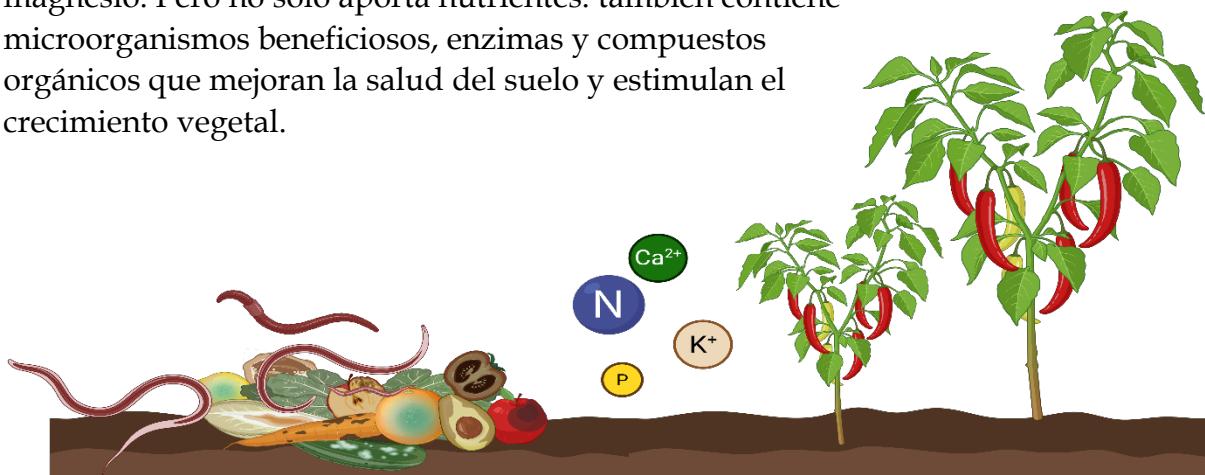


Lixiviado	pH	CE (mS/cm)	N-total (mg/L)	Carbono orgánico (mg/L)	K (mg/L)
vaca	7.93	1.6	91.3	685.8	737.8
cerdo	7.97	1.4	127.0	343.8	532.3
conejo	8.04	1.8	92.4	860.1	998.0
cabra	7.97	2.4	87.5	342.0	665.3

mS: milisiemens; cm: centímetros; CE: conductividad eléctrica.

Esto nos lleva a la pregunta: ¿Cómo ayudan los lixiviados en la agricultura?

El lixiviado de lombriz, también conocido como té de lombriz, es un fertilizante líquido 100% natural producido gracias al trabajo de las lombrices rojas (*Eisenia fetida*). Estas lombrices transforman los restos orgánicos que consumen en un concentrado rico en nutrientes esenciales para las plantas, como nitrógeno, fósforo y potasio, además de otros minerales importantes como zinc, hierro, calcio y magnesio. Pero no solo aporta nutrientes: también contiene microorganismos beneficiosos, enzimas y compuestos orgánicos que mejoran la salud del suelo y estimulan el crecimiento vegetal.





Gracias a su alto contenido de ácidos húmicos y fúlvicos compuestos que las raíces absorben con facilidad este líquido mejora la estructura y fertilidad del suelo, haciendo que los cultivos crezcan de forma más sana y vigorosa. En resumen, es una herramienta poderosa y sostenible para nutrir nuestros cultivos y cuidar el medio ambiente y su aprovechamiento en la agricultura sostenible (Fig. 2).

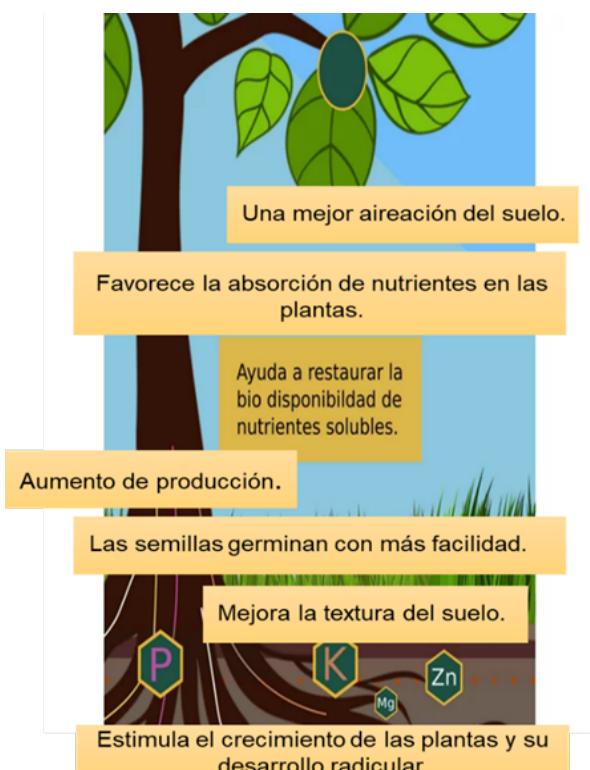


Figura 2. Beneficios del lixiviado de lombriz en las plantas.

Por otro lado, los lixiviados obtenidos de desechos animales, tras su procesamiento mediante vermicompostaje y almacenamiento, han demostrado ser eficientes promotores del crecimiento en plantas de tomate mejorando la calidad de sus frutos.

En los lixiviados de lombriz se han encontrado bacterias promotoras del crecimiento vegetal, estas bacterias ejercen un efecto positivo sobre el crecimiento o desarrollo de las plantas. El efecto positivo de estas bacterias se ha otorgado tradicionalmente a su capacidad para incrementar la disponibilidad de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y para sintetizar hormonas vegetales, como lo han mencionado algunos investigadores, quienes mencionan que el rendimiento de fruto por ejemplo en el cultivo de tomate se debe a un incremento en la biomasa microbiana del suelo y el aumento de la cantidad de nitrógeno después de la aplicación de vermicomposta.



El vermicomposteo transforma residuos en fertilidad, aliando sostenibilidad y productividad, mediante el reciclaje de residuos orgánicos, indicadores de la salud y biodiversidad del suelo.



El lixiviado de lombriz es una solución líquida que nutre la tierra mejorando la estructura del suelo y activación de la vida en las plantas.

Debido a la importancia de este grupo de microorganismos en la ecología del suelo y en la promoción de cultivos de importancia económica y social, muchos esfuerzos están siendo realizados para la selección de organismos con potencial agrícola. La disminución en la aplicación de agroquímicos mediante el uso de estas tecnologías limpias puede contribuir significativamente al manejo responsable de los cultivos desde el punto de vista del calentamiento global y de la explosión demográfica.

Las lombrices más usadas para estos procesos es la lombriz roja de California

Dentro de las especies de lombrices más usadas, por su alto rendimiento en la producción de humus, se encuentra en primer lugar a *Eisenia Fetida* (Fig. 3). Se les conoce así por la popularización de los cultivos experimentales en que forman parte, realizados en los años 20 por el agricultor californiano Thomas Barret. Realmente son originarias de Europa del este. Son las mejores trabajadoras para la tierra, con sus 1.4 gramos, comen una ración diaria que equivale a su propio peso, del cual el 55 por ciento es abono, ya que toda la vermicomposta obtenida contiene 7 veces más minerales y 5 veces más nitrógeno. Tienen una alta capacidad reproductora, lo que las hace las favoritas de la llamada lombricultura. La lombricultura o vermicultura consiste en la cría y producción de lombrices detritívoras (formadoras de humus) como la lombriz roja californiana.



Figura 3. Lombriz roja californiana.



Conclusión

El lixiviado de lombriz, gracias a su forma líquida, puede aplicarse directamente sobre las hojas de las plantas (aplicación foliar) y sobre el suelo, permitiendo que sus nutrientes sean absorbidos casi de inmediato. Esto lo convierte en un potente estimulante biológico que activa las funciones celulares y acelera el desarrollo de las plantas en sus distintas etapas de crecimiento. Además de nutrir, este biofertilizante representa una forma inteligente y sostenible de aprovechar los residuos orgánicos, transformándolos en un recurso valioso para la agricultura. Cuidar el suelo es fundamental para producir alimentos sanos y seguros, y conocer alternativas como esta nos permite no solo mejorar la productividad, sino también generar ingresos y avanzar hacia una vida más digna y sustentable.

Literatura recomendada



- Fernandez, A. L., Sheaffer, C. C., Wyse, D. L., Staley, C., Gould, T. J., & Sadowsky, M. J. (2016). Structure of bacterial communities in soil following cover crop and organic fertilizer incorporation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100(21), 9331-9341. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7736-9>
 - Eriksen-Hamel, N. S., & Whalen, J. K. (2007). Impacts of earthworms on soil nutrients and plant growth in soybean and maize agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 120(2-4), 442-448. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.11.004>.
- Rehman, S. U., De Castro, F., Aprile, A., Benedetti, M., & Fanizzi, F. P. (2023). Vermicompost: Enhancing plant growth and combating abiotic and biotic stress. *Agronomy*, 13(4), 1134. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041134>
- Vambe, M., Coopooosamy, R. M., Arthur, G., & Naidoo, K. (2023). Potential role of vermicompost and its extracts in alleviating climatic impacts on crop production. *Journal of Agriculture and Food Research*, 12, 100585. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100585>



Semblanzas de autores



Dra. Rocío del Pilar Serrano Ramírez

Ingeniera en Bioquímica, Maestría en Ciencias y Doctorado en Alimentos y Biotecnología vegetal, por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, campus Chiapas/TECNM. Miembro del SNII nivel Candidato. Catedrática de la Escuela de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chiapas. Biotecnología vegetal y ambiental como líneas de investigación.



Dr. Joaquín Adolfo Montes Molina

Profesor-Investigador del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez. Miembro del SNII nivel 1.



Dr. Valentín Pérez Hernández

Ingeniero Bioquímico por el Instituto Tecnológico de Villahermosa, Maestría en Ciencias y Doctorado en Alimentos y Biotecnología por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. . Miembro del SNII nivel 1. Postdoctorante del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada. Líneas de investigación en Biotecnología y ecología microbiana.



Dr. Adalberto Zenteno Rojas

Ingeniero en Bioquímico, Maestría en Ciencias y Doctorado en Alimentos y Biotecnología Ambiental, por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, campus Chiapas/TECNM. Miembro del SNII nivel 1. Asesor de proyectos estratégicos de la SEMAHN. Líneas de investigación en Biotecnología Ambiental y ecología microbiana.

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>



Revegetación urbana: un reto ante la sequía

Yair Palma Rosas²
Héctor Del Hierro González¹
Jared Hernández Huerta¹
Aracely Zulema Santana Jimenez¹

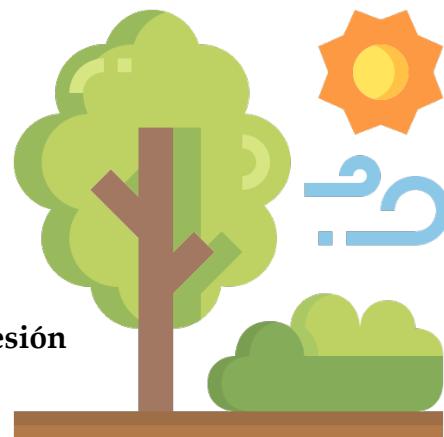
¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Universidad Autónoma de Chihuahua. Campus 1, CP 31200, Chihuahua, México.

² Facultad de Zootecnia y Ecología. Periférico R. Almada km1. Pavis Borunda, CP 31453, Chihuahua México.

*Autor de correspondencia: hdel hierro@uach.mx

La revegetación urbana es clave para crear ciudades verdes, una solución integral frente al cambio climático que reduce el estrés térmico, mejora la calidad del aire y favorece la infiltración de agua, incluso en tiempos de sequía. La integración de árboles, arbustos y plantas florales no solo fortalece la biodiversidad, también aporta beneficios sociales al crear espacios verdes que promueven salud y cohesión comunitaria.



Cada árbol urbano es una inversión en frescura, salud y bienestar para la ciudad del mañana.

Introducción

La revegetación de las zonas urbanas se ha convertido en una práctica efectiva para mitigar los efectos del cambio climático, lo que incluye el aumento de las temperaturas, la formación de islas de calor dentro de las ciudades y la acumulación de gases de efecto invernadero. Si nos dedicáramos a incrementar las áreas verdes de las ciudades, desde el jardín del hogar, los parques públicos y privados, los camellones y vías de alto tráfico, se pudiera reducir de manera significativa las altas temperaturas del verano, ayudando a disminuir los picos de calor en horas críticas del día y, por ende, las afectaciones mortales asociadas a ellas. Además, las áreas verdes con algunas especies adaptadas contribuyen a la captura de partículas en suspensión, mejorando la calidad del aire y reduciendo la exposición a contaminantes nocivos para la salud pública.



Revegetación urbana: resiliencia verde frente a la sequía y el cambio climático

La vegetación urbana ayuda a mejorar la infiltración de agua y reduce el escurrimiento, lo que favorece la conservación del agua y disminuye la vulnerabilidad ante periodos de sequía.

La presencia de árboles, arbustos y plantas herbáceas también contribuyen a regular la humedad ambiental, reducir la evaporación y mantener la estabilidad en los niveles de humedad, lo que es crucial en zonas afectadas por sequías recurrentes.

Desde el punto de vista social, la revegetación en las zonas urbanas promueve el bienestar psicológico, fomentando espacios verdes que mejoran la salud mental, la actividad física y el bienestar general de las comunidades.

Además, contribuye a reducir el estrés térmico y aumentan la cohesión social mediante espacios de encuentro y recreación en parques y áreas verdes.

La revegetación urbana no se limita únicamente a la siembra de árboles, también incluye la integración de arbustos y plantas florales que enriquecen el paisaje y aumentan la biodiversidad en las ciudades (Fig. 1).



Figura 1. Rosa Laurel (*Nerium oleander L.*) originaria del mediterráneo, adaptada a las condiciones climáticas de Chihuahua.

Sembrar árboles y plantas en tiempos de sequía es sembrar esperanza frente al cambio climático.



Figura 2. Isla de herbáceas de flor, brinda colorido a los espacios verdes.

Estas especies aportan color y atractivo estético a los espacios públicos (Fig. 2), al mismo tiempo que ofrecen refugio y alimento para polinizadores como abejas, mariposas y aves. En este contexto, la elección de arbustos y plantas florales nativas o adaptadas al clima local resulta clave, pues requieren menos agua y cuidados, contribuyendo a la resiliencia de las áreas verdes. Así, la revegetación con una combinación de árboles, arbustos y flores no solo mejora la calidad ambiental, sino que también genera entornos más armónicos y funcionales para la vida urbana (Fig. 3).



Figura 3. Muchas especies atraen polinizadores beneficiando la variabilidad genética de las especies.



Conclusión

La revegetación urbana es una herramienta poderosa para enfrentar la sequía y el cambio climático, pero requiere nuevas ideas y compromisos sostenidos. La población tiene la opción de investigar, innovar y proponer soluciones que integren árboles, arbustos y plantas florales adaptadas al entorno urbano. Sembrar conocimiento y acción hoy es cosechar ciudades más verdes, resilientes y habitables para el futuro.

Reverdecer nuestras ciudades es construir espacios más humanos, saludables y sostenibles.

Literatura recomendada

- Pimienta-Barrios, Eulogio, Robles-Murguía, Celia, Carvajal, Servando, Muñoz-Urias, Alejandro, Martínez-Chávez, Carla, & de León-Santos, Silvia. (2014). Servicios ambientales de la vegetación en ecosistemas urbanos en el contexto del cambio climático. Revista mexicana de ciencias forestales, 5(22), 28-39. Recuperado en 05 de septiembre de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322014000200003&lng=es&tlng=es.
- Añazco, Y. V. R., Reyes, P. S. P., Verdesoto, R. P. C., & Verdesoto, C. A. C. (2025). Impacto del arbolado urbano en la calidad del aire de barrios urbanos de la ciudad de Manta, Ecuador. Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo, 6(14), 341-353.
<https://doi.org/10.56519/5a0p0c34>





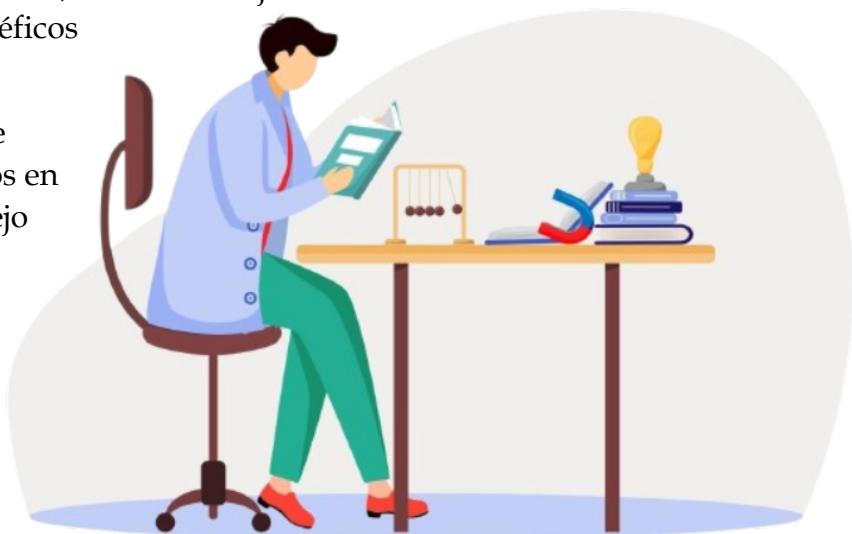
Semblanza de autores

M.C. Héctor del Hierro González. Maestro en Ciencias de la Productividad Frutícola por la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Con tesis de maestría en Índices de vegetación de Diferencia Normalizada en vid. 17 años como docente universitario y actualmente desarrollando proyectos de reforestación y restauración de áreas verdes en vinculación con algunas entidades gubernamentales. Doctorante en ciencias hortofrutícolas en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

M.C. Aracely Zulema Santana Jiménez. Maestra en Ciencias y Tecnología de Alimentos por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua UACH. 7 años de experiencia en la industria de alimentos trabajando en diversas áreas como formulación de nuevos productos, aseguramiento de la calidad y laboratorio de microbiología. Actualmente doctorante en ciencias hortofrutícolas en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

Dr. Jared Hernández Huerta. Profesor Investigador, Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Perfil PRODEP, Cuerpo Académico Consolidado CA114-UACH, SNII I. Trabaja con el uso de microorganismos benéficos en cultivos hortícolas.

M.C. Yair Palma Rosas. Maestro de tiempo completo desde hace 18 años en áreas de producción animal y manejo de recursos naturales. Actualmente doctorante en ciencias hortofrutícolas en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua.





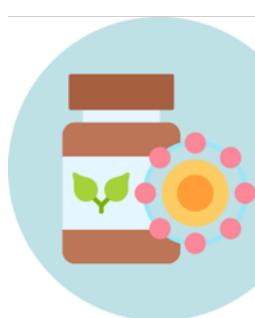
Antioxidantes y sus beneficios en la salud

Belén Arely Camargo Olivas
Aracely Zulema Santana Jiménez
Martha Irma Balandrán Balladares
Mayra Cristina Soto Caballero
María Janeth Rodríguez Roque*

Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Avenida Pascual Orozco, s/n, campus 1, colonia Santo Niño, Chihuahua, Chihuahua, México.

*Autor para correspondencia: mjrodriguez@uach.mx.

Algunos procesos que se llevan a cabo de forma natural en nuestro cuerpo (como respirar) generan radicales libres (RL). Podemos imaginar a los RL como unas pequeñas chispas de fuego, que, cuando se acumulan en exceso pueden volverse inestables y generar daños importantes para la salud. Los antioxidantes son como una especie de brigadas de bomberos que apagan o neutralizan a los radicales libres antes de que causen efectos nocivos a la salud. Pero te has preguntado ¿de dónde vienen los antioxidantes?, una parte de ellos lo produce nuestro organismo, sin embargo, la mayoría proviene de los alimentos como las frutas, hortalizas, cereales, legumbres y bebidas como el té o el café. Por ello, el consumo habitual de antioxidantes se asocia con la prevención de enfermedades del corazón y del cerebro, algunos tipos de cáncer, y el envejecimiento de nuestras células. Además, fortalecen nuestras defensas y favorecen la salud de la piel. Por lo tanto, si quieras estar sano debes empezar por consumir una dieta equilibrada, variada, rica en frutas, verduras y legumbres que son alimentos ricos en antioxidantes.



Dentro de cada alimento se encuentran grandes tesoros, los antioxidantes, ya que defienden a nuestras células del deterioro, envejecimiento y enfermedades.

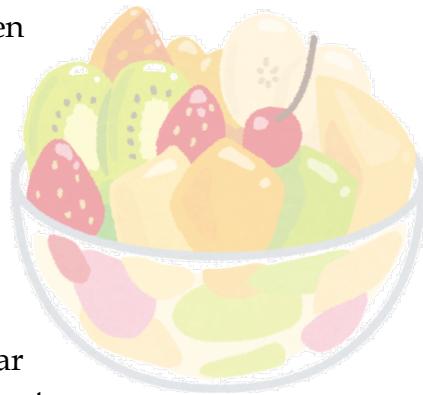


Introducción

El interés por una alimentación saludable ha aumentado en las últimas décadas. La ciencia ha demostrado que los compuestos antioxidantes presentes en los alimentos cumplen funciones más allá de nutrir, ya que participan en la prevención de enfermedades, la mejora de las defensas naturales del cuerpo y en el mantenimiento del bienestar general. Muchos de estos compuestos pertenecen a los antioxidantes, moléculas capaces de proteger a las células del daño ocasionado por el exceso de radicales libres.

Y ¿qué son los radicales libres (RL)? Son moléculas que se producen en nuestro organismo de forma natural debido a procesos tan básicos como respirar. Además, factores como la contaminación del aire, la exposición al humo del cigarrillo, el exceso de radiación solar, el uso de sustancias químicas, el estrés y una mala alimentación generan una mayor cantidad de RL. En estos casos, nuestro organismo rompe su equilibrio al producir más RL de los que puede controlar y éstos empiezan a causar daño y enfermedades.

Por eso es muy importante crear conciencia de la importancia de llevar una alimentación sana, ya que los antioxidantes presentes en los alimentos hortofrutícolas nos aportan múltiples beneficios a la salud. Este artículo busca explicar de forma sencilla qué son los antioxidantes, cómo se pueden clasificar, qué alimentos los contienen, y de manera general, cómo contribuyen a la salud.



Importancia de los antioxidantes

Previamente se describió qué son los radicales libres y cómo se generan, pero ahora deberíamos preguntarnos ¿qué es un antioxidante?

Un antioxidante es toda sustancia que ayuda a proteger a nuestras células, evitando que se dañen (oxiden). Dentro de nuestro cuerpo ocurren procesos vitales como respirar y convertir los alimentos que comemos en energía. Durante estos procesos se generan moléculas inestables, los RL. Si se produce una gran cantidad de RL empezarán a dañar partes importantes de nuestras células, como las proteínas, lípidos (grasas) y el ADN (material genético). Es decir, cuando hay demasiado desgaste en el cuerpo (estrés oxidativo), se acelera el envejecimiento y aumenta el riesgo de padecer enfermedades como la aterosclerosis, el cáncer y la degeneración neuronal. Los antioxidantes incluso previenen la aparición de diabetes tipo 2 (enfermedad que afecta los niveles de azúcar en sangre), los antioxidantes contribuyen al metabolismo de la glucosa mejorando su absorción y secreción, también mejoran el funcionamiento de las células encargadas de liberar insulina. Podríamos visualizar a los antioxidantes como un escudo de defensa que protege a nuestro cuerpo de la acumulación de RL que causan daño a nuestras células (Figura 1).



Los antioxidantes cuidan las partes más importantes de nuestras células como el ADN, proteínas y grasas, evitando que se oxiden.



Un ejemplo habitual del efecto que ejercen los antioxidantes es agregar jugo de limón a una manzana cortada, observarás que esta fruta tarda más tiempo en ponerse café (oxidada). Esto ocurre porque el limón contiene una importante cantidad de antioxidantes como la vitamina C que evitan la oxidación de la manzana. Algo parecido a este suceso ocurre en nuestro organismo, los antioxidantes frenan la “oxidación” de nuestras células, evitando que el daño se acumule en ellas, de esta manera nuestras células se mantienen en correcto funcionamiento y nuestro organismo se mantiene sano.

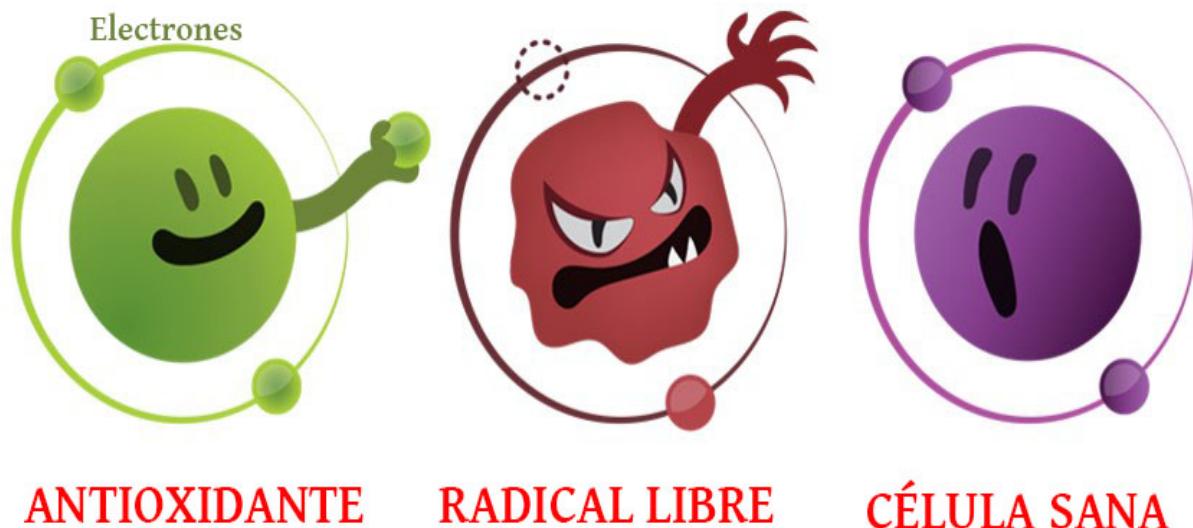


Figura 1. Los antioxidantes protegen a las células del daño causado por los radicales libres.

¿Cómo se clasifican los antioxidantes?

Los antioxidantes se dividen en dos grandes categorías: endógenos (internos) y exógenos (externos). Los endógenos son los que el cuerpo produce de manera natural; mientras que los que se obtienen a través de la dieta son los exógenos. En la Figura 2 se muestra la clasificación de estos antioxidantes. Cada uno de estos compuestos tiene un papel particular, pero en conjunto forman una red que protege al organismo del estrés oxidativo.

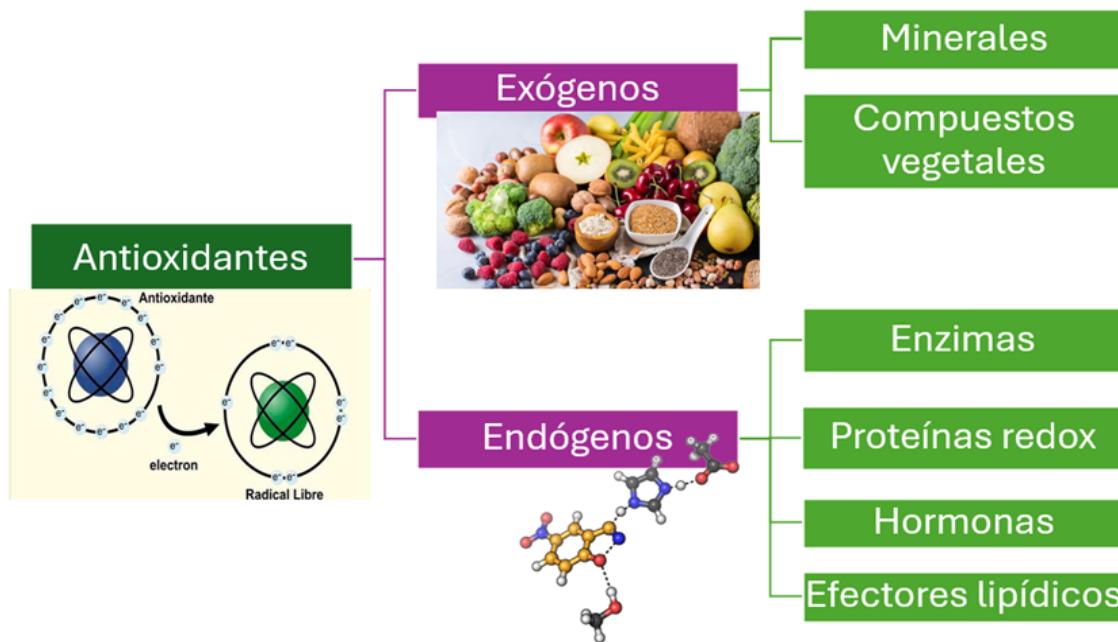


Figura 2. Clasificación de los antioxidantes.

Antioxidantes presentes en la alimentación

Los alimentos de origen vegetal son la mejor fuente de antioxidantes, especialmente las frutas y verduras. Algunos ejemplos de antioxidantes en los alimentos son:

- Vitamina A: espinaca, brócoli, zanahoria, melón, espárrago, papaya.
- Vitamina C: naranja, fresa, limón, toronja, guayaba, kiwi.
- Vitamina E: nuez, almendra, avellana, espárrago, brócoli, lechuga, espinaca.
- Compuestos fenólicos: vino tinto, frutillas, aceite de oliva.
- Carotenoides: zanahoria, jitomate, camote y calabaza.
- Betacaroteno: camote, zanahoria, calabaza, brócoli, mango.
- Licopeno: tomate, sandia, guayaba, toronja, papaya, mango.
- Luteína: maíz, brócoli, espinaca, aguacate, papaya, naranja, kiwi.
- Selenio: nueces, maíz, arroz, coco, champiñón, pepino.



La alimentación es la vía más segura y completa para obtener antioxidantes, inclúyelos en tu dieta (Figura 3):



Figura 3. Alimentos ricos en antioxidantes.

Beneficios para la salud

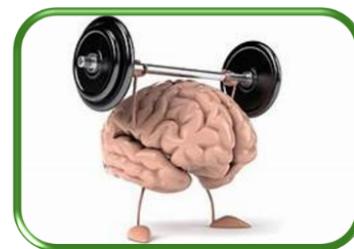
Los compuestos antioxidantes presentes en los alimentos hortofrutícolas funcionan como un escudo protector previniendo enfermedades y manteniendo nuestro sistema inmune en perfecto funcionamiento. Por esto es de vital importancia el llevar una dieta balanceada, que nos aporten todos los nutrientes necesarios, así como fuentes ricas en antioxidantes. Resaltamos “prevenir” porque consumir antioxidantes naturales es tomar medidas para evitar padecer enfermedades, es adelantarse a ellas antes de que ocurran. Sin embargo, es importante resaltar que su consumo no sustituye a tratamientos médicos establecidos cuando a una persona se le han detectado enfermedades crónico-degenerativas (Figura 4).



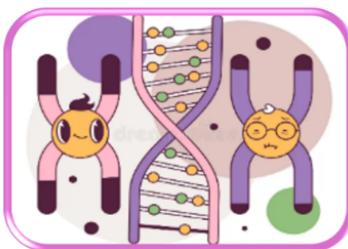
Protección cardiovascular



Prevención del cáncer



Salud cerebral



Retraso del envejecimiento celular



Fortalecimiento del sistema inmunológico

Figura 4. Beneficios de los antioxidantes a la salud.

Dentro de sus principales aportaciones a la salud están:

1. Cuidan el corazón, venas y arterias

Los antioxidantes actúan como “limpiadores” de las venas y arterias, al impedir que el colesterol malo (LDL) se adhiera a ellas y forme una placa que impida el flujo de sangre. Así, los antioxidantes evitan que las venas y arterias se desgasten, dañen y tapen; favorecen el flujo sanguíneo adecuado y contribuye a disminuir el riesgo de presión alta, infartos y derrames cerebrales.

Consumir alimentos que contengan vitamina C, vitamina E, betacarotenos y polifenoles (presentes en vino tinto, té verde, aceite de oliva) ayudan a reducir la oxidación del colesterol LDL. También el consumo de folatos (una forma de vitamina B presentes en verduras de hoja verde y legumbres) reducen la homocisteína, este es un compuesto que aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares.





2. Escudo contra el cáncer

Los RL pueden alterar al ADN de las células y provocar un crecimiento anormal. Los antioxidantes evitan el crecimiento de células anormales, bloquean cambios en el ADN, destruyen células cancerosas o detienen su crecimiento, previenen la aparición de tumores que pueden volverse malignos, y aumentan la sensibilidad de los tumores a la quimioterapia. Por eso, los antioxidantes actúan como un escudo que disminuyen el riesgo de desarrollar cáncer, sobre todo los carotenoides y las antocianinas (compuestos fenólicos del grupo de los flavonoides).

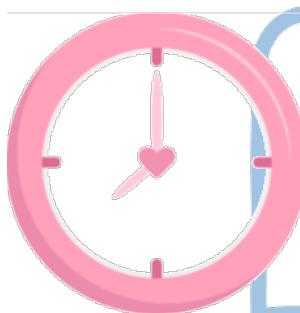
3. Cuidan el cerebro

Las enfermedades como el Parkinson o el Alzheimer están relacionadas con el incremento de RL que dañan y deterioran proteínas esenciales de nuestro cerebro, afectando su funcionamiento. Los antioxidantes como la vitamina E, la vitamina C compuestos fenólicos y la luteína combaten a los RL al neutralizarlos antes de que causen daño, reduce el estrés oxidativo, evitan que las neuronas envejezcan más rápido o que mueran de forma prematura, también mejoran la viabilidad de la microglía (capacidad del sistema nervioso para mantenerse sano, funcional y regenerarse a través de la autorrenovación y el reemplazo) y mejoran la comunicación de las neuronas, ayudando a la memoria, concentración y aprendizaje.

4. Retrasa el envejecimiento celular

Con el paso de los años, nuestro cuerpo acumula RL provocando desgaste y envejecimiento de las células. Esto se refleja con cambios visibles, por ejemplo, en la piel se producen arrugas, flacidez y manchas. Los antioxidantes evitan la oxidación de las células al atrapar y neutralizar a los RL. Así, las células se mantienen sanas, trabajan mejor y viven más tiempo en buenas condiciones. El resultado es un envejecimiento más lento de los tejidos y órganos internos.

Ejemplos de estos antioxidantes son el glutatión (presente en espinacas, acelgas, espárragos, aguacate, ajo y cúrcuma), los carotenoides (presentes en espinacas, brócoli, pimientos rojos, zanahoria y jitomate), la vitamina C (se encuentra en el kiwi, piña, cítricos, fresas, arándanos y moras) y la vitamina E (nueces, avellanas, almendras, semillas de girasol y calabaza, aceite de oliva).



Los antioxidantes no pueden detener el tiempo, pero sí favorecen que nuestro cuerpo esté sano por más tiempo.



5. Fortalece las defensas naturales del cuerpo

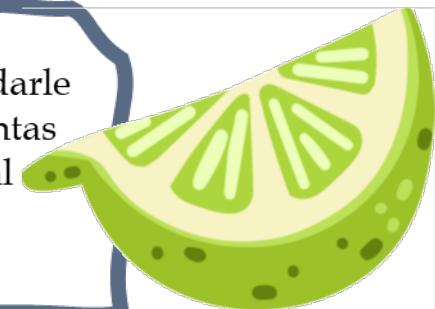
Nuestro cuerpo posee defensas naturales (sistema inmunológico) que nos protegen contra infecciones de virus y bacterias. Para que estas defensas funcionen correctamente es importante que las células inmunes estén sanas y activas. Los antioxidantes las protegen al neutralizar a los RL, al reducir procesos inflamatorios y al mejorar la comunicación celular del sistema inmunológico.

El consumo de alimentos ricos en vitamina C (estimula la producción de glóbulos blancos y fortalece la defensa contra virus y bacterias), vitamina A (favorece la formación de barreras naturales en el cuerpo como la piel y las mucosas) y luteína (presentes en hortalizas de hoja verde y en la yema de huevo) mantienen nuestro sistema de defensa (sistema inmunológico) saludable y fuerte.

Conclusiones

Los antioxidantes son más que un término de moda, son nuestros aliados para reducir el efecto de los radicales libres (RL) sobre nuestras células: retrasan el envejecimiento, reducen el riesgo de padecer enfermedades del corazón, enfermedades neurodegenerativas, ciertos tipos de cáncer y mejoran nuestras defensas. Por lo que es recomendable mantener una dieta equilibrada, donde se incluyan alimentos ricos en antioxidantes como frutas, verduras, semillas, legumbres, entre otros. Así estaremos cuidando a nuestro cuerpo y brindándole bienestar para el futuro. ¿Y tú, te animas a incorporar más antioxidantes en tu dieta diaria?

Cuidar lo que comemos es darle a nuestro cuerpo herramientas para estar fuerte frente al deterioro natural y enfermedades.



Literatura recomendada

- Coronado H, Marta, Vega y León, Salvador, Gutiérrez T, Rey, Vázquez F, Marcela, & Radilla V, Claudia. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista chilena de nutrición*, 42(2), 206-212. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014>.
- Islam M, Gracia F. Los Antioxidantes para la Salud Óptima. Revista Médico Científica. 20 de abril de 2014; 26(2). Disponible en: <https://www.revistamedicocientifica.org/index.php/rmc/article/view/371>.
- Zhong H, Xu J, Yang M, Hussain M, Liu X, Feng F, Guan R. Protective Effect of Anthocyanins against Neurodegenerative Diseases through the Microbial-Intestinal-Brain Axis: A Critical Review. Nutrients. 2023 Jan 18;15(3):496. doi: 10.3390/nu15030496. PMID: 36771208; PMCID: PMC9922026.





Semblanzas de autores

M.C. Belen Arely Camargo Olivas. Maestra en Ciencias de la Productividad Frutícola por la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UACH. Ha trabajado para instituciones y empresas del sector agroalimentario como la Secretaría de Desarrollo Rural, Frutícola Sacramento y Collec Tara. Actualmente cursa el doctorado en Ciencias Hortofrutícolas en FACIATEC de la UACH.

M.C. Aracely Zulema Santana Jiménez. Maestra en Ciencias y Tecnología de Alimentos por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua UACH. Con siete años de experiencia en la industria alimentaria en formulación, desarrollo y aseguramiento de la calidad. Actualmente cursa el doctorado en Ciencias Hortofrutícolas en la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Dra. Martha Irma Balandrán Balladares. Doctora en Filosofía por la Facultad de Zootecnia y Ecología de la UACH. Investigadora Nacional nivel 1, profesora investigadora de FACIATEC de la UACH. Línea de investigación: prácticas agrícolas sostenibles y estrategias para aumentar la productividad agrícola en la región.



Dra. Mayra Cristina Soto Caballero. Doctora en Biotecnología por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Investigadora Nacional nivel 1, profesora investigadora de FACIATEC de la UACH. Línea de investigación: Poscosecha y Tecnología Agroalimentaria.

Dra. María Janeth Rodríguez Roque. Doctora en Ciencias y Tecnología Agraria y Alimentaria por la Universidad de Lleida, España. Investigadora Nacional nivel 2, profesora investigadora de FACIATEC de la UACH. Línea de investigación: Poscosecha y Tecnología Agroalimentaria con énfasis en tecnologías no térmicas.

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>



Las bacterias ácido-lácticas como una alternativa sostenible para el mejoramiento del suelo

Saira Mayret Cano-Monge¹
Mayra Cristina Soto-Caballero^{1*}

¹Universidad Autónoma de Chihuahua, 43830, Chihuahua, México.

*Autor para correspondencia: masotoc@uach.mx.

Las bacterias ácido-lácticas (BAL) se consideran una herramienta prometedora en la agricultura sostenible, ya que favorecen el crecimiento vegetal y ayudan a aumentar la productividad. Las BAL han demostrado ser eficaces para mejorar la estructura del suelo; equilibran su microbiota, facilitan la degradación de materia orgánica y ayudan a solubilizar nutrientes. Buscar alternativas naturales para enriquecer el suelo permite producir alimentos de manera más responsable, reduciendo el uso de químicos y favoreciendo ecosistemas más equilibrados. De este modo, las futuras generaciones podrán cultivar y alimentarse de forma sostenible.

Introducción

El modelo agrícola utilizado en los últimos años se ha basado en el uso intensivo de fertilizantes y pesticidas químicos que han generado impactos negativos en el ambiente y en la biodiversidad microbiana del suelo. Con el tiempo, esta dependencia de agroquímicos ha mostrado ser poco sostenible y ha vuelto más frágiles los ecosistemas agrícolas. Ante ello, agricultores e investigadores buscan alternativas que mantengan la productividad sin dañar el entorno. Entre estas opciones destaca el uso de bacterias benéficas, particularmente las bacterias ácido-lácticas, que actúan como bioestimulantes naturales al mejorar la fertilidad del suelo, lo que puede ayudar a reducir la necesidad de insumos químicos, favoreciendo sistemas agrícolas más equilibrados y sostenibles (Figura 1).

El uso de bacterias ácido-lácticas (BAL) favorece cultivos más vigorosos al equilibrar la microbiota y facilitar la disponibilidad de nutrientes.



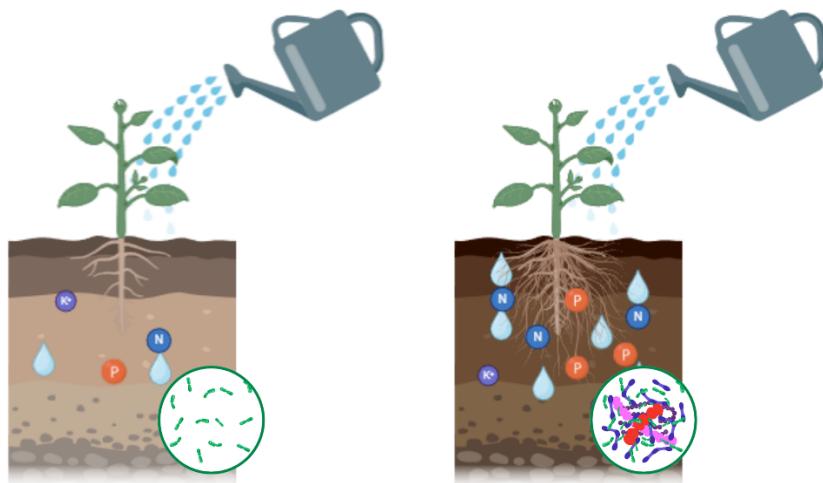


Figura 1. Representación gráfica de beneficios de las bacterias ácido-lácticas BAL en los suelos.

El suelo es un ecosistema vivo y su calidad depende en gran medida de la actividad de microorganismos benéficos.

Desarrollo

Las BAL generan ácido láctico a partir sustancias orgánicas sintetizadas por microorganismos como levaduras y bacterias fotosintéticas. Las bacterias ácido-lácticas son un grupo diverso de microorganismos que incluye géneros como *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus* y *Bifidobacterium* (Figura 2).

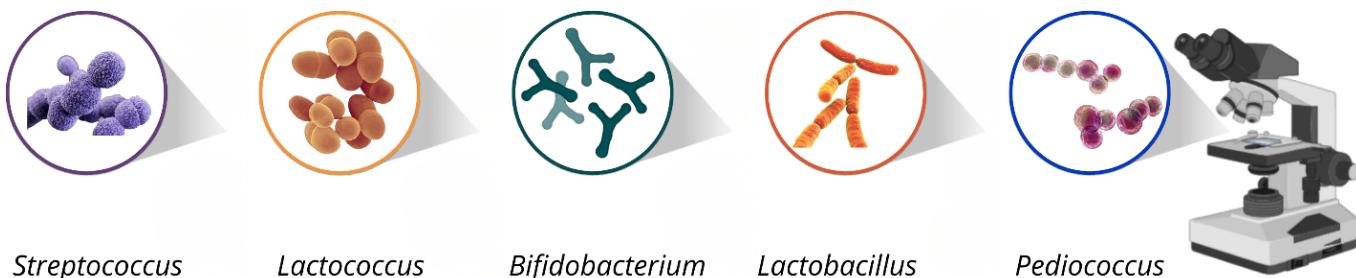


Figura 2. Representación visual de bacterias acido lácticas (BAL): géneros de *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* y *Pediococcus*.



Las BAL se han utilizado desde hace miles de años en la conservación de alimentos, debido a su capacidad para reducir el pH, lo que inhibe el crecimiento de microorganismos dañinos. Estas bacterias comenzaron a aplicarse de manera indirecta en agricultura, cuando los productores notaron que los restos fermentados enriquecían el suelo y favorecían el crecimiento de los cultivos. Con el tiempo, su uso se ha expandido y ahora se emplean en distintas prácticas agrícolas, como la fertilización natural, el control biológico y la mejora del suelo (Figura 3).

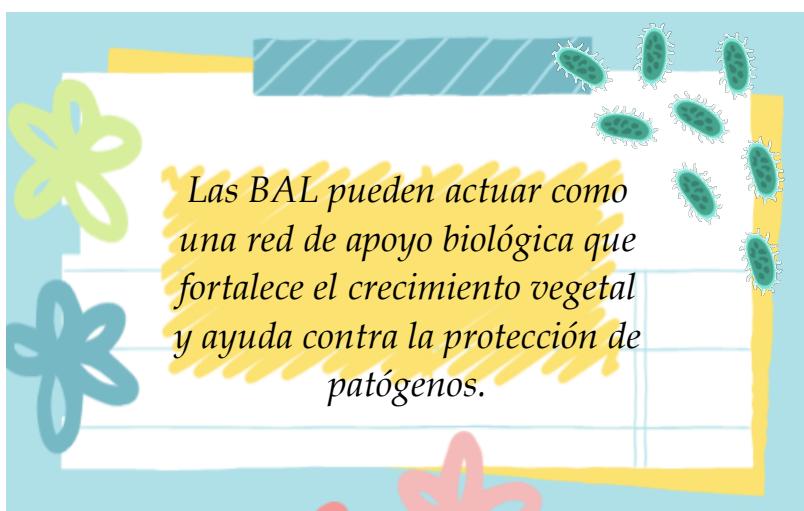


Figura 3. Evolución del uso de las bacterias acido lácticas (BAL) como biofertilizantes en la agricultura.

¿Cómo ayudan al suelo?

El suelo es un ecosistema vivo; una pequeña cantidad puede contener millones de bacterias, hongos, protozoarios y otros microorganismos que interactúan entre sí y con las raíces de las plantas. Las BAL, cuando se introducen en este sistema, cumplen funciones clave:

- **Mejoran la estructura del suelo.**
Al participar en la descomposición de materia orgánica, incrementan la materia humificada y favorecen la retención de agua y nutrientes. Esto significa que las plantas pueden acceder a más recursos incluso en épocas de sequía.





- **Facilitan la absorción de nutrientes.** Al descomponer restos vegetales o residuos, transforman compuestos complejos en sustancias más simples que las raíces pueden asimilar con facilidad.
- **Estimulan el crecimiento vegetal.** Producen hormonas como auxinas y citoquininas, que impulsan el desarrollo de raíces más profundas y brotes más vigorosos.
- **Protegen frente a patógenos.** El ácido láctico y otros compuestos antimicrobianos, como el peróxido de hidrógeno, actúan como una barrera natural contra hongos y bacterias dañinas.

Las BAL funcionan como una red de apoyo biológico para las plantas: mejoran el ambiente, facilitan el acceso a nutrientes y refuerzan de manera natural los cultivos (Figura 4). Las bacterias ácido lácticas han presentado también potencial en la biorremediación, es decir, ayudan a limpiar suelos contaminados. Al metabolizar compuestos tóxicos, ayudan a reducir la presencia de metales pesados y micotoxinas que pueden afectar tanto a las plantas como a los seres humanos.

Además, se ha demostrado que el uso de BAL reduce las poblaciones de nemátodos y controla la dispersión de *Fusarium*, un hongo fitopatógeno.

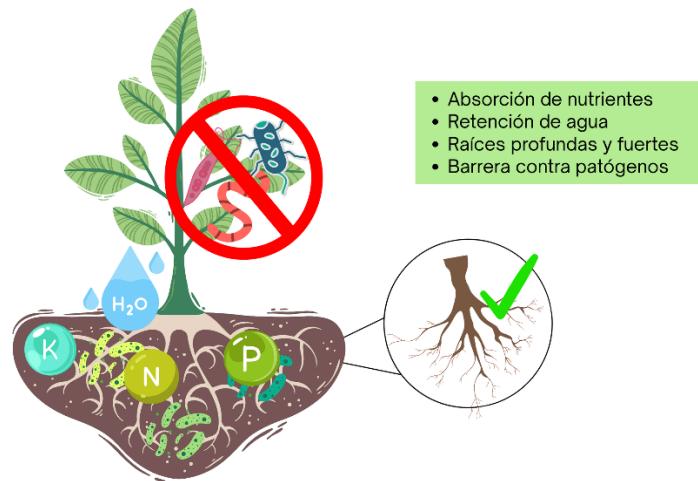


Figura 4. Efectos de la adición de bacterias ácido lácticas (BAL) a los suelos sobre los cultivos.

La incorporación de microorganismos benéficos en la agricultura promueve prácticas más responsables y respetuosas con el ambiente.

Conclusión

Las bacterias ácido lácticas representan una alternativa prometedora y sostenible frente al uso de agroquímicos.

La incorporación de BAL en el suelo no solo mejora su fertilidad y estructura, sino que también ayuda a que los cultivos aprovechen mejor los nutrientes disponibles, favoreciendo un crecimiento más sano y vigoroso. Además,

estas bacterias actúan como una defensa natural al proteger los cultivos contra diversos patógenos, reduciendo la necesidad de recurrir a productos químicos, por lo que su incorporación al suelo podría contribuir a una producción agrícola más equilibrada y responsable.



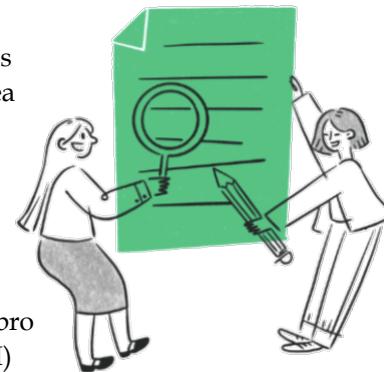
Literatura recomendada

- Rajper, A. M., Udawatta, R. P., Kremer, R. J., Lin, C. H., & Jose, S. (2016). Effects of probiotics on soil microbial activity, biomass and enzymatic activity under cover crops in field and greenhouse studies. *Agroforest Syst* 90, 811-827.
 - Montero-Castro, Karla, Montero-Zamora, Jéssica, Chaves Phillips, Melissa, Orozco-Ortiz, Cristofer, & Araya-Valverde, Emanuel. (2024). Caracterización de bacterias ácido-lácticas aisladas de bioinsumos tipo bioles con capacidad productora de compuestos indólicos. *Cuadernos de Investigación UNED*, 16(1), 11-27.
- Feijoo, M. A. L. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista Científica Agroecosistemas*, 4(2), 31-40.

Semblanzas de autores

M.C. Saira Mayret Cano Monge. Estudiante de doctorado en Ciencias Hortofrutícolas en la Universidad Autónoma de Chihuahua en la línea de investigación "Sistemas de Producción Hortofrutícola".

Dra. Mayra Cristina Soto Caballero. Profesora-Investigadora de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Forma parte del grupo académico UACH-CA-145 "Tecnología de Poscosecha y Agroalimentaria", reconocido por el PRODEP y actualmente en consolidación. Es miembro Nivel I del Sistema Nacional de Investigadoras e investigadores (SNII) de México.



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

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



Uso de purines de cerdo para la obtención de biofertilizante

Omar Ríos Peralta
Yessenia Montserrat Robles Estrada
Gabriela Medina Pérez
Carlos Farfán Flores
Óscar Arce Cervantes*

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

*Autor para correspondencia: omarrios.peralta03@gmail.com

Los purines del ganado porcino son un recurso altamente valorado debido al contenido de elementos necesarios en la fertilización de cultivos agrícolas. La actividad porcina se redirecciona a la producción sostenible y una de las maneras más adecuadas de utilizar los excretos del cerdo es como biofertilizante. Los desechos animales son útiles para mejorar los suelos, y a su vez los microorganismos edáficos descomponen la materia orgánica y la transforman en sustancias húmicas. Este proceso contribuye a aumentar la capa cultivable, mejora la aireación y la fertilidad del suelo, incrementa la capacidad de retención de agua y puede disminuir la erosión causada por el viento y el agua.



Introducción

Un biofertilizante es un producto que contiene organismos vivos (bacterias y hongos) o sus derivados, que mejoran la disponibilidad de nutrientes para las plantas y mejora la calidad del suelo. Un purín, es considerado un biofertilizante ya que es un abono orgánico, los purines de estiércol porcino (EP) de consistencia líquida, son una combinación de

excrementos, orina, agua utilizada para la limpieza de las porquerizas, junto con los alimentos y agua que no son aprovechadas por los cerdos. Tiene importancia agronómica, dado que puede ser utilizado como biofertilizante en cultivos agrícolas, sin impactos ambientales. Este material al no ser manejado adecuadamente impacta negativamente hacia el entorno, afectando el agua, la atmósfera y el suelo.



El creciente interés en los efectos ambientales de los efluentes agropecuarios ha impulsado el desarrollo de tecnologías orientadas a la recuperación y aprovechamiento de compuestos nitrogenados, fosfatados y potásicos presentes en ellos. En particular, el efluente porcino (EP) destaca por su consistencia líquida y alta concentración de nutrientes minerales, lo que lo convierte en una fuente valiosa para la fertilización del suelo y una alternativa sostenible frente al uso de agroquímicos convencionales.

Un purín, es considerado un biofertilizante ya que es un abono orgánico, los purines de estiércol porcino (EP) de consistencia líquida, son una combinación de excrementos, orina, agua utilizada para la limpieza de las porquerizas, junto con los alimentos y agua que no son aprovechadas por los cerdos.



Producción de purines:

El volumen total de purines generados en una granja porcina depende de diversos factores, como el tamaño de la explotación, el tipo de sistema de manejo de estiércol y el uso del agua en los bebederos y en el lavado de las instalaciones, lo cual puede incrementar su volumen entre un 10 y un 30%. Asimismo, la calidad y composición de las excretas están determinadas por la alimentación de los animales, su peso y tamaño, así como por las condiciones ambientales en que se desarrollan. Para la caracterización del purín, se consideran parámetros como la demanda biológica de oxígeno, el flujo medio total diario y los sólidos volátiles, que permiten evaluar tanto su carga orgánica como su potencial de aprovechamiento.



Composición de los purines:

La composición química de los excrementos es muy desigual. Por lo tanto, cuando se utiliza como biofertilizante, es necesario conocer de antemano su contenido de nutrientes, que cambia principalmente según la raza del cerdo, el tipo de alimentación y las condiciones de las instalaciones, el tiempo de aplicación y el tiempo de residencia en el pozo, los métodos de recolección y almacenamiento del estiércol y el contenido de humedad.

Tabla 1. Composición nutritiva de excretas porcinas en base porcentual de la materia seca (M.S.) (FAO. 2007).

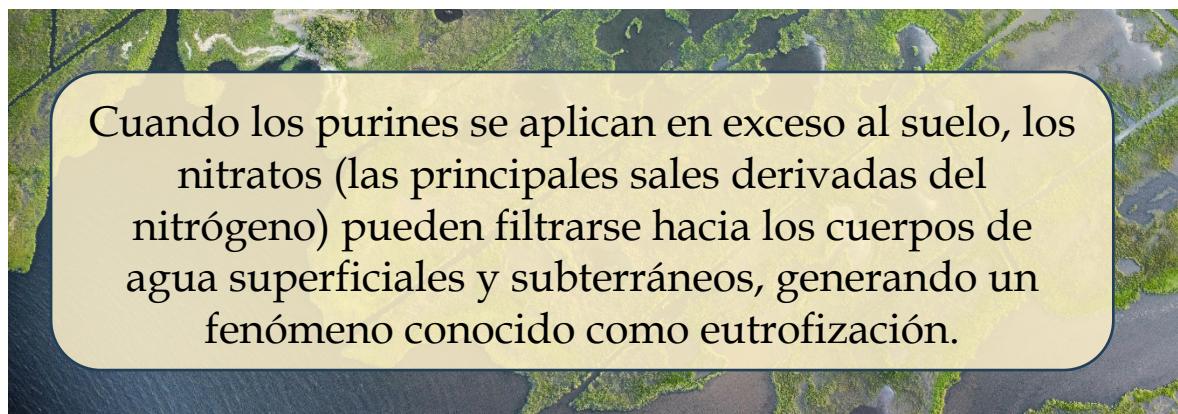
Componente	Contenido (%)
Materia Seca	26.43
Proteína cruda	15.87
Extracto etéreo	4.69
Fibra cruda	17.52
Cenizas	12.05
Extracto libre de nitrógeno	49.87
Calcio	0.61
Fósforo	1.36
Nutrientes digestibles totales	71.2
Pared celular	44.0

Contaminación ambiental por el estiércol:

Las excretas porcinas contienen diversos contaminantes, entre los que destacan sólidos en suspensión y compuestos químicos como el nitrógeno, fósforo y potasio, además de una amplia variedad de compuestos orgánicos volátiles responsables de olores desagradables. La producción de gases como el dióxido de carbono (CO_2) y el metano (CH_4) contribuye además al efecto invernadero y al cambio climático global.



Cuando los purines se aplican en exceso al suelo, los nitratos (las principales sales derivadas del nitrógeno) pueden filtrarse hacia los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, generando un fenómeno conocido como eutrofización. Este proceso provoca un crecimiento desmedido de algas y plantas acuáticas, lo que reduce la concentración de oxígeno disuelto y afecta la vida acuática, alterando el equilibrio ecológico de los ecosistemas.



Además, la evaporación del amoníaco y la descomposición de la materia orgánica liberan gases como sulfuro de hidrógeno (H_2S), mercaptanos y otros compuestos aromáticos, que contribuyen a la contaminación por olores en la atmósfera y pueden generar molestias a las comunidades cercanas.

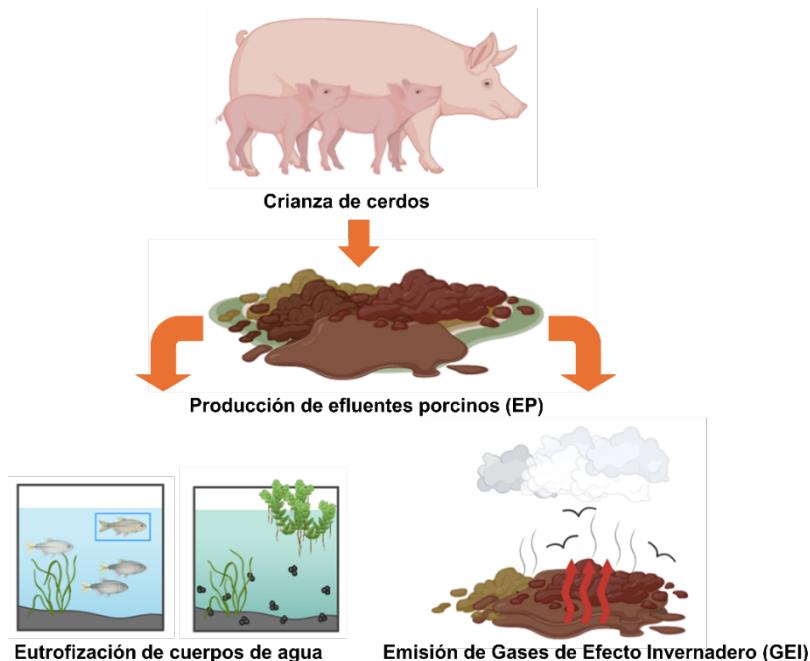


Figura 1. Impacto ambiental de los residuos generados en la producción porcina.



A pesar de estos impactos, los purines porcinos representan una fuente valiosa de nutrientes que puede aprovecharse mediante procesos de valorización para la agricultura, como veremos en la sección siguiente dedicada a la producción de biofertilizantes o biones.

Procesamiento de Cerdaza biol:

Un biol o biofermento es un fertilizante orgánico que proviene de la fracción líquida del lodo resultante de la fermentación anaerobia de materia orgánica sólida

o líquida, realizada por bacterias capaces de vivir sin oxígeno en un biodigestor. Este biofertilizante contiene nutrientes esenciales, así como reguladores del crecimiento vegetal, incluyendo auxinas, giberelinas y citoquininas.



Para su elaboración, se emplea una combinación de ingredientes cuyas proporciones pueden variar según el volumen deseado, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Modelo de las cantidades para la elaboración de biol (FAO. 2007).

Componentes líquidos (L.)			Componentes sólidos (kg)	
Agua	Leche cruda	Melaza	Cerdaza	Ceniza
25	0.280	0.560	7	0.700
50	0.560	1.100	14	1.400
75	0.840	1.650	21	2.100
100	1.100	2.230	28	2.800
180	2	4	50	5



El procedimiento consiste en mezclar los ingredientes hasta obtener una mezcla homogénea, verterla en un tambo con un orificio del tamaño de la manguera para permitir la salida de gases, taparlo y dejarlo fermentar entre uno y dos meses, según la época del año.

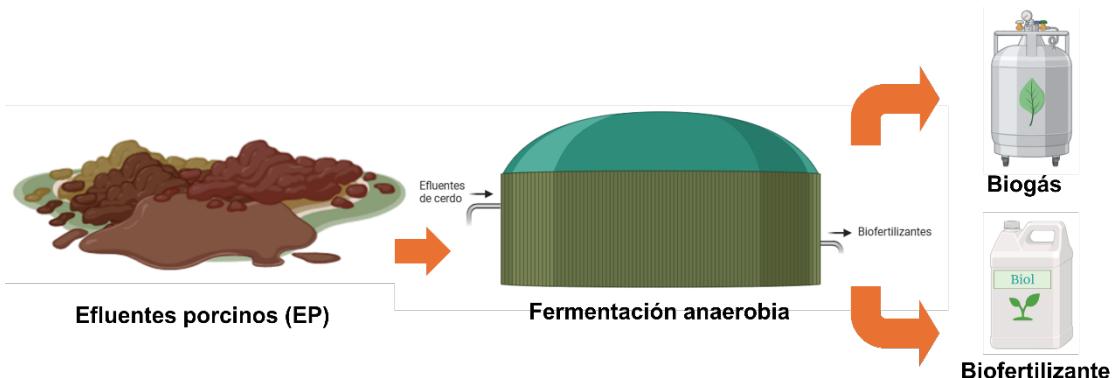


Figura 2. Generación de biofertilizantes y biogás a partir de efluentes porcinos.
 Fuente: Elaboración propia.

Fermentación Anaeróbica

La fermentación anaeróbica es clave. Debido a que el estiércol de cerdo tiene mayor contenido de humedad. Antes de la fermentación, necesita deshidratarse. Posteriormente, inicia una hidrolisis, la cual es la primera fase de descomposición anaeróbica, en esta fase las largas cadenas de materia orgánica se descomponen en cadenas más cortas. La materia orgánica es descompuesta por la acción de un grupo de moléculas solubles en agua tales como grasas, proteínas y carbohidratos, y las transforman en polímeros más simples. La siguiente etapa es la acidogénesis, donde los productos intermedios se convierten en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono. Son bacterias anaeróbicas que consumen oxígeno molecular para el metabolismo. Estas dos primeras fases son realizadas por la fermentación de las cadenas complejas de la materia orgánica en ácidos orgánicos simples.

El proceso continúa con la producción de ácido acético, que es producido por bacterias acentogénicas que sufren degradación de ácidos orgánicos, en la que se degradan alcoholes, ácidos grasos y compuestos aromáticos, liberando hidrógeno y dióxido de carbono como productos, los elementos precursores de las bacterias metanogénicas que substraen los productores finales del medio. Finalmente, en la metanogénesis. Durante las fases avanzadas de la descomposición orgánica, todos los aceptores de electrones quedan reducidos excepto el dióxido de carbono. La metanogénesis elimina con efectividad los productos casi finales de la descomposición, esto es un proceso que lo realiza microorganismos conocidos como metanógenos.

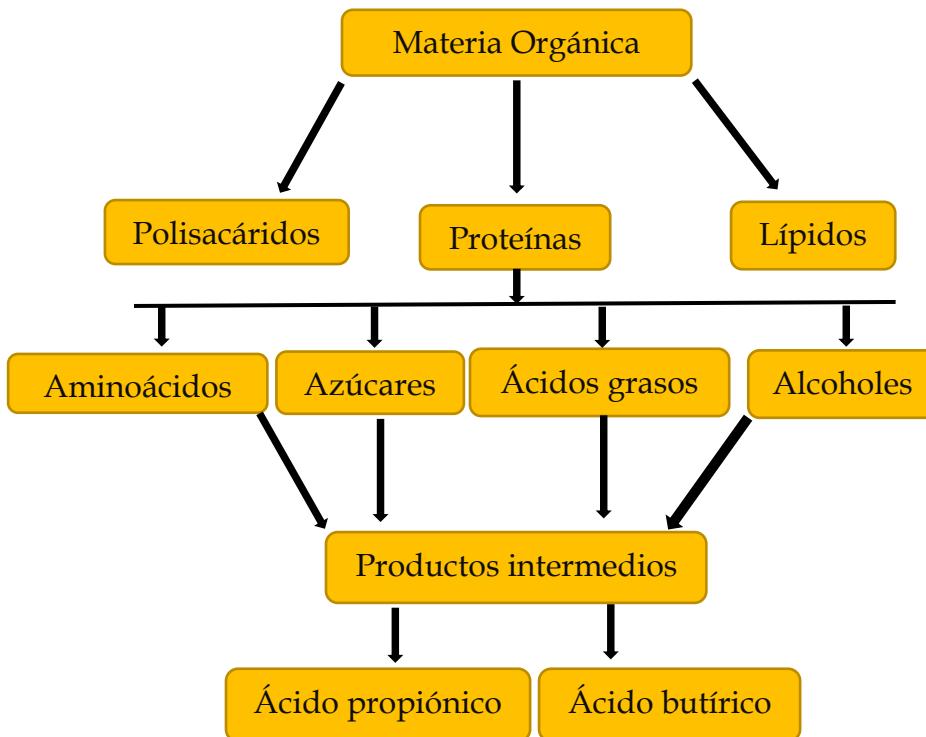


Figura 3. Composición de sustancias orgánica de las excretas de cerdo (Basado en SADER, 2023).

Estabilización y almacenaje

La estabilización biológica del producto ocurre cuando las bacterias han degradado la materia orgánica, la presión del gas disminuye, se forma una nata de color blanquecino, no debe contener espuma ni ser de color oscuro o violeta, tener olor a vinagre o alcohol y no olor a putrefacción. Después de iniciado el proceso de fermentación es necesario dejar al menos hasta el día 60 en el biodigestor.

Conclusiones

Las excretas o purines de cerdo puede ser una nueva forma de fertilización sostenible en los cultivos, tiene un gran aporte nutricional para las parcelas ya que contienen los elementos fundamentales que las plantas necesita tener en el medio de crecimiento. El uso de los purines de cerdo con fines agrícolas representa una oportunidad para reducir el impacto ambiental ocasionado por la liberación de compuestos orgánicos volátiles.



Literatura recomendada

Seminario Reg-Mich. (2023). Procesamiento y utilización de las excretas de cerdos como fertilizante orgánico [Video]. YouTube. <https://youtu.be/2bLLhFH72OQ>

Mariscal Landín, G. (2007). Tratamiento excretas cerdos. Capítulo 7. Tecnologías disponibles para reducir el potencial contaminante de las excretas de granjas porcinas. FAO / Producción-Animal. Recuperado de https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/63-excretas_cerdos.pdf

Herrera, A., D'Imporzano, G., Clagnan, E., Pigoli, A., Bonadei, E., Meers, E., & Adani, F. (2023). Pig slurry management producing N mineral concentrates: A full-scale case study. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 11(19), 7309-7322. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.2c07016>

Semblanzas de autores

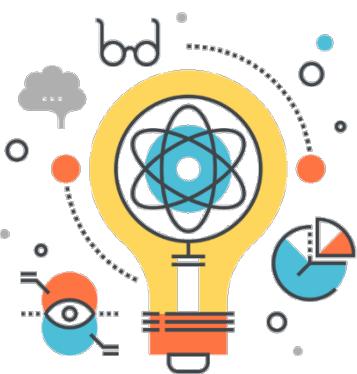
Omar Ríos Peralta. Estudiante de Ingeniería en Agronomía para la producción sustentable en el Instituto de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Actualmente, trabajo en una empresa de venta de maíz híbrido llamada servicios y agencias rurales y agropecuarias en la zona de Hidalgo, participó en eventos de preventa, asesoramiento en el cultivo y así mismo en entrega de reportes.

Yessenia Montserrat Robles Estrada. Estudiante de Ingeniería en Agronomía para la producción sustentable en el Instituto de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Actualmente, trabajo en una Agroquímica llamada Agro servicios LARA en la zona de Hidalgo, participó en eventos de preventa, asesoramiento a las personas que llegan a la agroquímica sobre sus cultivos y así mismo en entrega de reportes.

Dra. Gabriela Medina Pérez. Doctora en Ciencias del Programa de Desarrollo Científico y Tecnológico para la Sociedad con énfasis en Nanotecnología Agrícola y Alimentaria del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN); Es Maestra en Ciencias de los Alimentos por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) e Ingeniera Agroindustrial de la misma universidad. (ICAp-UAEH). Miembro activo de la Red Internacional de Asesoramiento Científico Gubernamental (INGSA) desde 2018, y de la Red de Protección del Patrimonio Biocultural, y de la Red Nacional Conahcyt de Bioeconomía Circular.

M. en C. Carlos Farfán Flores. Ingeniero en Biociencias egresado de la Escuela Superior de Apan, de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Participa continuamente en proyectos de investigación de cero residuos, con esto evaluar e incorporar materiales de las industrias agropecuarias en los procesos agro productivos.

Dr. Óscar Arce Cervantes. Estudió Ingeniería en Agronomía y la Maestría en Ciencias Agropecuarias en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco y el Doctorado en Biotecnología por la misma Universidad, Unidad Iztapalapa. Profesor Tiempo Completo del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Durante su trayectoria académica ha colaborado en la línea de investigación de revalorización de residuos agroindustriales y su incorporación en sistemas agro biotecnológicos de producción.





Amaranto: cultivo, nutrición e identidad

Miriam Jazmín Aguilar^{1*}
Delgado, Eduardo Espitia-Rangel²
María Noemí Frías - Moreno¹
Gerardo Acosta -García³

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Chihuahua

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

³Tecnológico Nacional de México Campus 1 Celaya

*Autor para correspondencia: mjaguilar@uach.mx



El amaranto, cultivo ancestral mexicano, resurge como alternativa frente a los retos nutricionales actuales. Rico en proteínas, minerales y antioxidantes, crece en suelos pobres y climas extremos. Fácil de preparar y lleno de beneficios, no solo alimenta: también conecta con la historia, la salud y la cultura. Redescubrirlo es volver a lo que siempre ha estado en nuestra tierra.

La alimentación enfrenta desafíos en muchas regiones de México y del mundo, debido al consumo excesivo de productos ultra procesados, la pérdida de cultivos tradicionales y el acceso limitado a alimentos nutritivos, lo que ha provocado un aumento de enfermedades como obesidad, diabetes y desnutrición. Ante esta situación, el rescate de alimentos ancestrales con alto valor nutricional – como el amaranto, el maíz nativo, la calabaza, el frijol criollo y el quelite – ofrece una alternativa viable y necesaria. Estos cultivos, adaptados al entorno local y resistentes al clima, aportan nutrientes esenciales y forman parte de sistemas agrícolas, que promueven biodiversidad y equilibrio ecológico. Recuperar estos alimentos implica sembrarlos, revalorar sus formas de preparación, sus usos medicinales y su papel en la cultura alimentaria.

Un legado mesoamericano que florece otra vez

Durante el imperio azteca, se producían entre 15 y 20 mil toneladas al año de amaranto, con un valor semejante al del maíz. Su redescubrimiento ha sido impulsado por científicos, agricultores y educadores que reconocen su enorme potencial. Desde el punto de vista nutricional, el amaranto es considerado un “súper alimento”:

- Tiene más proteínas que el maíz y el arroz.
- Aporta un aminoácido clave llamado lisina, poco común en otros granos.





- Contiene hierro, calcio, magnesio, vitaminas A y C.
- Ofrece antioxidantes naturales, que son pequeños 'escudos' que ayudan a proteger el cuerpo.
- Es fácil de digerir, ideal para niños y personas mayores.
- Sus hojas también son comestibles y nutritivas.

En México, Puebla es el principal estado productor, con más del 60% de la producción nacional. Le siguen Tlaxcala, Estado de México, Ciudad de México, Oaxaca y Morelos.

El 19 de agosto de 2024, dentro de la iniciativa global "Un país, un producto prioritario", la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) nombró a México como país de demostración del amaranto. Este reconocimiento destaca el trabajo de productores, investigadores y educadores mexicanos que han impulsado el cultivo, transformación y promoción del amaranto como alternativa frente a la desertificación y la desnutrición.

¿Por qué sembrar amaranto?

El cultivo de amaranto ha sido atractivo para algunos países por su:

- Alta adaptabilidad: El amaranto puede crecer en suelos con pocos nutrientes para las plantas y en condiciones climáticas difíciles, lo que lo hace ideal para regiones con desafíos agrícolas.
- Valor nutricional: El amaranto como un alimento rico en proteínas, fibra, minerales y antioxidantes, es útil para mejorar la dieta de su población.
- Diversificación agrícola: Cultivar amaranto ayuda a reducir la dependencia de otros cereales como el arroz y el trigo, y fortalece la seguridad alimentaria.
- Usos múltiples: En China, el amaranto se utiliza tanto como alimento humano como forraje para animales, aprovechando toda la planta.
- Producción local: Se puede cultivar en pequeñas parcelas como parte de sistemas agrícolas sostenibles.



¿Cómo es la planta de amaranto?

La planta de amaranto tiene un tallo largo y fuerte, que puede crecer hasta 3 metros. Sus hojas son verdes y suaves, parecidas a las de una espinaca, y se pueden comer.

Las flores masculinas y femeninas del amaranto crecen juntas, formando una panoja o ramillete de colores como rosa, dorado, púrpura y verde. Esta agrupación llama la atención de abejas, mariposas e insectos, que ayudan a llevar el polen de una flor a otra (Figura 1.)



Figura 1. Panojas de flores de amaranto.

Las semillas de amaranto son muy pequeñas, miden aproximadamente 1 milímetro de diámetro. Hay semillas de color café, negro, beige, y algunas tienen tonos dorados o rojizos. Pero las que más se consumen son las de color beige (Figura 2)



Figura 2. Semillas de amaranto.

¿Dónde se puede sembrar amaranto?

El amaranto puede crecer en muchos tipos de suelo y clima, lo que lo hace ideal para comunidades rurales (Figura 3), huertos escolares, cultivos familiares o en el patio de la casa. Crece bien en climas cálidos, templados y hasta en zonas con poca lluvia.

Su adaptabilidad se debe a su plasticidad fenotípica. Eso significa que el amaranto puede cambiar su forma, tamaño o color según el lugar donde crece.

Por ejemplo:

- Si hay poca agua, sus hojas se hacen más pequeñas.
- Si hay mucho sol, sus flores cambian de color o tamaño.
- Si el suelo no tiene suficientes nutrientes ni agua para que las plantas crezcan bien, la planta ajusta su crecimiento para sobrevivir.



¿De qué forma se consume el amaranto?



Figura 3. Plantación de amaranto en Riva Palacio, Chihuahua, México

El amaranto es un alimento muy nutritivo, pero todavía se conoce poco sobre sus beneficios y formas de preparación en casa. Muchas personas no saben que es fácil de usar y que se puede incluir en comidas de todos los días.

Las hojas de amaranto se consumen cocidas como espinacas, en tamales o quesadillas, crudas en ensaladas, en licuados verdes o como infusión medicinal. Son suaves, nutritivas y versátiles. Las semillas se preparan hervidas como arroz, reventadas como palomitas, molidas como harina sin gluten o añadidas a licuados y yogurt. Son energéticas, fáciles de usar y muy nutritivas.

Además de ser fácil de preparar, el amaranto tiene muchas propiedades: da energía, ayuda a la digestión y es bueno para niños y adultos.

Conclusión

El amaranto es una oportunidad real para mejorar la alimentación en México y el mundo. Su valor nutricional, resistencia al clima y facilidad de cultivo lo convierten en un aliado frente a la desnutrición, la obesidad y el acceso limitado a alimentos saludables. Como cultivo ancestral, su rescate fortalece la identidad cultural y promueve prácticas agrícolas sostenibles. Sembrarlo y consumirlo es cuidar la salud y recuperar saberes tradicionales. Las oportunidades que ofrece son amplias: puede cultivarse en diversas regiones, adaptarse a distintos contextos y fomentar el consumo consciente. Recuperar conocimientos ancestrales permite reconectar con prácticas sostenibles, mientras que impulsar investigaciones científicas profundiza en su potencial nutricional y agronómico. Además, diseñar programas educativos que difundan sus beneficios fortalece el conocimiento colectivo y la seguridad alimentaria. El amaranto no solo es una planta: es una vía hacia el bienestar, la cultura y la resiliencia comunitaria.



Literatura recomendada



- González, G. M., & Lory, J. M. El amaranto o huauhtli: usos y costumbres en pobladores prehispánicos. *Diario de Campo*, (66), 19-20.
 - Hernández-Rodríguez, J. (2023). Uso del amaranto y su utilidad en el tratamiento del paciente con diabetes mellitus. *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, 27(5).
 - Soriano-García, M., & Aguirre-Díaz, I. S. (2019). Nutritional functional value and therapeutic utilization of Amaranth. In *Nutritional value of amaranth*. IntechOpen.

Semblanzas de autores

Miriam Jazmín Aguilar Delgado, Doctora en Ingeniería Bioquímica, docente en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Investigadora nacional nivel I, especialista en biotecnología agrícola. Ha participado en proyectos de conservación y caracterización genética, además de impulsar la formación de recursos humanos y la transferencia tecnológica para el desarrollo agropecuario sostenible en México.

Eduardo Espitia Rangel, Doctorado en Mejoramiento genético por la University of Nebraska-Lincoln. Investigador titular C del Programa de Cereales del INIFAP (Amaranto, Quinua, Trigo y Avena.). Líneas de Investigación que comprenden Mejoramiento genético de trigo, avena, amaranto y quinua, estudio y manejo de recursos genéticos, resistencia a sequía, contenido y calidad de proteínas, calidad nutritiva y forrajera de avena y otros cereales y mejoramiento genético para resistencia a enfermedades. Investigador Nacional SNII Emérito.

María Noemí Frías Moreno, Doctora en Ciencias Hortofrutícolas por la Universidad Autónoma. Profesora Investigadora de tiempo completo en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Chihuahua. Las líneas de investigación que cultiva son: nutrición de cultivos hortofrutícolas, fisiología del estrés en plantas y compuestos bioactivos de los alimentos. SNI I- SECIHTI.

Gerardo Acosta García, Doctor en Ciencias en Biotecnología de Plantas en Departamento de Genética en el CINVESTAV IPN unidad Irapuato. Profesor del Posgrado de Ingeniería Bioquímica en la línea de Investigación de Biología Molecular, estudia los mecanismos genéticos y epigenéticos que regulan el desarrollo del fruto y la semilla en plantas tanto en condiciones normales como en condiciones de estrés por factores ambientales, así como su capacidad de adaptación. SNI I- SECIHTI.



Fotografías ganadoras del Concurso de Fotografía científica en el marco del 49 Congreso Mexicano de la Ciencia del Suelo (49CMCS), la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C., Universidad Autónoma Chapingo e Instituciones organizadoras.

Primer lugar



Título de la fotografía: **En nuestras raíces**. Autora: Mariel De Lira Rivero

Institución de procedencia: FES Zaragoza, UNAM

Lugar donde fue tomada la fotografía: Tlamaya Chico, Tlapacoya, Puebla.

Descripción: Esta fotografía retrata la alegría de un abuelo quién, con cariño, comparte con su nieta toda una vida de conocimientos. Desde niño aprendió de sus padres a trabajar la tierra y a servirse de ella; ahora, con paciencia, le muestra a la pequeña que el suelo es el sustento de la vida. Ese hombre representa una parte fundamental del pasado, pues en su memoria yace el conocimiento transmitido por sus antepasados, quienes, gracias al alimento y los innumerables beneficios que les brindó la tierra, vieron crecer a sus hijos. La niña, en cambio, representa la conexión con el futuro, pues en ella recae la misión de compartir con las nuevas generaciones lo que ha aprendido. Finalmente, el presente se encuentra inmerso en este momento único, lleno de ternura, que se ha inmortalizado en una bella imagen.



Segundo lugar. (En portada)



Título: **No todo paso es hacia adelante**. Autora: Rocio Citlali Gutierrez de la Garza

Institución de procedencia: Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

Lugar donde fue tomada la fotografía: Zona geotérmica de la Caldera de Acoculco, Puebla

Descripción: El suelo es el archivo vivo de nuestra historia. Cada grieta, textura y marca cuenta cómo interactuamos con él. En esta fotografía, una huella humana marca un suelo fracturado, recordándonos que incluso un paso sencillo puede dejar consecuencias profundas. Mi intención es mostrar que, aunque dar un paso parezca algo pequeño, lo que dejamos atrás puede tener un gran impacto. Por eso el título: "No todo paso es hacia adelante", el cual refleja un dilema de la humanidad donde muchas veces nuestros actos generan retrocesos que dañan aquello que nos sostiene.

La zona geotérmica de la Caldera de Acoculco, Puebla, tiene suelos moldeados por la actividad volcánica, la humedad y los procesos hidrotermales. La huella no solo es una impresión del caminar de alguien, sino un símbolo de la tensión entre la naturaleza y la sociedad. El suelo guarda nuestras decisiones, conserva la memoria del pasado, soporta al presente y nos grita la urgencia de pensar en el futuro.



Tercer lugar.

Contraportada del libro: *El suelo: Pasado, Presente y Futuro de la Vida*, producto del 49CMCS



Título: **Un soporte.** Autora: Roldán Ramírez Fátima Guadalupe

Institución de procedencia: Facultad de Estudios Superiores Zaragoza - Campus II, UNAM

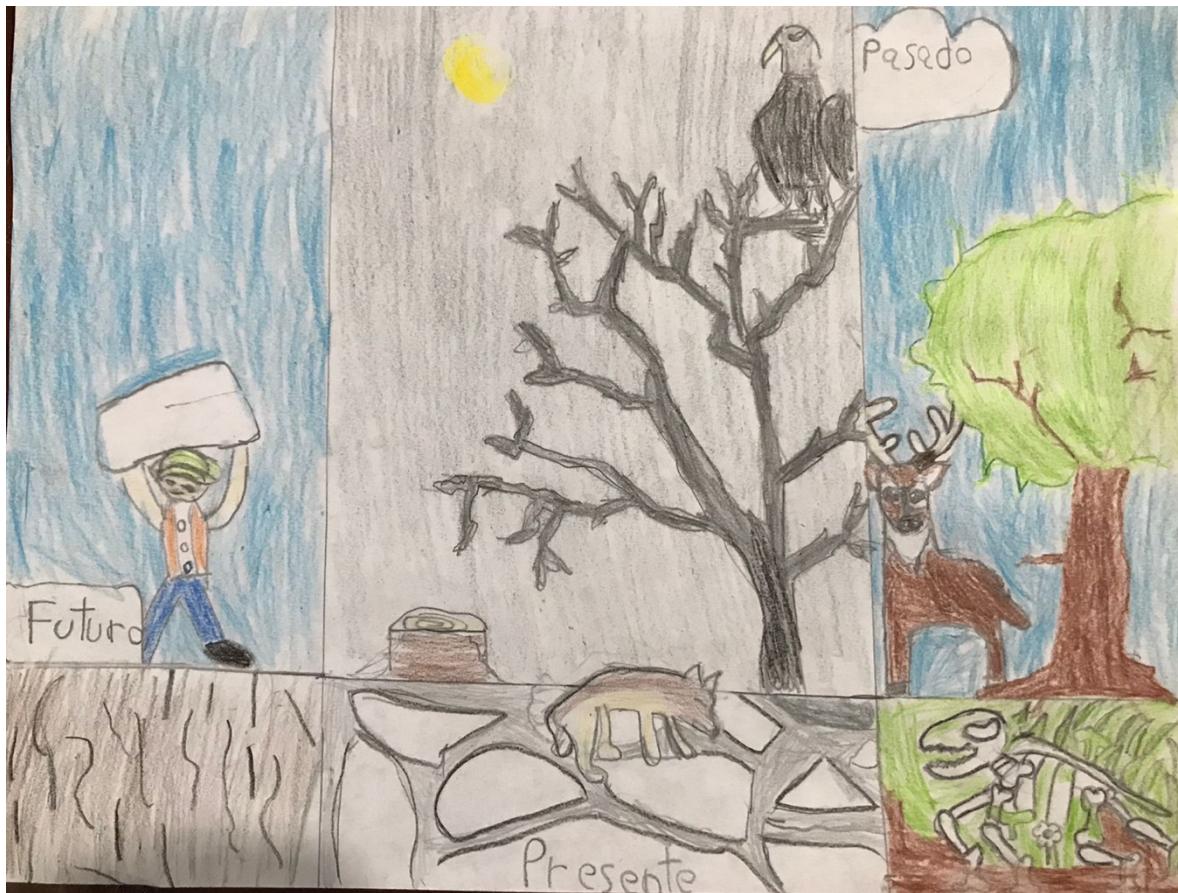
Lugar donde fue tomada la fotografía: Parque Ecoturístico Chalma Tetlalcolulco, Amecameca, Estado de México

En la cotidianeidad ignoramos la presencia de las historias que los suelos nos cuentan, y los usamos como mejor nos convenga. Ocupados en las actividades de nuestras vidas, pasamos de largo las historias que un “muro” tiene para contar. No es sólo un soporte físico, es un sostén histórico de procesos que han moldeado lo que hoy aprovechamos, y que seguirá transformándose para, algún día, contar una historia más.



Contribuciones ganadoras del Concurso de Pintura y dibujo en el marco del 49 Congreso Mexicano de la Ciencia del Suelo (49CMCS), la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C., Universidad Autónoma Chapingo e Instituciones organizadoras.

Categoría A. Preescolar y de 1º a 3º de Primaria. Primer lugar.

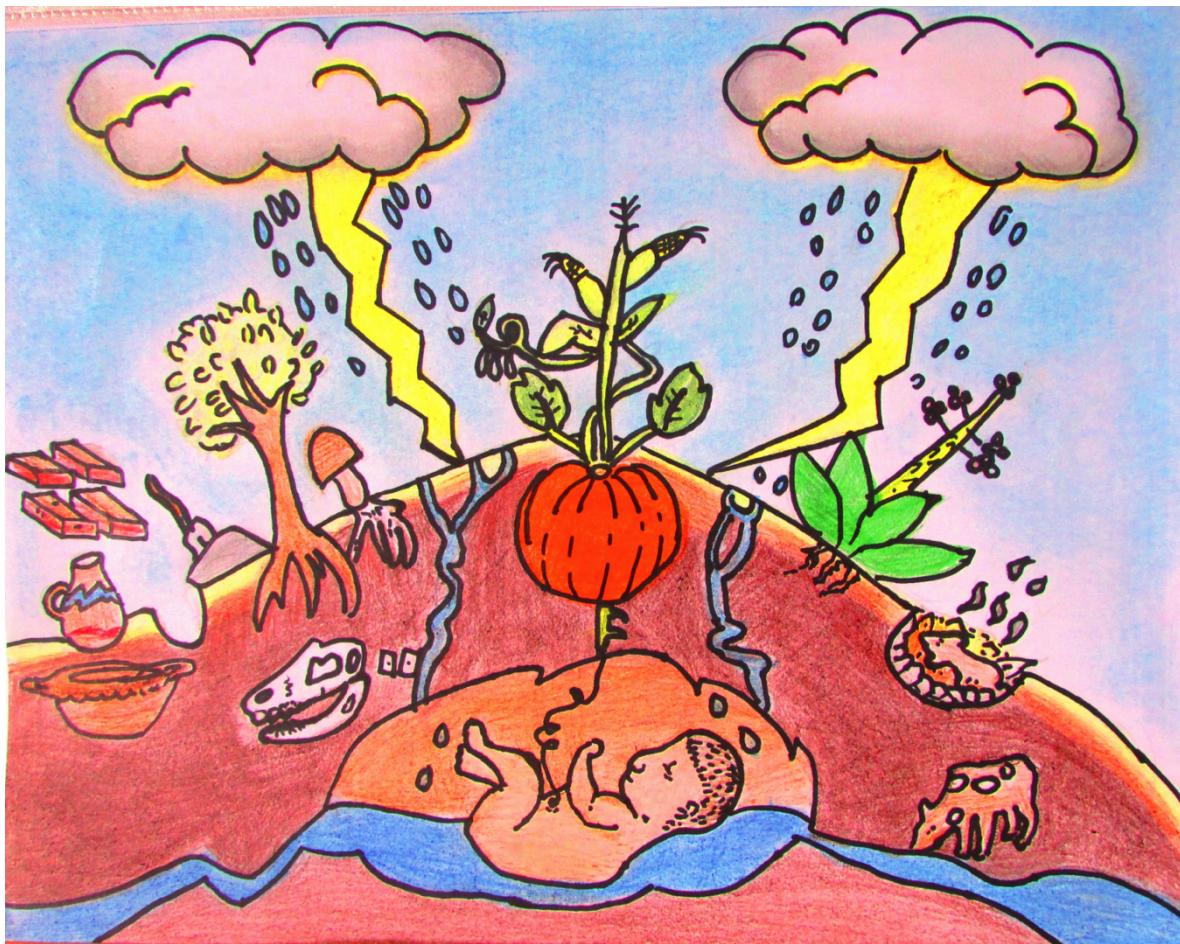


Título de la obra: “El suelo que me heredaron y que quiero construir”

Autor: Rubén Zaid Flores Flores



Categoría B. de 4° a 6° de Primaria. Primer lugar.



Título de la obra: "Tlanatzin"

Autora: Ameyali Álvarez Ixmatlahua

| Sección VI: Entisol |



Categoría B. de 4° a 6° de Primaria. Segundo lugar.



Título de la obra: "Corazón de maguey"

Autora: Amaya Alejandra Inés Galán

| Sección VI: Entisol |



Categoría C. Secundaria y Preparatoria (hasta 18 años). Primer lugar.



Título de la obra: "Y sin el suelo ¿Qué somos?"

Autor: Alex Ibrahim Flores Flores

| Sección VI: Entisol |



Categoría C. Secundaria y Preparatoria (hasta 18 años). Segundo lugar.



| Sección VI: Entisol |

Título de la obra: "Prácticas para la conservación del suelo y agua"
Autor: Felipe de Jesús García Hernández



Categoría D. Libre, nivel licenciatura, posgrado o público en general. Primer lugar.



Título de la obra: "Evolución y legado del suelo"

Autor: Gabriela de Vega Luttmann

| Sección VI: Entisol |



Categoría D. Libre, nivel licenciatura, posgrado o público en general. Segundo lugar

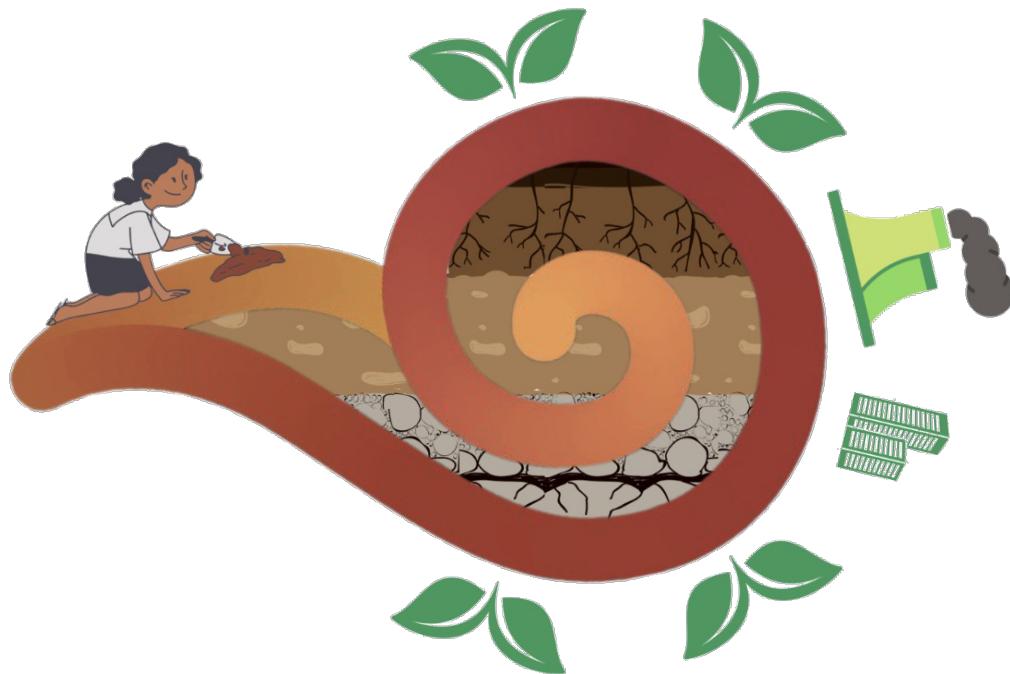


Título de la obra: "Raíces de vida"

Autor: Sandra Flores Guzmán

| Sección VI: Entisol |

| 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