



Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente

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



Vol. 3 — Núm. 3 — 2025

ISSN: 2992-8125



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

Dr. Fabián Fernández-Luqueño Presidente Cinvestav Saltillo	Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda Barrios Vicepresidente Universidad Autónoma de Chihuahua	
Dr. Hermes Pérez Hernández Secretaría General INIFAP	Dra. Dulce Yaahid Flores Rentería Tesorería Investigadora por México-Cinvestav Saltillo	Dr. Edgar Vázquez Núñez Secretaría Técnica Universidad Autónoma de Guanajuato
Dr. Oscar Cruz Álvarez Secretaría de Eventos Nacionales e Internacionales Universidad Autónoma de Chihuahua	Dra. Miriam Galán Reséndiz Secretaría de Relaciones Públicas Universidad Autónoma Chapingo	M.C. Iris del Carmen Morales Espinoza Subsecretaría de Fomento a la Integración, Promoción y Mercado; UAAAN
M.C. Gabriel Alejandro Hernández Vallecillo Secretaría de Acción Juvenil Colegio de Postgraduados	M.C. Ricardo González Zavaleta Secretaría de Promoción de Membresías Universidad Autónoma de Guerrero	Dra. Rosalía del Carmen Castelán Vega Secretaría de Educación y Enseñanza Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
M.C. Ramón Saúl Lujan Aguirre Secretaría de Difusión y Comunicación Social Universidad Autónoma de Chihuahua	M.C. Sandra Monserrat Barragán Maravilla Subsecretaría de Creación de Contenido Digital Colegio de Postgraduados	Dra. Susana González Morales Secretaría de Gestión de Redes de Innovación UAAAN

Comité Editorial de Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente

Editores en Jefe

Dr. Fabián Fernández-Luqueño
Cinvestav Saltillo

Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda Barrios
Universidad Autónoma de Chihuahua

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

Editores Adjuntos

Dr. Edgar Vázquez-Núñez
Universidad de Guanajuato

Dr. Hermes Pérez-Hernández
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

M.C. Langen Corlay Chee
Universidad Autónoma Chapingo

Dr. José Rafael Paredes Jácome
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dr. César Roberto Sarabia Castillo

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

Biol. Mariana Tovar-Castañón
UNAM

Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda-Barrios
Universidad Autónoma de Chihuahua

Dr. Fernando López-Valdez
CIBA-IPN

Dra. Alma C. Hernández Mondragón
Cinvestav Zacatenco

Dr. Julián Delgadillo Martínez
Colegio de Postgraduados

Dra. Mariana Miranda Arámbula
CIBA-IPN

Dra. Rosalía Castelán Vega
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Dr. Fabián Fernández-Luqueño
Cinvestav Saltillo

Dra. Susana González Morales
Investigadora por México-UAAAN

Dr. Oscar Cruz Álvarez
Universidad Autónoma de Chihuahua

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

Editores Asociados

M.C. Nayelli Azucena Sigala Aguilar
Cinvestav Saltillo

M.C. Sarahi Moya-Cadena
Cinvestav Saltillo

Biól. Fernanda Naomi Shimizu Romero
UNAM

M.C. Rene Juárez Altamirano
Cinvestav Saltillo

M.C. Jessica Elizabeth Martínez-Vázquez
Cinvestav Saltillo

M.C. Karla Liliana López García
Cinvestav Saltillo

M.C. Oscar Fernández-Fernández
Universidad Autónoma Chapingo

M.C. Andrés Torres-Gómez
Cinvestav Saltillo

M.C. Gabriel Alejandro Hernández Vallecillo
Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo

Dr. Ricardo Aarón González Aldana
Universidad Autónoma de Chihuahua

Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente; Año 3, Número 3, julio 2025 a septiembre 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>, smcsissn@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, septiembre 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

Con enorme satisfacción presentamos el **Número 3, Volumen 3** de nuestra revista, con el cual alcanzamos dos años ininterrumpidos de trabajo editorial. Este logro no solo marca una continuidad en el tiempo, sino también la consolidación de una comunidad de personas comprometidas con el conocimiento, la curiosidad y el respeto por la naturaleza. Agradecemos profundamente a quienes hacen posible esta labor: el equipo editorial, los editores asociados y adjuntos, los revisores que aportan su tiempo y experiencia, los autores que confían en este espacio para compartir su trabajo, y por supuesto, a las y los lectores, cuya atención y entusiasmo nos impulsan a seguir adelante.

Desde el Comité Editorial de la **Revista Voces del Suelo, agricultura y Medioambiente de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo**, reafirmamos nuestro compromiso con la investigación y la divulgación de prácticas que promuevan la salud del suelo y la seguridad alimentaria.

En este número convergen múltiples perspectivas sobre la vida en la Tierra, unidas por un hilo común: la comprensión y el cuidado de los suelos, las plantas, los animales y los saberes que los acompañan. Las contribuciones reunidas nos invitan a mirar los ecosistemas desde dentro, desde lo que no siempre se ve, para descubrir las interacciones que sostienen la fertilidad, la biodiversidad y la resiliencia ambiental.





Los microorganismos que transforman el suelo, las plantas que mejoran su estructura y fertilidad, y los animales que coexisten en paisajes urbanos y rurales forman parte de un entramado vivo que da sustento a nuestra existencia. Entender estas relaciones no es solo una tarea científica, sino también cultural y ética: implica reconocer que los procesos naturales y sociales están entrelazados, y que cada acción humana deja huella en ese equilibrio.



Asimismo, las reflexiones presentadas en estas páginas ponen de relieve la necesidad de integrar diferentes tipos de conocimiento. Las ciencias del suelo, la biología, la agronomía y la etnopedología dialogan aquí con el saber tradicional y con nuevas tecnologías sostenibles. Este cruce de miradas ofrece alternativas para enfrentar los desafíos actuales de la producción, la degradación ambiental y la seguridad alimentaria, mostrando que la innovación puede y debe ir de la mano con la sensibilidad hacia los territorios y las comunidades.

Cada artículo es una ventana hacia la comprensión de cómo la vida se organiza, se adapta y se defiende, tanto en los paisajes rurales como en los urbanos, en los espacios visibles y en los invisibles. En conjunto, conforman un mosaico de experiencias que reafirman la importancia de mirar el suelo no solo como recurso, sino como origen, memoria y futuro.

Cumplir dos años como revista es, más que una meta, una invitación a seguir creciendo con raíces más firmes. Que este número inspire nuevas colaboraciones, despierte preguntas y renueve el compromiso de cuidar la Tierra y todo lo que de ella depende. Les damos la más cordial bienvenida a este nuevo número de **Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente, Volumen 3, Número 3, 2025.**

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



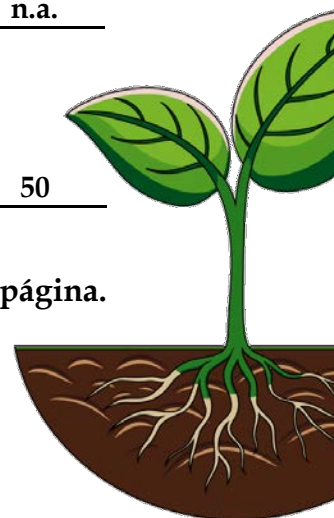
Contenido

SECCIÓN I. FACTORES DE FORMACIÓN DEL SUELO	Páginas
Subsección IA: Material Parental	
Cultivos de cobertura: una alternativa sostenible en la agricultura Tomás Rivas-García; Benjamín Hernández-Vázquez; Luis Enrique Vázquez-Robles; Camilo Francisco Campos-Mariscal; Rita Schwentesius-Rindermann	1
Subsección IB: Clima Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IC: Topografía Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección ID: Organismos	
Nuestros vecinos ocultos: diversidad de mamíferos en la Ciudad de México Sebastián Ríos Acosta; Pablo César Hernández Romero; Fernando Ayala Niño; David A. Prieto-Torres	11
Microbios en acción: La batalla subterránea contra la contaminación Héctor Alejandro Reza-Solis; Gustavo Montes-Montes; Andrea Zepeda-Mestre; Zilia Yanira Muñoz-Ramírez; Román González-Escobedo	20
Las algas: Una herramienta valiosa para una agricultura sostenible Dana Noelia Alonso Flores; Jorge Lugo De la Fuente; Rocío Vaca Paulín; Pedro Del Águila Juárez; Nadia De la Portilla López	34
Subsección IE: Tiempo	
El plátano: más que una fruta “snack”, ¡es un poderoso aliado en el bienestar de la salud! Deibi Candelario Morales Cruz; Hortensia Brito-Vega; Edmundo Gómez-Méndez	43
SECCIÓN II. PROCESOS DE FORMACIÓN DEL SUELO	
Subsección IIA: Adición Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IIB: Transformación	
Mejorando el suelo con nopal: usos y beneficios agroambientales Diana Marcela Torres-Madrid; Luisa Patricia Uranga-Valencia; Luis Ubaldo Castruita-Esparza; Marina Imelda Terrazas-Gómez; Sandra Pérez-Álvarez	50

n.a.= no aplica

Continúa en la siguiente página.

| Septiembre 2025 |





Contenido

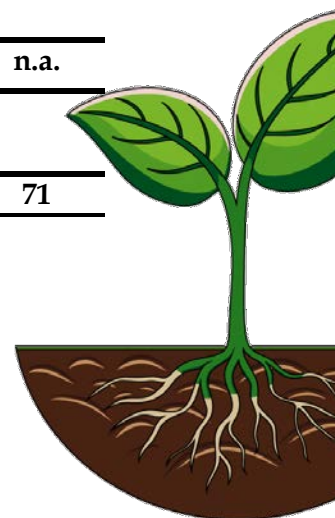
...continuación.

SECCIÓN II. PROCESOS DE FORMACIÓN DEL SUELO		Páginas
Subsección IIC: Translocación		
La etnopedología como estrategia para la Seguridad del Suelo Francisco de Jesús Reyes-Sánchez; Miriam Galán-Reséndiz		58
Subsección IID: Pérdida		
Fertilización mineralorgánica una alternativa para suelos erosionados en ladera Amanda Miguel Sánchez Garduño; Horacio Santiago Mejía		63
SECCIÓN III. LA ARCILLA		
Aprendamos sobre glifos de los Suelos Eunice Galván-Díaz; Carlos A. Ortiz-Solorio; Ma. del C. Gutiérrez-Castorena		27
Brassinosteroides: Hormonas vegetales para el crecimiento y defensa de las plantas Deniss Esmeralda Arroyos Vásquez		31
SECCIÓN IV: HORIZONTES GENÉTICOS MAYORES Y CAPAS		
Subsección IVA: Horizonte O	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IVB: Horizonte L	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IVC: Horizonte A	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IVD: Horizonte E	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IVE: Horizonte B	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IVF: Horizonte C	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IVG: Capa R	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IVH: Capa M	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IVI: Capa W	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
SECCIÓN V. CICLOS DEL SUELO		
Sin contribuciones aceptadas		n.a.
SECCIÓN VI. ENTISOL		
Anuncio de próximo evento		71

n.a.= no aplica

n.a.= no aplica

| Septiembre 2025 |





Cultivos de cobertura: una alternativa sostenible en la agricultura

Tomás Rivas-García¹
Benjamín Hernández-Vázquez¹
Luis Enrique Vázquez-Robles²
Camilo Francisco Campos-Mariscal²
Rita Schwentesius-Rindermann²

¹SECIHTI-Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco 56230, México

²Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco 56230, México.

*Autor para correspondencia: rschwentesiuss@chapingo.mx

Los sistemas productivos mundiales se enfrentan a desafíos para lograr la seguridad alimentaria de la creciente población. Por ello, los cultivos de cobertura son una alternativa para el desarrollo agrícola sostenible con beneficios para las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo. Conocer a los cultivos de cobertura y entender sus beneficios favorecerá su uso y promoción en la agricultura sostenible.

Introducción

Los sistemas productivos mundiales se enfrentan a desafíos para lograr la seguridad alimentaria de la creciente población, que se espera que alcance los 10 mil millones de personas en el año 2050. La seguridad alimentaria significa que todas las personas tienen acceso físico, económico y social a alimentos suficientes, seguros y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y llevar una vida activa y saludable. Al

mismo tiempo, los sistemas agrícolas deben gestionarse mediante un enfoque sostenible que reduzca los insumos externos, como los combustibles fósiles, y el uso desmedido de fertilizantes minerales y pesticidas. Además, las preocupaciones ambientales, como las emisiones de gases de efecto invernadero, la lixiviación de nutrientes, especialmente el nitrógeno, y la contaminación ambiental asociada, deben abordarse mediante prácticas sostenibles.





La agricultura sostenible se ha definido como la capacidad de los sistemas para producir ininterrumpidamente evitando efectos negativos sobre el medio ambiente. Los cultivos de cobertura son una alternativa para el desarrollo agrícola sostenible a través de varios mecanismos tales como la conservación de nutrientes y agua, la mejora de la calidad del suelo, la reducción del riesgo de erosión, así como el control de malezas y el manejo de plagas. Por ello, en el desarrollo de este artículo, se define lo que son los cultivos de cobertura y cómo se clasifican. Además, se describen los beneficios de su uso. Finalmente, se habla de algunas limitaciones y retos durante su establecimiento y aprovechamiento. Conocer a los cultivos de cobertura, y entender sus beneficios, limitaciones y retos, favorecerá su uso y promoción en la agricultura sostenible.

Definición

Los cultivos de cobertura son plantas cultivadas principalmente para proteger y mejorar el suelo, especialmente entre cultivos principales o durante periodos de preparación del suelo. No se cultivan para la cosecha, sino para proporcionar beneficios al suelo, como reducir la erosión, mejorar la estructura del suelo, suprimir malezas, reciclar nutrientes y mejorar la salud físico-química y biológica del suelo en general. Estos cultivos se establecen entre ciclos de cultivos comerciales, o entre árboles en huertos y se eliminan, incorporan o se dejan en el terreno una vez que cumplen su función.

Clasificación

Los cultivos de cobertura se clasifican principalmente por el tipo de familia botánica (gramíneas, leguminosas, brasicáceas/de hoja ancha), por su ciclo de vida (anuales o perennes), o por la temporada en que se siembran (invierno o verano). Las gramíneas y leguminosas son categorías amplias, mientras que las brasicáceas son un tipo de hoja ancha especializado, todas con diferentes beneficios para la salud del suelo y control de plagas.

Se han utilizado numerosos cultivos de cobertura de diferentes especies para lograr objetivos específicos en diversos sistemas de cultivo y según sus adaptaciones edafoclimáticas (Tabla 1).





Tabla 1. Principales cultivos de cobertura utilizados en regiones tropicales y templadas.

Regiones tropicales		Regiones templadas	
Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i> L.	Alfalfa	<i>Medicago sativa</i> L.
Arveja china	<i>Astragalus sinicus</i> L.	Chícharo	<i>Pisum sativum</i> L.
Cáñamo de sol	<i>Crotalaria juncea</i> L.	Veza común	<i>Vicia sativa</i> L.
Frijol canavalia	<i>Canavalia ensiformis</i>	Veza purpura	<i>Vicia benghalensis</i> L.
Frijol caupí	<i>Vigna unguiculata</i>	Haba	<i>Vicia faba</i> L.
Gandul	<i>Cajanus cajan</i> L.	Lenteja	<i>Lens culinaris</i>
Lablab	<i>Lablab purpureus</i>		
Sesbania	<i>Sesbania rostrata</i>	Soya	<i>Glycine max</i> L.
Soya	<i>Glycine max</i> L.	Trébol encarnado	<i>Trifolium incarnatum</i> L.
Trébol alejandrino	<i>Trifolium alexandrinum</i> L.	Trébol rojo	<i>Trifolium pratense</i> L.

Gramíneas

La principal característica morfológica de las gramíneas es su crecimiento en largos tallos cilíndricos y huecos. Los sistemas radiculares de estas plantas son generalmente finos, fibrosos y por estas características, sus raíces protegen al suelo de la erosión y mejoran su estructura. Además, las especies de gramíneas utilizadas como coberturas crecen rápidamente para proporcionar cobertura vegetal, y pueden eliminarse fácilmente por medios mecánicos y químicos. Algunos ejemplos son: la cebada, el sorgo forrajero, el mijo, la avena, el centeno, el raigrás, el triticale y el trigo.

Los cultivos de cobertura son plantas utilizadas principalmente para proteger y mejorar el suelo, en lugar de ser cosechadas para el consumo.



Leguminosas

Las leguminosas (como el trébol, el frijol, las habas, la alfalfa, los chicharos, la soya y el ebo) (Figura 1) tienen una habilidad especial: pueden tomar el nitrógeno del aire y fijarlo en el suelo gracias a una simbiosis (beneficio mutuo) con bacterias que viven en sus raíces (rizobacterias). Este proceso, conocido como “fijación biológica de nitrógeno”, permite enriquecer naturalmente el suelo, reduciendo la necesidad de fertilizantes químicos. En otras palabras, estas plantas fabrican su propio abono, y lo comparten con el suelo. Cuando el cultivo de cobertura es incorporado (por ejemplo, al ararlo, o dejar que se descomponga), todo este nitrógeno queda disponible para el siguiente cultivo. Es una forma de “fertilización” natural y sostenible.



Figura 1. Ebo o veza común (*Vicia sativa* L.), leguminosa utilizada como cultivo de cobertura en calles de huerta de aguacate en Tetela del Volcán, Morelos, México. Fuente: Imagen de los autores.

Por ejemplo, en un estudio realizado por los autores del presente artículo, se sembró *Crotalaria* (*Crotalaria juncea*) como cultivo de cobertura en árboles de naranja en Río Verde, San Luis Potosí. Los resultados mostraron que se mejoró la salud del suelo en comparación con el suelo sin dicho cultivo (Figura 2).



Figura 2. *Crotalaria (Crotalaria juncea L.)* a los 40 (a) y 70 (b) días después de siembra como cultivo de cobertura en una huerta de naranja en Rio Verde, San Luis Potosí, México. Fuente: Imagen de los autores.

Brassicas y otras plantas de hoja ancha

Estos cultivos son populares por diversos motivos, incluyendo la rápida descomposición de sus residuos, así como su potencial para mejorar la estructura de algunos suelos y reducir la compactación gracias a sus sistemas radiculares más profundos. Varias especies de este tipo poseen raíces principales (pivotantes) que crean espacios porosos en el suelo para mejorar la aireación y la infiltración de agua. Su rápida descomposición (aporte de materia orgánica) promueve la biodiversidad y proliferación microbiana. Lo cual evita la pérdida de nutrientes y, al mismo tiempo, mantiene una fertilidad adecuada para satisfacer las necesidades de los cultivos comerciales posteriores. Las Brassicas y otras plantas de hoja ancha comúnmente utilizados como cultivos de cobertura incluyen el trigo sarraceno, el lino, la facelia, el rábano, la colza, el cártamo, el nabo, el girasol y la calabaza (Figura 3).



Su manejo puede brindar una amplia gama de beneficios a las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.



Figura 3. Asociación de maíz, girasol y calabaza como cultivos de cobertura en una huerta de naranja en Rio Verde, San Luis Potosí, México. Fuente: Imagen de los autores.

Beneficios para el suelo

Investigadores, consultores y productores han prestado cada vez más atención a los cultivos de cobertura. Su manejo puede brindar una amplia gama de beneficios a las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Figura 4).



Figura 4. Principales propiedades del suelo que son modificadas por el uso de cultivos de cobertura. Fuente: Elaboración propia.



Propiedades físicas

Las propiedades físicas del suelo determinan cómo el suelo retiene agua, aire y nutrientes, y cómo soporta el crecimiento radicular. Las coberturas influyen positivamente en estas propiedades de varias maneras:

- **Descompactación del suelo:** Las raíces de las coberturas suelen crecer profundamente y con un sistema ramificado que penetra suelos compactados, creando canales y poros que mejoran la aireación y el drenaje. Por ejemplo, la alfalfa puede alcanzar raíces que se extienden varios metros, abriendo espacios para que el agua se infiltre mejor.
- **Aumento de la porosidad y estructura del suelo:** La materia orgánica derivada de raíces muertas y restos vegetales de las coberturas mejoran la agregación del suelo. Los agregados son pequeños grupos de partículas del suelo unidas, que facilitan la circulación de agua y aire. Un suelo bien estructurado es menos susceptible a la erosión y retiene mejor el agua, lo que beneficia a otras plantas.
- **Mejora en la retención de agua:** La materia orgánica aumentada por la descomposición de biomasa tiene una gran capacidad para retener agua, especialmente en suelos arenosos o degradados, ayudando a mantener la humedad en períodos secos.

Propiedades químicas

Las coberturas tienen un impacto químico fundamental en la fertilidad del suelo, principalmente a través del ciclo del nitrógeno:

- **Fijación biológica de nitrógeno (FBN):** Este es el proceso clave por el cual las leguminosas enriquecen el suelo. Las bacterias *Rhizobium* forman nódulos en las raíces y convierten el nitrógeno atmosférico (N_2), que las plantas no pueden utilizar, en amoníaco (NH_3), un compuesto que puede ser absorbido y utilizado para formar proteínas y ácidos nucleicos.



Debido a la falta de capacitación, muchos agricultores desconocen los cultivos de cobertura.



- **Reducción de la dependencia de fertilizantes químicos:** Al enriquecer el suelo con nitrógeno natural, las coberturas permiten reducir el uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos, disminuyendo el impacto ambiental y los costos de producción.
- **Aporte de otros nutrientes:** Las coberturas también pueden mejorar la disponibilidad de otros nutrientes como fósforo y potasio, gracias a la acidificación localizada del suelo alrededor de las raíces y la excreción de compuestos orgánicos que movilizan estos nutrientes, haciéndolos más accesibles para las plantas.
- **Mejora del pH del suelo:** En suelos ácidos, algunas coberturas pueden ayudar a elevar el pH al liberar bases durante la descomposición de su biomasa, creando un ambiente más favorable para el crecimiento de cultivos y microorganismos beneficiosos.

Propiedades biológicas

El suelo es un ecosistema vivo, y las coberturas fomentan la biodiversidad y actividad biológica en varios niveles:

- **Estimulación de microorganismos beneficiosos:** Las raíces de algunas coberturas exudan compuestos orgánicos (azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos) que sirven como alimento para bacterias, hongos y otros microorganismos. Esto incrementa la población microbiana, vital para procesos de descomposición y reciclaje de nutrientes.
- **Relación simbiótica con bacterias *Rhizobium*:** Esta asociación exclusiva no solo fija nitrógeno, sino que también mejora la salud radicular y la resistencia a patógenos, lo que se traduce en plantas más vigorosas.
- **Mejora del ciclo de nutrientes:** Los microorganismos descomponen la materia orgánica liberando nutrientes en formas accesibles para las plantas, incrementando la fertilidad natural del suelo.

Los cultivos de cobertura aportan beneficios para las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo, lo que favorece el desarrollo sostenible en la agricultura.



Literatura recomendada

Galindo Mendoza, M. G., Cárdenas Tristán, A., Pérez Medina, P., Schwentesius Rindermann, R., Rivas García, T., Contreras Servín, C., & Reyes Cárdenas, O. (2025). Agroecological Alternatives for Substitution of Glyphosate in Orange Plantations (*Citrus sinensis*) Using GIS and UAVs. *Drones*, 9(6), 398. <https://doi.org/10.3390/drones9060398>

Morales, M. E., Villamil, M. B., y Zabalo, M. C. (2022). Efecto de los cultivos de cobertura invernales sobre el microbioma del suelo: revisión sistemática de la literatura. *Revista Argentina de Microbiología*, 54(1), 51-60. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2021.02.008>

Scaglione, J., Montico, S., y Montero, G. A. (2023). Efectos a corto plazo de los cultivos de cobertura sobre propiedades y macrofauna del suelo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(2). <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3645>

Semblanzas de autores

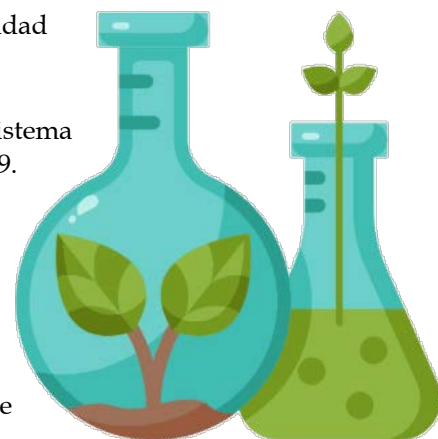
Tomás Rivas García: Investigador por México Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) comisionado a la Universidad Autónoma Chapingo. Sus líneas de investigación se orientan hacia la microbiología, inocuidad y bio-insumos agrícolas. Ha publicado numerosos artículos de divulgación y difusión en revistas nacionales e internacionales. Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII, México) nivel 1 desde 2019.

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

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

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

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





Nuestros vecinos ocultos: diversidad de mamíferos en la Ciudad de México

Sebastián Ríos Acosta^{1,2*}

Pablo César Hernández Romero²

Fernando Ayala Niño³

David A. Prieto-Torres²

¹ Carrera de Biología, Facultad de Estudios

Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Tlalnepantla, Estado de México, México. C.P. 54090.

² Laboratorio de Biodiversidad y Cambio Global (LABIOCG), Facultad de Estudios Superiores

Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Tlalnepantla, Estado de México, México. C.P. 54090.

³ Laboratorio de Edafología, UBIPRO, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad

Nacional Autónoma de México, Tlalnepantla, Estado de México, México. C.P. 54090.

*Autor para correspondencia: sebastianriosac@gmail.com

Al pensar en zonas urbanas nos imaginamos grandes edificios y tráfico, pero también podemos encontrar mamíferos que cumplen funciones ecológicas clave. Estos animales ayudan en el control de plagas, la dispersión de semillas y la regeneración de espacios naturales. Su presencia es un indicador de la salud ambiental de las ciudades. Sin embargo, la expansión urbana ha afectado su biodiversidad. En la Ciudad de México aún existen áreas verdes donde es importante estudiar qué especies habitan y cómo se comportan.

Introducción

Los espacios urbanos han crecido a un ritmo acelerado en las últimas décadas, creando un cambio en la forma en que se organizan los territorios y generando un impacto al medio ambiente. La expansión de las ciudades ha llevado a la pérdida y fragmentación de hábitats naturales, la transformación del uso del suelo para la agricultura y la ganadería, y la explotación de recursos naturales como bosques y fauna silvestre.

Los mamíferos cumplen funciones ecológicas clave en los ecosistemas, como ser herbívoros, dispersar semillas, controlar plagas y contribuir en el ciclo de nutrientes y calidad del suelo. Además, la observación de mamíferos en áreas urbanas puede sensibilizar a la población sobre la importancia de su conservación.



Además, problemas como la contaminación del aire y el cambio climático afectan directamente a estos entornos urbanos, haciendo que la situación sea aún más compleja. En este contexto, el crecimiento desordenado de la Ciudad de México (CDMX) ha dificultado un equilibrio entre la expansión urbana y la conservación de la naturaleza.

Sin embargo, hoy en día la CDMX busca convertirse en un espacio donde puedan coexistir distintas especies de fauna silvestre. De hecho, muchas de ellas han encontrado en la infraestructura urbana zonas donde pueden vivir, lo que les permite su permanencia. Un claro ejemplo son los mamíferos, cuya presencia puede indicar el estado de salud de los ecosistemas en los que viven. Si un ecosistema se encuentra alterado, los mamíferos suelen ser de los primeros en desaparecer, ya que dependen mucho de la vegetación que los rodea. En áreas de constante crecimiento urbano, estos animales juegan un papel importante en el equilibrio de la naturaleza, ya que por ejemplo ayudan en la dispersión de semillas, controlan la cantidad de individuos de otras especies al ser una fuente de alimento, reduciendo así posibles plagas. Además, su presencia enriquece la vida silvestre de la ciudad.

Dada la importancia de seguir estudiando a estas especies, en el presente documento presentamos una descripción de algunas de las especies emblemáticas que habitan en las áreas verdes del sur de la CDMX y explicamos cómo se mueven dentro de ella. De esta manera, con la información obtenida a partir de muestreos anuales, se pretende contribuir al conocimiento no sólo de cuáles especies

tenemos en este espacio urbano, sino también el comprender cómo estas especies utilizan el paisaje e incluso cómo algunas pueden llegar a acostumbrarse o aprovechar estos entornos.

Durante la fase de luna llena algunos mamíferos registraron mayor actividad, a diferencia de noches con luna nueva, donde la actividad disminuyó. Esto puede sugerir una estrategia para la búsqueda de alimento, principalmente para especies carnívoras

Desarrollo

Aunque en los últimos años hemos aprendido más sobre la fauna urbana, aún se necesita mayor investigación para entender cómo los mamíferos silvestres responden ante los diferentes procesos de urbanización. Por ejemplo, en la CDMX son pocas áreas que aún conservan vegetación natural y en algunas de ellas todavía se pueden encontrar diferentes especies nativas de mamíferos.



Por si no lo sabías, se han registrado al menos 69 tipos de mamíferos terrestres, tres de las cuales sólo las puedes encontrar aquí. Por esta razón, en lugares como el Parque Ecológico Ciudad de México (PECDMX), el Parque Nacional Fuentes Brotantes y el Cerro de Zacatépetl son importantes ya que pueden funcionar como recintos naturales para la supervivencia de los mamíferos.

El Parque Ecológico Ciudad de México fue el lugar donde se registró la mayor cantidad de especies, lo que lo convierte en un espacio clave para la supervivencia de los mamíferos al ser un área natural protegida, con una gran cobertura vegetal e importante extensión territorial

Esto es particularmente importante en el sur de la CDMX, pues en esta zona se encuentra una extensa área conocida como el Suelo de Conservación (SC). Esta zona es de gran importancia no sólo para la conservación de la biodiversidad, sino que, también proporciona servicios ambientales esenciales para la población como es la recarga del acuífero, captura de carbono, producción de alimentos, entre otros. Por ello, salvaguardar esta área y considerarla parte integral para la sustentabilidad urbana es fundamental y una prioridad para las dependencias gubernamentales de la Ciudad de México.

Conexiones y comportamiento de los mamíferos urbanos

Saber que especies de mamíferos habitan en la ciudad no es suficiente para su conservación, por ello es fundamental conocer cómo se mueven los mamíferos dentro del paisaje urbano. Esto nos permite identificar posibles cambios en su comportamiento habitual y cómo se mueven entre diferentes partes de la ciudad. Estos animales no están activos todo el tiempo; combinan entre periodos de actividad y momentos de descanso, lo cual influye en las dinámicas y las interacciones que tienen con otras especies dentro de su comunidad. En entornos urbanizados recopilar información sobre el tipo de actividad que tienen, ayuda a saber si estos organismos se desplazan de un punto a otro dentro de la ciudad, la forma que pueden estar haciendo uso de los hábitats disponibles y su interacción (ej. competencia) con otras especies animales y/o plantas presentes. Esto permite identificar especies y áreas fundamentales para que la vida silvestre pueda mantenerse y seguir cumpliendo su papel dentro del ecosistema urbano.



Misión secreta: Cómo observar a los mamíferos sin ser detectados

Estudiar los hábitos de actividad de los mamíferos puede ser complicado, debido a lo difícil que es observarlos y detectarlos. Muchos de estos animales son nocturnos, tímidos, silenciosos y sigilosos lo que hace necesario utilizar diferentes métodos para investigarlos. Una de las herramientas más comunes para monitorear mamíferos es las llamadas cámaras trampa, que son equipos especializados que se activan automáticamente al detectar movimiento o calor, capturando fotografías o videos de los animales sin lastimarlos y sin interferir en su comportamiento.

Se recomienda instalar estas cámaras trampa en diferentes sitios, por ejemplo: en rutas de paso de los animales, zonas de alta actividad con rastros de heces o huellas, áreas con abundante vegetación, cerca de madrigueras, cuevas o troncos caídos que sirvan como refugio, así como en los límites de las áreas naturales donde exista interacción con áreas urbanas.

Zonas de estudio

Como parte de un estudio sobre los mamíferos urbanos de la CDMX analizamos tres regiones con gran valor ambiental y cobertura vegetal al sur de la CDMX: el

Las cámaras trampa son herramientas que permiten monitorear a los mamíferos sin interferir con sus hábitos ni causarles daño, Las cámaras se colocan en puntos estratégicos y se programan para que tomen fotografías o videos cuando detecte movimiento o calor

Parque Ecológico de la Ciudad de México, el Parque nacional Fuentes Brotantes y el Cerro Zacatépetl. En estas zonas predomina un clima templado subhúmedo con dos temporadas características, una de lluvias que va de mayo a octubre, y la temporada seca, que abarca de noviembre a abril. En estas áreas se han observado algunos mamíferos, especialmente aquellos que se encuentran en las periferias de las áreas verdes y se acercan con mayor frecuencia a las zonas urbanizadas

como el cacomixtle (*Bassariscus astutus*) y el tlacuache (*Didelphis virginiana*) (Cuadro 1). Las cámaras instaladas funcionaron 24 horas durante un periodo de 15 a 30 días, registrando fecha, hora, temperatura y fase lunar en cada fotografía.



Cuadro 1. Presencia de los mamíferos terrestres en las diferentes zonas de estudio al sur de la CDMX.

Especie	Nombre común	Lugares donde se observaron		
		Parque Ecológico CDMX	Cerro Zacatépetl	Parque Nacional Fuentes Brotantes
<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle	✓	✓	✓
<i>Canis familiaris</i>	Perro doméstico	✓	✓	✓
<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache	✓	✓	✓
<i>Felis catus</i>	Gato domestico	✓	✓	✓
<i>Otospermophilus variegatus</i>	Ardillón de las rocas	✓		
<i>Peromyscus sp</i>	Ratón de campo	✓		
<i>Sciurus aureogaster</i>	Ardilla vientre rojo	✓	✓	✓
<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo serrano	✓	✓	

Vecinos silenciosos: Mamíferos de la ciudad

Durante el tiempo de observación de las cámaras trampa en las diferentes zonas de estudio se tuvo registro de ocho especies de mamíferos terrestres. Seis de ellos fueron silvestres: el cacomixtle (*Bassariscus astutus*), tlacuache (*Didelphis virginiana*), la ardilla de vientre rojo (*Sciurus aureogaster*), el ardillón de las rocas (*Otospermophilus variegatus*), conejo serrano (*Sylvilagus floridanus*) y ratón de campo (*Peromyscus sp.*). Las otras dos especies fueron perros (*Canis familiaris*) y gatos (*Felis catus*), animales domesticados que, en este contexto, son consideradas como especies introducidas.

Una vez analizadas las fotografías tomadas por las cámaras, una de las especies más registradas fue el cacomixtle, pero el tlacuache no se queda atrás, ya que es la segunda especie con mayor frecuencia de observación (Figura 1). Esto quiere decir que estos animales han podido acostumbrarse a una vida en entornos urbanos, al grado de volverse nuestros vecinos, aunque la mayoría de las veces no los notamos. Es importante destacar que, a pesar de la tolerancia que pueden tener estas dos especies en la ciudad, también se enfrentan a situaciones que amenazan su supervivencia, por ejemplo: en ocasiones ingieren veneno que es colocado en las casas o establecimientos, pueden ser atropellados al cruzar las avenidas, la contaminación del agua y del suelo afecta su hábitat y la deforestación reduce espacios donde pueden refugiarse.

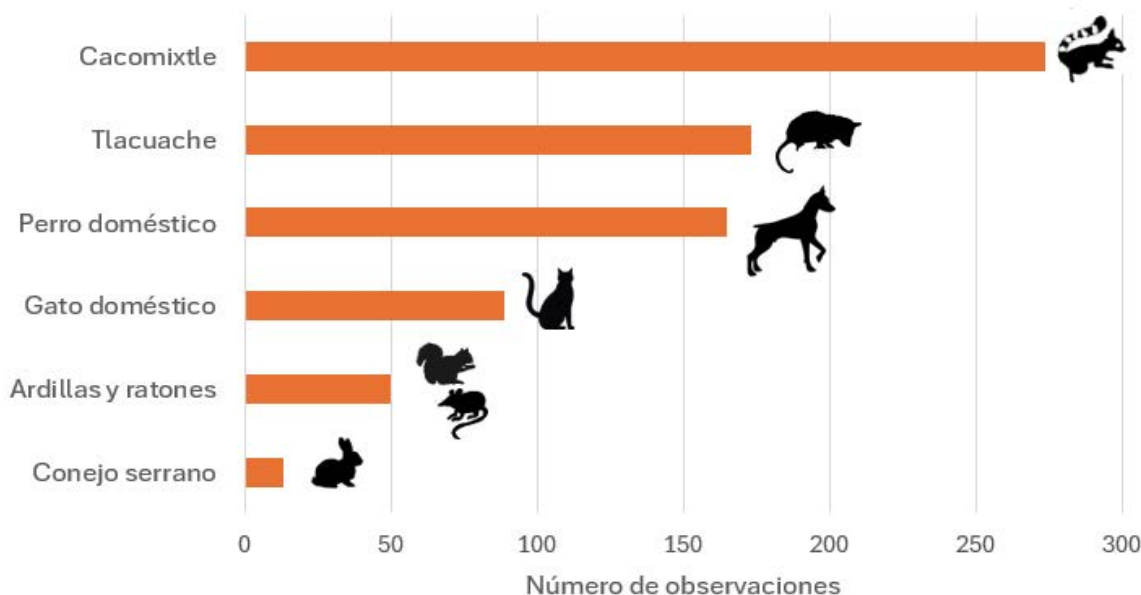


Figura 1. Numero observaciones de diferentes mamíferos en tres zonas del sur de la Ciudad de México (Parque Ecológico CDMX, Cerro Zacatépetl y Parque Nacional Fuentes Brotantes) durante el periodo de julio 2021 a febrero 2022

El ritmo de los mamíferos de la ciudad

Podríamos pensar que, al igual que nosotros, los mamíferos urbanos podrían tener un ritmo de vida acelerado, pero en realidad se han acostumbrado a tener

momentos de actividad que aprovechan para su sobrevivencia dentro de la ciudad. La mayoría de las especies observadas mostraron hábitos nocturnos, es decir, realizaban sus actividades durante la noche, por ejemplo, el tlacuache, el ratón de campo y el cacomixtle, aunque este último también fue observado en horarios diurnos y crepusculares.

Mamíferos capturados en las tres zonas de estudio: Parque Ecológico CDMX, Cerro Zacatépetl y Parque Nacional Fuentes Brotantes

- *Bassariscus astutus* - Cacomixtle
- *Canis familiaris* - Perro doméstico
- *Didelphis virginiana* - Tlacuache
- *Felis catus* - Gato doméstico
- *Otospermophilus variegatus* - Ardillón de las rocas
- *Peromyscus sp.* - Ratón de campo



Otros animales como la ardilla vientre rojo y el ardillón de las rocas solamente aparecieron durante el día, lo cual indica que sólo son de hábitos diurnos. El conejo serrano mostró actividad en distintos momentos, durante el día, la noche y al atardecer, lo que puede sugerir mayor flexibilidad en sus horarios. Lo mismo ocurre con los perros y gatos domesticados, pero esto puede estar relacionado con la presencia y hábitos de las personas del lugar (Cuadro 2).

Las cámaras trampa también registraron fase lunar y se observó que hay una mayor actividad por parte de animales nocturnos (principalmente el tlacuache y el cacomixtle) durante luna llena, en comparación con la actividad en luna nueva, que fue menor. Esto podría asociarse a una posible estrategia de alimentación, siendo los periodos con mayor iluminación los más aprovechados para la búsqueda de alimento.

Cuadro 2. Principales patrones de actividad de los mamíferos registrados en tres zonas de estudio al sur de la CDMX.

Especie	Nombre común	Tipo de actividad registrada		
		Nocturna 	Diurna 	Crepuscular 
<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle	✓		
<i>Canis familiaris</i>	Perro doméstico	✓	✓	✓
<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache	✓		
<i>Felis catus</i>	Gato domestico	✓		✓
<i>Otospermophilus variegatus</i>	Ardillón de las rocas		✓	
<i>Peromyscus sp</i>	Ratón de campo	✓		
<i>Sciurus aureogaster</i>	Ardilla vientre rojo		✓	
<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo serrano	✓	✓	✓



Conclusión

Muchas especies de mamíferos se han visto afectadas por la pérdida de su hábitat y sus poblaciones van disminuyendo con el paso del tiempo. Una de las razones es el constante crecimiento de las ciudades que reduce los espacios naturales donde estos animales pueden vivir y moverse libremente. Esto resulta importante ya que algunas especies, como los carnívoros, necesitan grandes extensiones de territorio para sobrevivir, lo cual es difícil en entornos urbanos. Es por ello por lo que en ciudades como la CDMX es fundamental identificar y cuidar las zonas con alto valor medioambiental, promover espacios verdes conectados entre sí y buscar formas de coexistir con la vida silvestre. Ahora que conoces a nuestros vecinos ocultos puedes ayudar a protegerlos respetando tanto a los animales como a los lugares que habitan. Así, mejoramos la calidad de vida de todos los que compartimos el entorno urbano.



Literatura recomendada



Hernández-Romero, P. C., y Prieto-Torres, D. A., (2023). Más que roedores, la diversidad de mamíferos de la Ciudad de México. *Therya ixmana*, 2(1), 10-11.

Hernández-Romero, P. C., Cruz-Cruz, J., y Prieto-Torres, D. A. (2025). Mamíferos urbanos y las amenazas del cambio global. *Therya ixmana*, 4(1), 71-74.

Hernández-Romero, P. C., Von Thaden Ugalde, J. J., Muench, C. E., Magaña Rodríguez, D., Arizmendi, M. C., Botello, F., y Prieto-Torres, D. A. (2024). Species richness and ecological connectivity of the mammal communities in urban and peri-urban areas at Mexico City. *Urban Ecosystems*, 27(5), 1781-1794.

Semblanzas de autores

Sebastián Ríos Acosta. Estudiante de la carrera de Biología en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, donde actualmente está desarrollando el proyecto “*Diversidad y patrones de actividad de la comunidad de mamíferos terrestres presentes en las áreas verdes y de conservación del sur de la Ciudad de México*” en el Laboratorio de Biodiversidad y Cambio Global (LABIOCG).

Dr. Pablo César Hernández Romero. Biólogo por la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Maestro y Doctor en la línea de conservación y biodiversidad en el Instituto de Ecología A.C. (INECOL). Actualmente es investigador y profesor de tiempo completo en la carrera de Ecología en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la UNAM. Su línea de investigación está encaminada hacia identificar y mitigar amenazas y resolver diversas problemáticas para la conservación de las especies, especialmente mamíferos y otros vertebrados.



Dr. Fernando Ayala Niño. Biólogo por la Facultad de Estudios Superiores Iztacala-UNAM. Maestro en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas por la Universidad Autónoma de Baja California. Doctor en Ciencias en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Investigador y profesor de tiempo completo en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Sus líneas de investigación se enfocan al ciclo del carbono y sus interacciones en torno de los servicios ambientales que el suelo provee.

Dr. David A. Prieto-Torres. Biólogo por La Universidad del Zulia, Venezuela, con una maestría en "Biodiversidad en áreas tropicales y su conservación" obtenida a través del Consejo Superior de Investigación Científica y la Universidad Internacional Menéndez Pelayo, ambos de España. Doctor en Ciencias del Instituto de Ecología, A.C. (INECOL). Es investigador y profesor de tiempo completo en la carrera de Ecología de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Sus líneas de investigación se enfocan en el estudio de los patrones espacio-temporales de biodiversidad mediante enfoques ecológicos, biogeográficos, macro-ecológicos, filogeográficos y espaciales; modelado de nicho ecológico y determinación de áreas prioritarias para la conservación.

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



Microbios en acción: La batalla subterránea contra la contaminación

Héctor Alejandro Reza-Solis¹
Gustavo Montes-Montes¹
Andrea Zepeda-Mestre¹
Zilia Yanira Muñoz-Ramírez²
Román González-Escobedo^{1*}

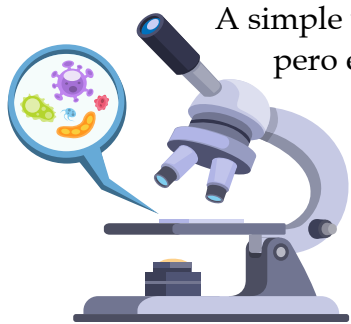
¹Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua, Periférico Francisco R. Almada km 1, Chihuahua, Chih., México, CP 31453.

²Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Campus II Circuito Universitario s/n, Chihuahua, Chih., México, CP 31125.

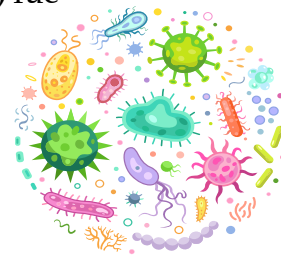
*Autor para correspondencia: rgescobedo@uach.mx

Los microorganismos habitan todos los rincones del planeta, incluidos aquellos suelos que han sido severamente contaminados. Entre ellos, bacterias, hongos y arqueas forman comunidades capaces de resistir metales tóxicos y ayudar a eliminarlos del ambiente. En sus raíces, las plantas albergan a estos pequeños aliados, que la ciencia estudia tanto cultivándolos en el laboratorio como a través del análisis genético directo del suelo. Así, lo invisible bajo nuestros pies podría ser clave para restaurar los suelos y proteger el futuro del planeta.

Introducción



A simple vista, el suelo puede parecer solo un conjunto de partículas inertes, pero en realidad esconde un universo de vida microscópica esencial para el equilibrio del planeta. Durante mucho tiempo se asumió que era un medio estático y sin actividad biológica, hasta que los avances científicos demostraron lo contrario: el suelo es un ecosistema complejo y dinámico. La invención del microscopio, hace unos 500 años, transformó nuestra percepción del mundo natural. Aunque ya se sospechaba la existencia de organismos diminutos, fue Robert Hooke quien en 1665 observó estructuras microscópicas, y poco después, en la década de 1680, Antonie van Leeuwenhoek describió por primera vez bacterias en movimiento. Estos descubrimientos dieron origen a la microbiología, una ciencia que abrió las puertas al estudio del vasto y diverso mundo microbiano del suelo.





Algunos microbios
tienen la capacidad
de transformar
metales tóxicos en
compuestos menos
peligrosos

La percepción de los microorganismos ha evolucionado con el tiempo. Si bien muchos de ellos han sido históricamente asociados con enfermedades, como *Yersinia pestis*, la bacteria causante de la peste negra, o los hongos del género *Candida*, responsables de infecciones oportunistas como la candidiasis, a partir de mediados del siglo XX la ciencia comenzó a descubrir que estos diminutos seres también podían ser aliados para resolver problemas ambientales.

A finales de la década de 1960, los microbiólogos demostraron por primera vez que ciertos microorganismos podían degradar hidrocarburos en el mar, dando origen al campo de la biorremediación, es decir, el uso de seres vivos para eliminar contaminantes del ambiente. Esta estrategia se consolidó en los años 70 como una solución sustentable y rentable para restaurar sitios afectados por la actividad humana, siempre y cuando los contaminantes fueran biodegradables y las condiciones ambientales permitieran el crecimiento de los microorganismos encargados de su transformación (Atlas & Bartha, 2002).

Uno de los entornos donde estas funciones microbianas se intensifican naturalmente es la rizósfera, la zona del suelo que rodea las raíces de las plantas (Figura 1). Allí convergen minerales, agua, nutrientes y una diversidad de microbios que cumplen un papel clave en la salud del suelo y el desarrollo vegetal. Dependiendo del tipo de organismos involucrados y las condiciones del entorno, estas interacciones pueden favorecer o afectar negativamente a las plantas. En zonas contaminadas, la rizósfera adquiere especial relevancia, ya que alberga bacterias, hongos y arqueas capaces de resistir condiciones extremas y contribuir activamente a la recuperación del ecosistema.



Figura 1. Rizósfera del suelo de una planta.



Contaminación del suelo y biorremediación: un desafío urgente

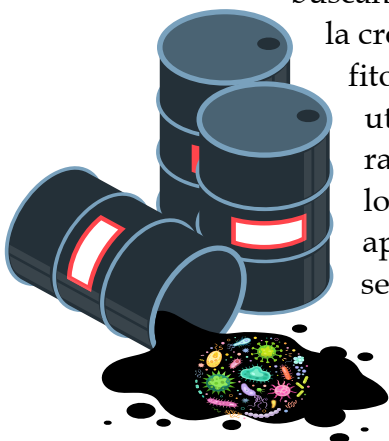
Pb La acumulación de metales pesados y metaloides como plomo, cadmio, zinc y arsénico en el suelo constituye una de las formas más duraderas de contaminación ambiental, representando un riesgo tanto para los seres humanos como para los ecosistemas. Estas sustancias tóxicas se acumulan por actividades industriales, mineras y del uso intensivo de productos químicos. Esta situación es especialmente preocupante porque el suelo alberga una enorme diversidad de organismos, desde microbios hasta plantas, que son esenciales para la vida en el planeta. Los metales pesados pueden detener el crecimiento vegetal, alterar la cadena alimentaria y afectar a quienes consumen productos cultivados en suelos contaminados. Ante esta situación, la biorremediación se presenta como una opción viable y respetuosa con el medio ambiente. Este enfoque emplea microorganismos capaces de transformar o inmovilizar los contaminantes y representa una solución menos invasiva en comparación con los métodos tradicionales. Por ello, organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas han propuesto reducir la degradación del suelo como una meta prioritaria dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para el año 2030 (NU, 2015).



La biorremediación
es una alternativa
sustentable que imita
y potencia procesos
naturales

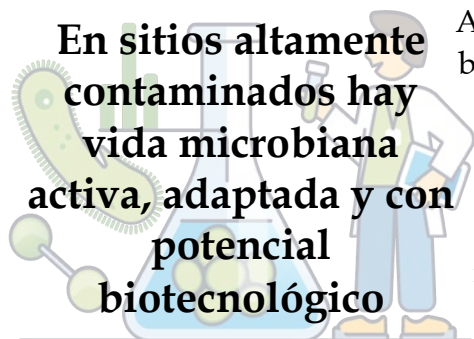
Estrategias verdes para limpiar el suelo

Para enfrentar la contaminación por metales pesados, la ciencia ha desarrollado estrategias inspiradas en la naturaleza, que ha llevado a cabo estos procesos desde siempre, de forma silenciosa y eficaz. Hoy en día, se realizan investigaciones que buscan potenciar y acelerar estos mecanismos naturales para hacer frente a la creciente degradación del suelo. Dos enfoques destacados son la fitorremediación y la biorremediación microbiana. En el primero, se utilizan plantas capaces de absorber metales pesados a través de sus raíces; en el segundo, los microorganismos transforman o inmovilizan los metales, reduciendo su toxicidad. Estas estrategias pueden aplicarse mediante bioaumentación, que consiste en añadir microbios seleccionados al suelo, o bioestimulación, que mejora las condiciones ambientales para favorecer a los microbios ya presentes. En ambos casos, la ciencia no inventa procesos nuevos, sino que coopera con mecanismos que la vida ha perfeccionado durante millones de años.





Microbios que limpian el suelo: pequeños aliados contra la contaminación



Aunque muchas veces se asocian con enfermedades, algunas bacterias y hongos tienen habilidades sorprendentes: pueden vivir en suelos contaminados con metales pesados y contribuir a su descontaminación. Gracias a su capacidad para tolerar, transformar o acumular metales tóxicos, estos microbios contribuyen a reducir el daño ambiental y a restaurar la salud del suelo. Por esta razón, hoy se les reconoce como elementos clave en la biotecnología ambiental, un campo dedicado a desarrollar soluciones sostenibles para proteger los ecosistemas.

Existen tres mecanismos principales con los que enfrentan los metales pesados:

1. Biosorción: Los microbios retienen los metales en sus superficies celulares, reduciendo su concentración en el entorno.
2. Bioacumulación: Algunas especies los absorben y almacenan en su interior, aislándolos del medio externo.
3. Biotransformación: Los microbios alteran químicamente los metales, volviéndolos menos tóxicos o insolubles, lo que favorece su inmovilización en el suelo.

Comprender cómo actúan estos microorganismos es solo el primer paso. Para aprovechar su potencial, se requiere aislarlos, identificarlos y estudiar sus capacidades específicas. Esto cobra especial relevancia en sitios contaminados, donde muchos han desarrollado mecanismos únicos para sobrevivir en condiciones adversas. Conocer qué especies están presentes y cómo interactúan con su entorno permite diseñar estrategias de biorremediación más efectivas, basadas en microbios ya adaptados a esos desafíos.

Buscando aliados bajo tierra

El proceso comienza con lo inesperado: plantas que sobreviven en suelos contaminados (Figura 2). A partir de ellas, se recolecta el suelo adherido a sus raíces, un entorno rico en microorganismos especializados.



Figura 2. Suelo contaminado.



**La
metagenómica
permite
descubrir
miles de
microbios que
antes eran
invisibles
para la ciencia**

En el laboratorio, ese suelo se procesa para liberar bacterias y hongos, que se cultivan en medios con concentraciones controladas de metales pesados. Solo aquellos microorganismos con mecanismos de resistencia logran crecer, dando inicio a la verdadera exploración científica.

¿Y por qué es tan importante aislarlos? Porque muchos de estos microorganismos no solo sobreviven, sino que neutralizan los metales tóxicos, los inmovilizan o incluso los extraen del suelo. Algunos van más allá: producen sideróforos, que capturan hierro y otros metales, o fitohormonas, que estimulan el crecimiento de las plantas y fortalecen la resistencia al estrés ambiental.

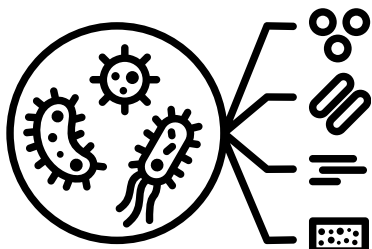
Existe una frase clásica en microbiología ambiental que lo resume bien: “Todo está en todas partes, pero el ambiente selecciona”. Esto implica que los microorganismos con las capacidades adecuadas se desarrollan justo donde más se requieren. Por ello, los sitios contaminados no solo representan un problema, sino también una oportunidad para hallar soluciones en los propios microbios que allí habitan.

Metagenómica: una ventana al subsuelo

En la vanguardia de la investigación ambiental, los avances en el estudio de microbiomas en sitios contaminados han sido impulsados por la metagenómica, una disciplina que revela la diversidad genética y funcional de comunidades microbianas complejas en apenas unos gramos de suelo. Un ejemplo claro es el análisis del microbioma rizosférico en suelos contaminados por metales pesados, como los de la antigua planta fundidora de Ávalos, en Chihuahua, México (Figura 3; Montes-Montes et al., 2025).



Figura 3. Antigua planta fundidora de Ávalos, Chihuahua, México.



A pesar del impacto de décadas de actividad metalúrgica, este sitio reveló, gracias a la metagenómica, una notable diversidad de bacterias, arqueas y hongos adaptados a condiciones extremas. Se identificaron más de 2,000 géneros microbianos, muchos de ellos conocidos por su capacidad de resistir y transformar metales como plomo, arsénico, cadmio y zinc. Estos hallazgos confirman que, incluso en ambientes altamente tóxicos, la vida microbiana no solo sobrevive, sino que despliega estrategias especializadas para adaptarse y contribuir a la recuperación del ecosistema.

Conclusiones

La naturaleza ha resuelto problemas complejos durante millones de años y los microorganismos del suelo son una de sus herramientas más poderosas. Lejos de ser enemigos invisibles, bacterias, hongos y arqueas poseen un enorme potencial para enfrentar desafíos ambientales como la contaminación del suelo.

Comprender y aprovechar sus capacidades no significa imponerse a la naturaleza, sino trabajar en conjunto con ella. La biorremediación nos invita a observar con humildad, aprender de los procesos que ya funcionan en silencio bajo nuestros pies y aplicar ese conocimiento para construir soluciones sostenibles. El futuro de la remediación está en manos de quienes reconozcan el valor de los microbios como aliados clave para restaurar el equilibrio de nuestro entorno.

Literatura recomendada



Atlas, R. M., & Bartha, R. (2002). *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. Madrid: Pearson Educación, S. A.

Montes-Montes, G., Muñoz-Ramírez, Z. Y., Cortes-Palacios, L., Carrillo-Campos, J., Ramírez-Sánchez, O., Ortiz-Aguirre, I., Muñoz-Castellanos, L.N., & González-Escobedo, R. (2025). Microbial diversity and heavy metal resistome in slag-contaminated soils from an abandoned smelter in Chihuahua, Mexico. *Soil Systems*, 9(2), 30.

Naciones Unidas (NU). (2015). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Naciones Unidas. Recuperado de <https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/page/objetivos-de-desarrollo-sostenible>.





Semblanzas de autor

M.C. Héctor Alejandro Reza-Solis. Estudiante de doctorado en la Facultad de Zootecnia y Ecología, UACH, con interés en biotecnología, ficología y biorremediación. Ha publicado en revistas internacionales y memorias de congresos nacionales. Su trabajo se enfoca en la conservación de recursos naturales, especialmente del suelo, promoviendo el desarrollo sustentable de zonas áridas con ayuda de la ciencia.

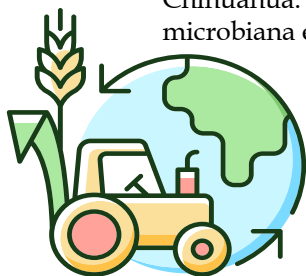
Q.B.P. Gustavo Montes-Montes. Estudiante de maestría en la Facultad de Zootecnia y Ecología, UACH, enfocado en bioinformática y ciencias ómicas. Ha publicado dos artículos científicos y fue reconocido en 2024 con el Premio a la Responsabilidad Medioambiental, reflejo de su compromiso con la ciencia, la sostenibilidad y la generación de conocimiento en favor del ambiente.



Andrea Zepeda-Mestre. Estudiante de Ingeniería en Ecología en la Facultad de Zootecnia y Ecología, UACH. Su formación académica se ha orientado al área de biorremediación. Ha sido reconocida con el Premio a la Responsabilidad Medioambiental en 2023 y 2024 en los proyectos “Educación rodante” y “Biorremediación ambiental mediante el aprovechamiento de microorganismos del suelo”.

Dra. Zilia Yanira Muñoz-Ramírez. Profesora investigadora de la Universidad Autónoma de Chihuahua. SNII nivel 1 y miembro internacional del Proyecto Genoma de *Helicobacter pylori* (HpGP). Sus proyectos se enfocan en el estudio de microorganismos de interés ambiental y clínico desde una perspectiva bioinformática basada en el análisis de grandes cantidades de datos ómicos.

Dr. Román González-Escobedo. Profesor investigador de la Universidad Autónoma de Chihuahua. SNII nivel 1 y perfil PRODEP. Miembro del Cuerpo Académico “Biotecnología microbiana en sistemas agropecuarios y ambientales”. Su línea de investigación se enfoca en el estudio de la diversidad, función e interacción de comunidades microbianas en distintos ecosistemas. Ha sido distinguido con el Premio a la Responsabilidad Medioambiental 2024 en la categoría de proyectos de investigación.





Aprendamos sobre glifos de los Suelos

Eunice Galván-Díaz, Carlos A. Ortiz-Solorio, Ma. del Carmen Gutiérrez-Castorena

1

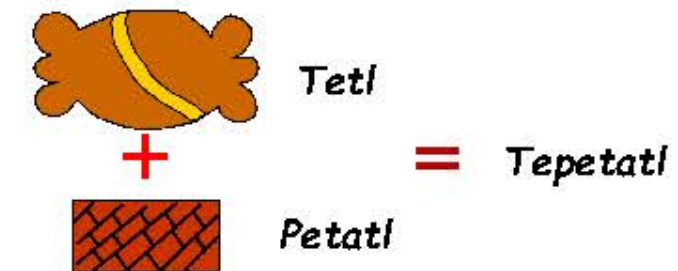
Un **glifo** es un símbolo dibujado o escrito que representa palabras o ideas.

2

Éste se construía con la unión de dos símbolos llamados **grafemas**.

3

Por ejemplo:



6

Los *acolhuas* (un grupo prehispánico que se estableció en el actual Texcoco) simbolizaron **7 clases de tierras**, respecto a su **textura, color y aptitud agrícola**.

5

Los **Suelos** también fueron expresados mediante glifos.

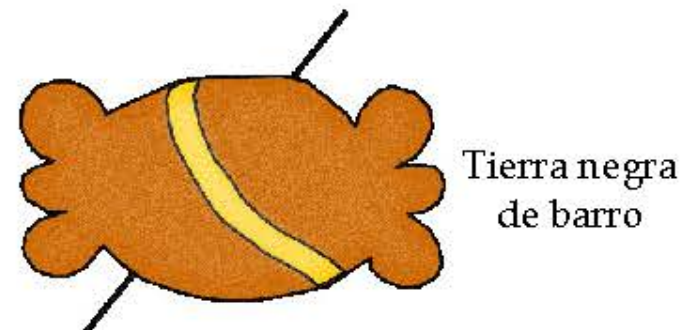
4

Nuestras civilizaciones prehispánicas nos legaron innumerables glifos, que prevalecen en el presente (como en escudos estatales y municipales).

7

Estas representaciones fueron grabadas en el **Códice de Santa María Asunción** (~1546) por ilustradores especializados llamados **tlacuilos**.

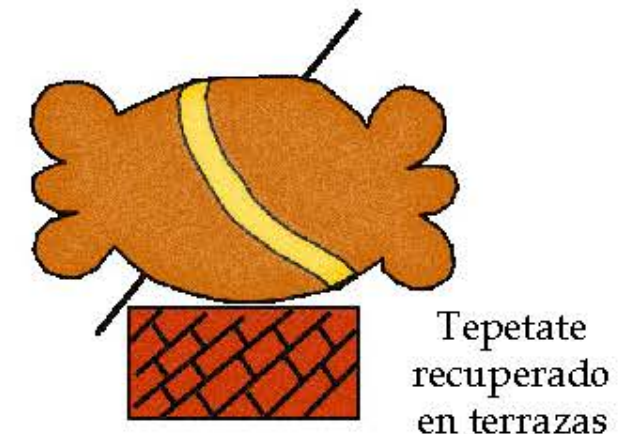
1 Tezoquitl



2 Atoctli



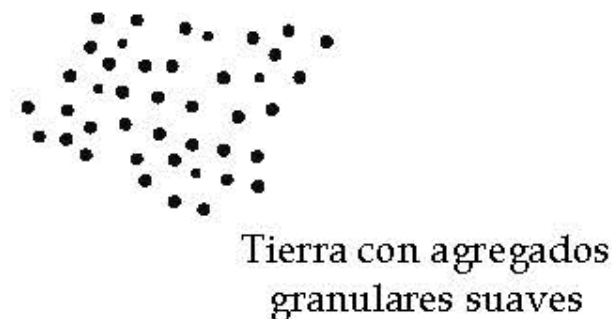
3 Tepetlatlalli



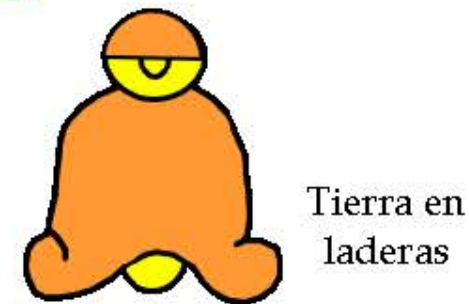
4 Teuhtli



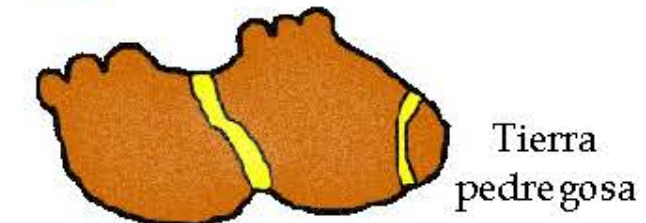
5 Xalalli



6 Tlaixtli



7 Tetetlalli





Aprendamos sobre glifos de los Suelos

Eunice Galván-Díaz*
Carlos A. Ortiz-Solorio
Ma. del C. Gutiérrez-Castorena

Área de Génesis, Morfología y Clasificación de Suelos, Programa de Edafología. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, km 36.5, Carr. México-Texcoco, Col. Montecillo, Texcoco, edo. de México, C.P. 56264, México.

*Autor para correspondencia: galvan.eunice@colpos.mx

Literatura recomendada

- Gutiérrez-Castorena, Ma. del C., Ortiz Solorio, C. A., Fernández Galán, B. E. Gutiérrez Castorena E.V. & González Vargas, T. (2017). Los suelos del área de influencia del Códice Santa María Asunción y su representación pictórica. *Terra Latinoamericana*, 35, 101-111.
- Ortiz-Solorio, C. A. & Gutiérrez-Castorena, Ma. del C. (2022). Etnoedafología mexicana: 43 años de experiencia. *Ciencia Nicolaita*, 83. <https://doi.org/10.35830/cn.vi83.567>
- Williams, B. J. & Harvey, H.R. (1997). *The Codice de Santa María Asunción: Facsimile and Commentary: Households and Lands in Sixteenth-Century Tepetlaoztoc*. Editorial Univ. Of Utah Press. Saltlake City UT.

Nota adicional del autor para correspondencia

Esta contribución representa una abstracción de la extensa investigación sobre etnoedafología que ha desarrollado el Dr. Carlos Ortiz Solorio desde 1978. No obstante, la infografía se diseñó con la intención de que la información se divulgue a un público más general. Si se desea conocer más detalladamente la historia y el alcance de estas investigaciones, se invita a consultar la literatura recomendada.



Semblanzas de autores

Carlos Alberto Ortiz-Solorio

Ingeniero Agrónomo especialista en Suelos, Universidad Autónoma de Chapingo. Maestro y Doctor en Ciencias, Posgrado en Edafología, Colegio de Postgraduados. Profesor Investigador Emérito en el Área de Génesis, Morfología y Clasificación de Suelos, Programa de Edafología, Colegio de Postgraduados. Traductor de las Claves para la Taxonomía de Suelos desde 1990 hasta su versión más reciente y la Base de Referencia Mundial del Recurso Suelo en su versión más reciente. Pionero en México en la investigación sobre cartografía, levantamiento de suelos y etnoedafología.

Ma. del Carmen Gutiérrez-Castorena

Maestra y Doctora en Ciencias, Posgrado en Edafología, Colegio de Postgraduados. Profesora Investigadora Titular en el Área de Génesis, Morfología y Clasificación de Suelos, Programa de Edafología, Colegio de Postgraduados. Traductor de las Claves para la Taxonomía de Suelos desde 1990 hasta su versión más reciente y traductora oficial de la Base de Referencia Mundial del Recurso Suelo en su versión más reciente. 27 años como docente del curso Clasificación de Suelos. Pionera en México en la investigación sobre micromorfología y microcartografía de suelos.

Eunice Galván-Díaz

Licenciada en Ciencias de la Tierra egresada de la Facultad de Ciencias, UNAM. Maestra en Ciencias, Posgrado en Edafología, Colegio de Postgraduados. Investigadora Auxiliar Asociada en el Área de Génesis, Morfología y Clasificación de Suelos del Programa de Edafología, Colegio de Postgraduados.





Brasinoesteroides: Hormonas vegetales para el crecimiento y defensa de las plantas

¿Qué son?

- Hormonas vegetales naturales de las plantas.
- Funcionan en cantidades muy pequeñas.
- Se conocen más de 50 tipos y el mas importante es el brasinólido.



Beneficios

- Favorecen el crecimiento y desarrollo.
- Ayudan a las plantas a resistir condiciones difíciles como sequía, calor, salinidad o pesticidas.
- Fortalecen las defensas contra enfermedades y plagas.
- Activan genes que preparan a la planta frente a cambios del ambiente.



Estructura química

- Están formados a partir de compuestos naturales que también tienen otras plantas.
- Su forma les permite unirse fácilmente a las células y activar procesos de crecimiento.
- Ayudan a que las membranas de las células sean más flexibles y funcionen mejor.

Funciones

- Estimulan la germinación, el enraizamiento, la floración y la maduración.
- Promueven el crecimiento de tallos y hojas.
- Trabajan junto con otras hormonas como las auxinas y giberelinas.



Aplicaciones en agricultura

- Pueden proteger cultivos y aumentar la producción.
- Se han usado en tomate, avena, maíz y otros cultivos.
- Los más usados son:
Brasinólida (BL)
24-epibrasinólida (EBL)
28-homobrasinólida (HBL)

• Hernández Silva, E., & García-Martínez, I. (2016). Brasinoesteroides en la agricultura. II. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 7(2), 451-462.

DENISS ESMERALDA ARROYOS VASQUEZ



Brassinoesteroides: Hormonas vegetales para el crecimiento y defensa de las plantas

Deniss Esmeralda Arroyos Vázquez*

Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, 31350, México.

*Autor para correspondencia: p348271@uach.mx

Literatura recomendada

- Hernández Silva, E., & García-Martínez, I. (2016). Brasinoesteroides en la agricultura. I. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 7(2), 441-450.
- Hernández Silva, E., & García-Martínez, I. (2016). Brasinoesteroides en la agricultura. II. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 7(2), 451-462.
- Núñez Vázquez, M., Reyes Guerrero, Y., Rosabal Ayán, L., & Martínez González, L. (2014). Análogos espirostánicos de brasinoesteroides y sus potencialidades de uso en la agricultura. Cultivos Tropicales, 35(2), 34-42.
- Terry, E., Núñez, M., Pino, M. D. L. A., & Medina, N. (2001). Efectividad de la combinación biofertilizantes-análogo de brasinoesteroides en la nutrición del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Cultivos tropicales, 22(2), 59-65.



Semblanzas de autores

Deniss Esmeralda Arroyos Vázquez. Es egresada de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua como Ingeniera Horticultora. Estudiante de la Maestría en Ciencias hortofrutícolas en la misma facultad. Su línea de investigación se centra en la fisiología y nutrición vegetal, particularmente en el uso de bioestimulantes para mejorar la producción y calidad en cultivos frutícolas frente al cambio climático.



Las algas: Una herramienta valiosa para una agricultura sostenible

Dana Noelia Alonso Flores
Jorge Lugo De la Fuente
Rocio Vaca Paulín
Pedro Del Aguila Juárez
Nadia De la Portilla López*

Laboratorio de Edafología y Ambiente, Facultad de Ciencias. Instituto Literario No. 100, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca 50000, México.

*Autor para correspondencia: ndelaportillal@uaemex.mx

Introducción

El mundo presenta desafíos por atender, como es la seguridad alimentaria y su sostenibilidad. La agricultura sostenible busca alternativas para producir alimentos sin comprometer el medio ambiente, a través del empleo de nuevas soluciones ecológicas. Las algas surgen como un recurso para el mejoramiento del medio edáfico y de los cultivos, así como para reducir el consumo de fertilizantes químicos que perjudican al ambiente.

Los beneficios de las algas en la agricultura incluyen mejoras en la estructura del suelo y la acción de compuestos bioactivos ayudan en el desarrollo de las raíces y optimiza la absorción de nutrientes con la presencia de fitohormonas naturales, por otra parte, aumenta la retención de agua en el suelo lo que disminuye su pérdida por lixiviación, esto también se puede observar en una mayor resistencia de las plantas frente a condiciones ambientales poco favorables, como temperaturas extremas, salinidad, y sequía.

Las algas inducen mecanismos de defensa en las plantas, haciéndolas más tolerantes a enfermedades y plagas, lo que permite reducir el uso de productos químicos como pesticidas. Esto no solo ayuda a los cultivos, sino que también beneficia a una agricultura más ecológica y sostenible, minimizando la contaminación del suelo y de los suministros de agua.





El éxito de las algas en la agricultura ha incentivado su investigación en otras áreas, como la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados y la mejora del valor nutricional de los alimentos cultivados. Su uso promueve prácticas agrícolas más sostenibles y ayuda a asegurar un aumento en la seguridad alimentaria mundial, donde se benefician productores, recolectores de algas, y agricultores que deben producir más con menos recursos. En este artículo se explorará el uso de las algas como un recurso que está transformando a la agricultura, ofreciendo una vista general sobre su uso y los beneficios que aportan al suelo y a los cultivos.

Características de las algas

Las algas son organismos que pertenecen al reino protista. Su clasificación depende mucho de su color y estructura química al igual que sus características morfológicas, ya que están divididas de acuerdo con las condiciones en las que se encuentren tales como: profundidad, luz, salinidad, accesibilidad de nutrientes, presencia de contaminantes en el agua, entre otros factores. Se caracterizan por ser organismos fotosintéticos capaces de producir oxígeno, pero no de la misma manera que lo hace una planta superior, ya que las algas poseen una estructura más simple, por ejemplo, el talo de una macroalga puede tener forma de cinta o de lámina y puede estar ramificado por lo que carecen de estructuras complejas como raíces, tallos, hojas, flores y frutos, típicos de plantas terrestres como el tomate (Figura 1).

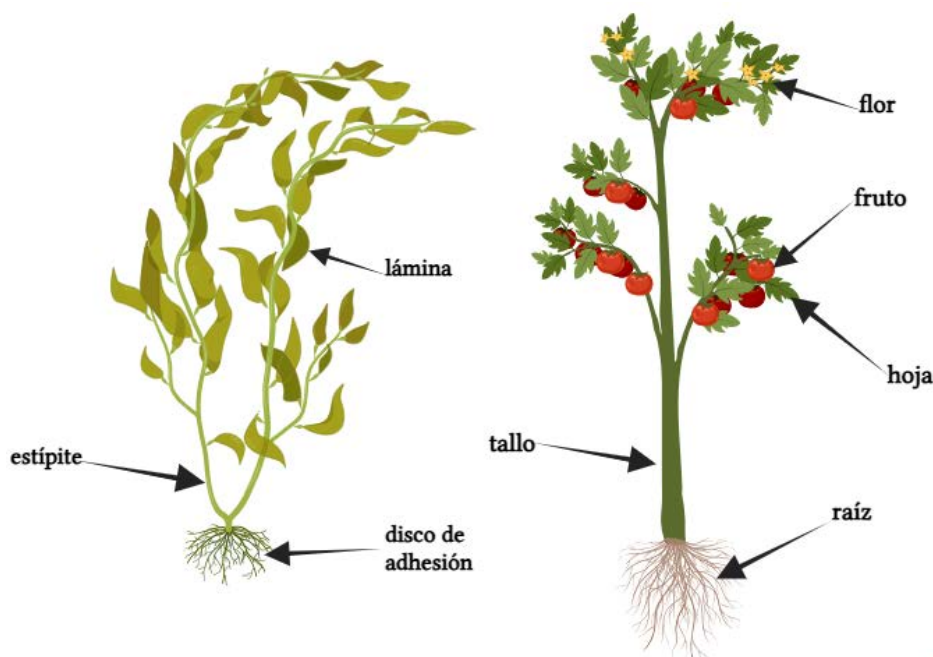


Figura 1. Morfología de una macroalga comparada con la de una planta terrestre como el tomate.



Por lo tanto, existen microalgas, cuya agrupación puede estar conformada por una única célula o bien pueden ser macroalgas caracterizadas por ser organismos más complejos pero fáciles de detectar por el ojo humano, están conformadas por algas rojas, verdes y pardas. Estos organismos pueden encontrarse en cualquier tipo de cuerpo de agua o sitios con humedad, también pueden llegar a habitar aguas termales, glaciares, rocas, y nieve. El tamaño de las microalgas varía entre micrómetros y milímetros, por lo que solo pueden observarse con un microscopio, tal es el caso de *Chlorella vulgaris* que presenta un tamaño de 2 a 10 μm . Por otro lado, las macroalgas son visibles a simple vista, ejemplo de ello es el kelp comúnmente conocido como alga gigante (*Macrocystis pyrifera*), este organismo puede llegar a alcanzar entre 20 y 40 m de altura (Figura 2).

Esta riqueza de tamaños y diversidad de algas se puede observar en México ya que presenta un extenso litoral, debido a su contacto con el mar Atlántico y Pacífico donde se encuentran ecosistemas únicos como los "bosques de kelp" en la Península de Baja California.

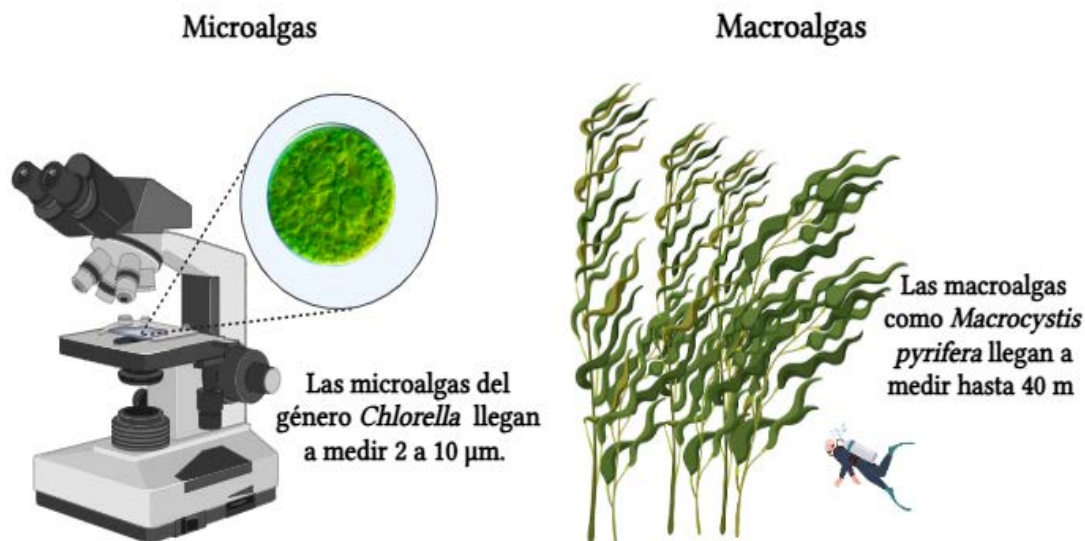


Figura 2. Diferencia de tamaño entre microalgas y macroalgas.



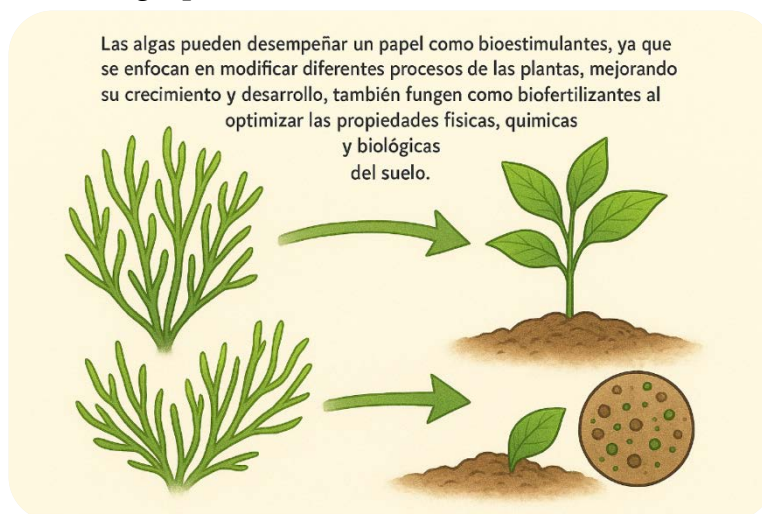
Uso y efecto de las algas para una agricultura sostenible



A lo largo de la historia, las algas han sido utilizadas en la agricultura. Sin embargo, en los últimos años, el interés por ellas se ha intensificado debido a la necesidad de buscar alternativas más ecológicas y amigables con el medio ambiente, tomando en cuenta el aumento de la demanda de productos alimenticios causado por el incremento poblacional. Es importante mencionar que México presenta una gran diversidad de algas, debido a sus diferentes tipos de ambientes marinos. Muchos de estos organismos tienen propiedades y cualidades de interés agrícola, tal es el caso de *M. pyrifera*, esta alga se utiliza como biofertilizante de sales de potasio; actualmente se comercializa como extracto de alga junto con *Gelidium robustum* ambas se ocupan para el crecimiento vegetal. Algas como *Sargassum* spp., *Laminaria* spp. y *Ascophyllum nodosum* se han utilizado como bioestimulantes y biofertilizantes en cultivos como tomate, gerbera, maíz, frijol, y otros.

Considerando lo anterior, las algas se han revelado como una fuente importante de sustancias bioactivas que tienen múltiples usos en la agricultura sostenible. De ellas se pueden obtener productos que sirven como mejoradores del suelo, agentes fitosanitarios naturales, y compuestos con actividad hormonal o antimicrobiana. Estas aplicaciones contribuyen a potenciar el rendimiento de las cosechas, disminuir la necesidad de productos químicos y promover métodos agrícolas más sostenibles ya que ayudan a la producción de alimentos sin dañar el suelo ni perjudicar a los recursos naturales y su biodiversidad, buscando el equilibrio entre lo ambiental y lo económico, para favorecer al sector agropecuario.

Los productos derivados de algas se caracterizan por estimular a los microorganismos del suelo, favorecer el desarrollo, el crecimiento de las raíces, la aparición de nuevos brotes, incrementar la fructificación, y reducir la caída de la fruta. Además, mejoran el contenido nutricional de frutas y verduras, sus efectos suelen prolongarse durante un periodo largo, reduciendo el estrés causado por condiciones climáticas adversas.





¿Se considera a las algas como biofertilizantes o bioestimulantes?

Las algas pueden desempeñar un papel como bioestimulantes, ya que se enfocan en influir sobre la fisiología de las plantas, favoreciendo el crecimiento, el rendimiento y la calidad de los cultivos. Además, mejoran la absorción de nutrientes, aumentan la resistencia al estrés abiótico debido a sus compuestos bioactivos que prolongan la vida útil de los productos cosechados, ya que su objetivo es estimular el metabolismo de la planta para la absorción de nutrientes (Figura 3).

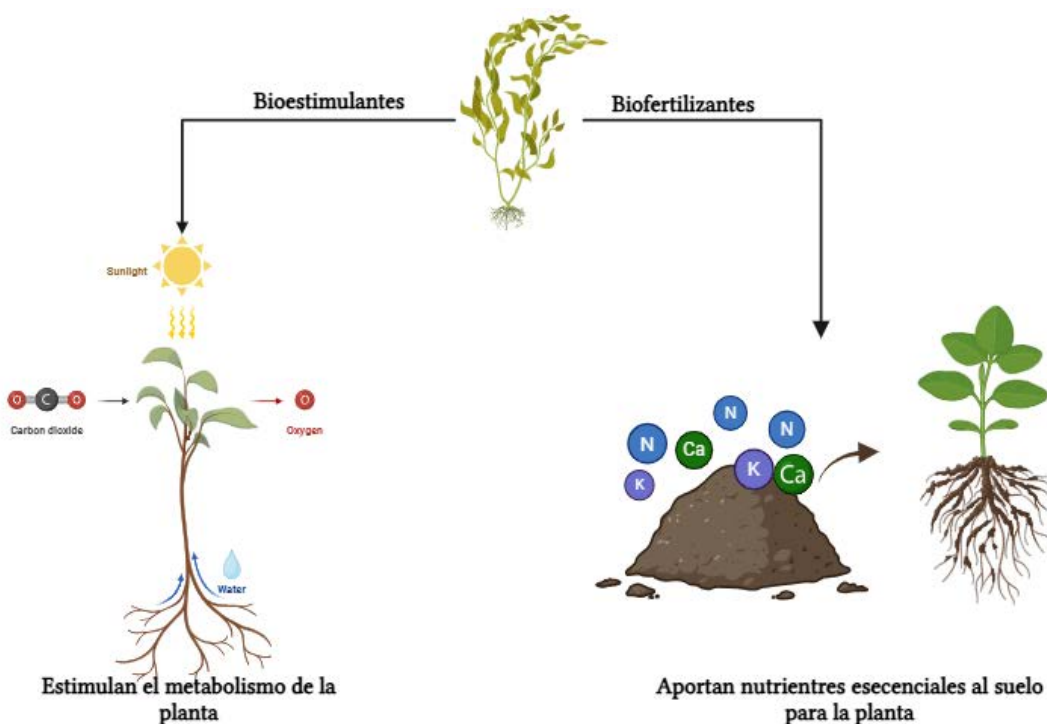


Figura 3: Desempeño de las algas como bioestimulantes y biofertilizantes.

Por otro lado, los biofertilizantes elaborados a partir de algas contribuyen al enriquecimiento del suelo, al optimizar sus propiedades químicas y biológicas, estimulando el desarrollo vegetal y ayudando a conservar los nutrientes en el suelo evitando su pérdida, lo cual permite que siga siendo productivo. En este contexto, las algas aportan nutrientes esenciales como el nitrógeno (N), fósforo (P) y calcio (Ca) que son ocupados y aprovechados por los microorganismos del suelo, por ejemplo, como bacterias, hongos y arqueas que permiten la absorción de nutrientes hacia la planta.



Productos de algas y formas de aplicación

Algunos productos de las algas son los extractos líquidos, mayormente obtenidos por macroalgas pardas como es el caso de *M. pyrifera* y *Sargassum* spp., o bien algas rojas como *G. robustum*. Otro de los productos son las harinas derivadas de *A. nodosum*. Entre sus diferentes formas de aplicación destacan: imbibición a la semilla, aspersión foliar, directamente al suelo, como tratamiento post-cosecha o a través de las combinaciones de estos métodos, siendo la aspersión foliar la más utilizada (Figura 4).



Si las algas son aplicadas al medio edáfico, mejoran la asimilación de nutrientes al favorecer la retención de agua y promover la actividad microbiológica del suelo, además evitan la pérdida de nutrientes por lixiviación. Por vía foliar promueven la fotosíntesis, la producción de fitohormonas y al igual que los procesos metabólicos favorecen la brotación y desarrollo vegetal. Además, las algas al contener hormonas naturales como las citocininas y auxinas, estimulan el crecimiento de hojas, flores y frutos.

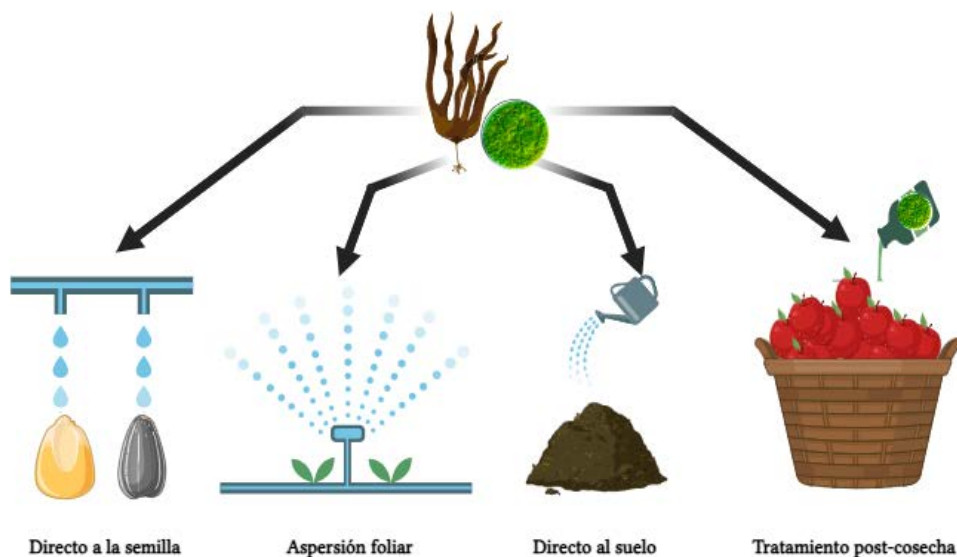


Figura 4. Formas de aplicación de las microalgas y macroalgas.

Otra de las características de las algas como bioestimulantes es que se requiere de muy poco producto para tener resultados visibles, ya que se han utilizado hasta proporciones de 1:1000. La utilización de los productos a base de algas se debe en gran medida a la obtención de resultados favorables sin riesgo de ser considerados no biodegradables, tóxicos ni dañinos para la salud animal y humana.



¿Qué aporta cada grupo de algas a las plantas y cuáles son sus efectos principales?

El efecto de la aplicación de algas a cultivos es casi inmediato al mostrar mayor éxito en la germinación de las semillas, emergencia de las plantas, hasta el desarrollo y maduración de los frutos. Estos beneficios se han observado en cultivos como la lechuga, tomate, espinaca y frijol, reflejándose en un mayor crecimiento, rendimiento y calidad del producto. Algunas especies de macro y microalgas provocan una mejor resistencia en las plantas contra enfermedades causadas por hongos y bacterias, de igual forma controlan plagas como pulgones y ácaros, además de tener una función de herbicidas naturales. Las algas aportan todos los beneficios anteriores debido a su composición, ya que contienen una gran variedad de sustancias como polisacáridos, lípidos, aminoácidos, citoquininas, auxinas, giberelinas, y otros nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas o cultivos. Sin embargo, es necesario entender que cada alga tiene un compuesto diferente más no único. Las algas pardas *Ecklonia maxima* y *A. nodosum* son las más utilizadas en la agricultura debido a que presentan compuestos como alginatos y florotaninos, los cuales mejoran la resistencia de los cultivos en situación de estrés como son la sequía y aumentan la vida útil de los productos como las verduras o frutas (Figura 5).

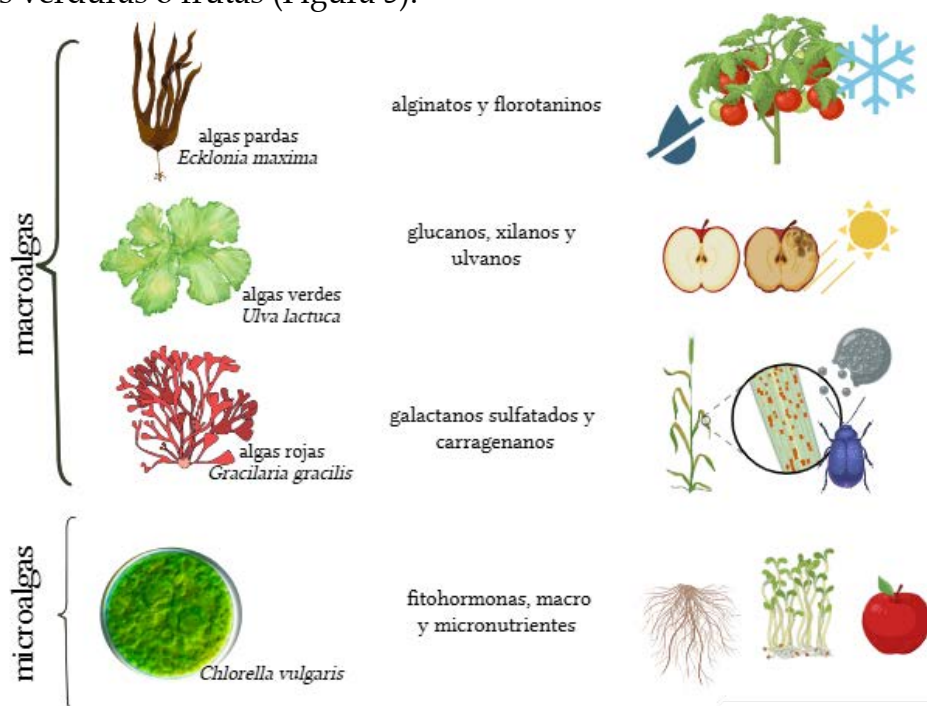
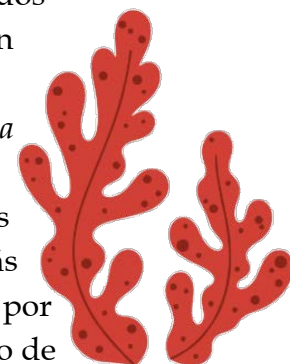


Figura 5. Compuestos aportados por microalgas y macroalgas.



Las algas rojas muestran un aumento en la concentración de galactanos sulfatados y carragenanos, estos promueven una mayor síntesis antioxidantes y protección contra el exceso de luz, ejemplo de estos organismos son *Gracilaria gracilis* y *Asparagopsis armata*. Los principales componentes de las algas verdes como *Ulva* spp. son glucanos, xilanos y ulvanos éstos aportan una mejor resistencia a enfermedades por bacterias u hongos, durante todo el desarrollo de los cultivos (Figura 5). Para el caso de las microalgas, estas han sido uno de los recursos más explorados principalmente por sus fitohormonas, además de estar compuestas por macro y micronutrientes, como es el N, P y K, capaces de mejorar el crecimiento de las plantas, la maduración de semillas y el desarrollo de flores. Algunas de las algas utilizadas en cultivos son *Acutodesmus dimorphus* y, *C. vulgaris*, estos ejemplares se han usado en chile, berenjena, papa, y trigo (Figura 5).



Conclusión

El interés por las algas, ha incrementado a través del tiempo en diversas áreas, siendo la agricultura una de las más destacables. Esto se debe a que estos organismos tienen compuestos bioactivos; además aportan macronutrientes y micronutrientes esenciales para favorecer el crecimiento de los cultivos y mejorar la calidad del suelo. Su uso ofrece alternativas que no perjudican a los recursos naturales y al ambiente. México presenta una rica diversidad en algas debido a su extenso litoral; estos organismos pueden ser utilizados para desarrollar nuevos productos agrícolas y prácticas más sustentables, lo que abre nuevas oportunidades a los sectores ambiental y económico.

México, presenta una gran diversidad de algas, debido a sus diferentes tipos de ambientes marinos, muchos de estos organismos tienen propiedades y cualidades de interés agrícola



Literatura recomendada

Espinosa-Antón, A. A., Hernández-Herrera, R. M., & González, M. G. (2020). Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas.

Biotecnología Vegetal, 20(4), 257-282. <http://scielo.sld.cu/pdf/bvg/v20n4/2074-8647-bvg-20-04-257.pdf>

López-Padrón, I., Martínez-González, L., Pérez-Domínguez, G., Reyes-Guerrero, Y., Núñez-Vázquez, M., & Cabrera-Rodríguez, J. A. (2020). Las algas y sus usos en la agricultura. Una visión actualizada. *Cultivos Tropicales*, 41(2).

Mughunth, R. J., Velmurugan, S., Mohanalakshmi, M., & Vanitha, K. (2024). A review of seaweed extract's potential as a biostimulant to enhance growth and mitigate stress in horticulture crops. *Scientia Horticulturae*, 334, 113312.

<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113312>

Semblanza de los autores

Dana Noelia Alonso Flores. Egresada de la Licenciatura en Biología por la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de México. Su formación académica se ha centrado en la línea de investigación sobre restauración y conservación de suelos erosionados, así como en el estudio de bioestimulantes a base de algas.

Jorge Lugo de la Fuente. Biólogo, maestro y doctorado en ciencias, UNAM. Profesor tiempo completo UAEMéx (1987). Profesor Prodep (2002). Miembro SNI (2007). Líder del cuerpo académico consolidado "Edafología y Ambiente" (2008). Investigación en curso sobre bioquímica y materia orgánica de suelos, y adición de bioestimulantes.

Rocio Vaca Paulín. Se graduó como bióloga en la UAEMex, tiene doctorado en Ciencias de la Tierra por parte de la UNAM, cuenta con perfil PRODEP y reconocimiento SNII. Su trabajo de investigación está enfocado en el manejo sustentable del suelo y su desempeño docente es en la estadística y el ambiente.

Pedro del Aguila Juárez. Profesionista en el área de Edafología y Ambiente. Ha trabajado en la UAEMex, impartiendo clases en la licenciatura de Biología, dirigiendo tesis de licenciatura, maestría y de doctorado así como proyectos de investigación sobre suelos-residuos sólidos. Su labor incluye la formación de profesionales y la divulgación científica.

Nadia de la Portilla López. Bióloga. Maestra y Doctora en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (UAEMéx). Miembro del Sistema Nacional de investigadores (2021). Su línea de investigación se basa en las propiedades físicas, químicas y bioquímicas de suelos bajo diferentes usos y manejos acondicionados con distintas fuentes de materia orgánica.





El plátano: más que una fruta “snack”, ¡es un poderoso aliado en el bienestar de la salud!

Deibi Candelario Morales Cruz¹
Hortensia Brito-Vega^{1*}
Edmundo Gómez-Méndez¹

¹División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Km. 25. Carretera Villahermosa-Teapa. Tel. (993) 3581500 Ext. 6602, 3581585 y 390 27 74. Centro, Tabasco, México.

*Autor de correspondencia email: hortensia.brito@ujat.mx

Introducción

El plátano (*Musa acuminata*/*Musa balbisiana*) es reconocido a nivel global como uno de los cultivos más relevantes en la alimentación humana y se ubica en el cuarto puesto en términos de importancia, solo después del arroz, el trigo y la leche. Este fruto se cultiva de manera extensiva en regiones tropicales, destaca por su sabor dulce, su elevado valor nutricional y su disponibilidad continua a lo largo del año, por ello es una importante fuente de alimento en áreas rurales de casi todos los países tropicales y subtropicales (Castellón Muller et al., 2017).





Su origen es el sudeste asiático con centros secundarios de diversidad en África central (subgrupo *Plantain*) y en las zonas altas de África (subgrupo *Lujugira*), donde se difundió a otros continentes como resultado de las expediciones realizadas por los exploradores españoles y portugueses en el siglo XVI. El plátano pertenece al género *Musa*, que engloba más de 1000 variedades distribuidas en cuatro secciones: *Australimusa*, *Callimusa*, *Rhodochlamys* y *Eumusa* (Fernandez et al., 2021). En México según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2024), la producción de plátano fue de 1,148,792.062 toneladas, cultivadas en una superficie de 47,481.88 hectáreas distribuidas en 16 estados del país de temporal. Las bananas de postre, reconocidas por su sabor dulce en la madurez y su consumo en fresco, corresponden a la especie *Musa sapientium*, mientras que los plátanos con alto contenido de almidón, que requieren un proceso de cocción previos para su consumo, pertenecen al grupo de *Musa paradisiaca* (Robinson y Galan, 2012). El empleo postcosecha del plátano incluye su uso como alimento funcional con prebióticos, probióticos, nutraceuticos y procesamiento en productos con valor agregado (Rivera-Quixchan et al., 2018).

Un snack o botana la fruta del plátano

De esta manera, un snack o botana se define generalmente como una porción pequeña o reducida de alimentos que, a diferencia de una comida completa, se consume fuera de los horarios de las comidas principales. Su objetivo es satisfacer temporalmente el hambre, sirviendo como aperitivo. Estos alimentos se distinguen de las comidas habituales por su perfil nutricional, el tiempo de consumo y la frecuencia con la que se ingieren, proporcionando una cantidad limitada de energía al organismo (Hernández & Koelliker, 2021).



Figura 1. El plátano como un snack salado (a) y dulces rellenos (b).



Estos se clasifican de acuerdo con su materia prima. Hay snacks salados y dulces para conferirles sabor, otras características sensoriales (Figura 1), y otros snacks nutritivos debido a que aportan un valor nutricional al consumidor, existen naturales, las cuales no son tratadas con agentes o sustancias ajenas a la botana y no han sufrido transformaciones químicas y, por último, snacks combinados, las cuales poseen características de las diferentes materias primas utilizadas (Medina-Pérez et al., 2024).

En cuanto a los productos derivados del plátano sometidos a fritura por inmersión, se destacan las tajadas de plátano, que consiste en porciones longitudinales de plátano maduro fritas en aceite vegetal; por otro lado, están los patacones (Figura 1), que son pedazos de plátano verde previamente fritos y luego prensados para una fritura final, por último, están los snacks, que corresponden a rebanadas finas transversales de plátano verde (Figura 2), (Martínez Pantoja et al., 2022).



Figura 2. Patacones de plátano verde.



Figura 3. Rebanadas de plátano verde.

En la actualidad, las personas muestran un creciente interés por los snacks saludables, no solo como una opción para satisfacer el hambre, sino también por su capacidad para proporcionar beneficios nutricionales. En este contexto, el plátano se posiciona como una alternativa destacada para la elaboración de snacks tanto nutritivos como sabrosos.



La composición nutricional del plátano

La composición nutricional, incluida la composición proximal, la fibra dietética, las vitaminas y los minerales del plátano y sus subproductos, se ilustran en el cuadro 1. La composición de los alimentos como las frutas tiende a variar de acuerdo con el suelo, clima, variedad de plátano y etapa de maduración (Falcomer et al., 2019). La composición nutricional del plátano varía según su etapa de madurez, especialmente en lo que respecta al contenido de azúcares y carbohidratos. En la fase verde (inmadurez), los plátanos presentan un alto contenido de almidón y una cantidad relativamente baja de azúcar. Sin embargo, a medida que el plátano madura (madurez de consumo), el contenido de azúcar aumenta considerablemente, mientras que el almidón disminuye (Evans et al., 2020).

Cuadro 1. Composición nutricional del plátano.

Componentes	Pulpa del plátano	Cáscara de plátano	Hojas de plátano	Pseudotallo de plátano	Flores de plátano
Composición aproximada (%)					
Humedad	77.19	8.28	66	5.0-8.9	90.01-90.23
Proteína	0.3	4.77	14.98	2.2-5.0	1.99-1.43
Ceniza	0.1	15.30	10.37	1.8-7.8	3.21-2.42
Grasa	NA	13.15	21	NA	0.43-0.54
Carbohidratos	22.12	9.4	60-71	20.5-38.8	95.23-95.61
Minerales (mg/100g)					
Potasio	308-426	4.39	3.8	10.63	553.3
Fósforo	15-29	211.3	1.8	2.09	NA
Calcio	4-7	59.1	1.2	4.01	56.0
Cobre	0.025-0.186	0.51	0.00797	0.02	NA
Zinc	0.11-0.24	0.033	0.0322	16.60	NA
Hierro	0.19-0.41	47	0.2778	30.65	56.17
Manganeso	0.116-0.829	0.702	0.2566	27.86	NA
Vitaminas (mg)					
Vit. A	NA	3.21	NA	NA	NA
Vit. B1	0.062	1.79	NA	0.15	NA
Vit. B2	0.072	NA	NA	0.08	NA
Vit. B3	0.0672	NA	NA	0.73	NA
Vit. B6	0.0242	2.93	NA	0.33	NA
Vit. C	18.4	NA	NA	NA	NA
Vit. E	NA	1.03	NA	NA	NA



El plátano se destaca como una fuente relevante de compuestos beneficiosos para la salud, tales como almidón resistente, fibra dietética, inulina y fructooligosacáridos (Rivera-Quixchan et al., 2018). En la salud, el consumo a base de plátano verde está relacionados con la mejora de trastornos gastrointestinales (Figura 4), así como con efectos positivos sobre el metabolismo glucémico/insulina, el control del peso corporal y la reducción de complicaciones renales y hepáticas asociadas a la diabetes (Falcomer et al., 2019).

El plátano es una de las frutas más accesibles y consumidas a nivel mundial, y desempeña un papel crucial en la salud, debido a su composición tanto farmacológica y nutricional. En particular, los compuestos bioactivos presentes en la pulpa del plátano, como los flavonoides y los ácidos fenólicos, poseen una notable actividad antioxidante y propiedades antitumorales (Afzal et al., 2022). Además, los plátanos contienen otros componentes como los oligosacáridos (fructooligosacáridos y la inulina), polifenoles, catequinas, epicatequinas, epigallocatequinas y ácido gálico. Estos compuestos han mostrado propiedades benéficas en la prevención de contracciones musculares (calambres), regulación de la presión arterial, prevención del cáncer de colon y control de la diabetes. Los plátanos son fuentes significativas de potasio y contiene tanto almidón de digestión rápida como almidón resistente (Rivera-Quixchan et al., 2018).



Figura 4. El plátano verde para una botana.



El almidón resistente (RS) es una fracción de almidón que no se hidroliza en el tracto digestivo, sino que es fermentado por la microbiota intestinal en el colon, actuando de manera similar a las fibras dietéticas, lo que contribuye a efectos positivos sobre la salud digestiva (Córdoba et al., 2018).

Beneficios del plátano como fruta



La fruta del plátano se puede consumir como harina de plátano y presenta diversas propiedades beneficiosas debido a su composición nutricional, que incluye un índice glucémico bajo, una notable concentración de minerales y algunas vitaminas. Por esta razón, se considera un suplemento alimenticio valioso, porque ofrece una serie de beneficios para la salud. Por ello, cuando se consume de forma adecuada y equilibrada, puede contribuir a mejorar aspectos clave de salud, tales como la pérdida de peso, el control de los niveles de azúcar en sangre y la promoción de un tránsito intestinal saludable (José et al., 2022).

Es un alimento sencillo, pero de gran valor, va más allá de ser un simple snack. Gracias a su versatilidad en la producción a través de su transformación en productos como chips, barritas, tostones, harina y purés, el plátano se ha consolidado como un aliado importante en la alimentación moderna, especialmente en el contexto de la creciente demanda de opciones de snacks saludables. La composición de su perfil nutricional y versatilidad, el plátano es una excelente opción para aquellos que buscan mejorar su dieta de manera práctica y deliciosa.

El consumo de snacks derivados del plátano ofrece no solo un rápido aporte energético, sino que también proporciona beneficios digestivos y cardiovasculares. Por lo tanto, el plátano no debe ser subestimado en su papel dentro de la dieta humana y debe ser reconocido por su aporte nutricional, más allá de su conveniencia y sabor, representa un componente nutricional en una dieta balanceada, contribuyendo de manera significativa a una alimentación saludable.



Conclusiones

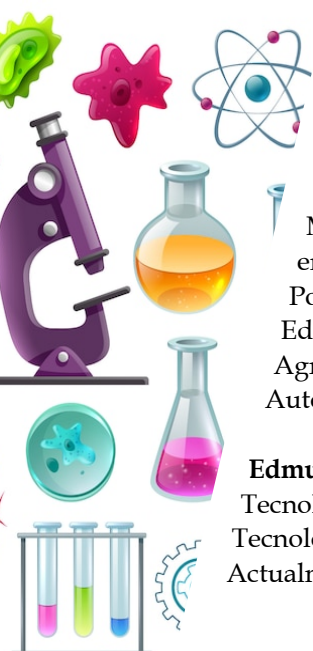
El plátano es un fruto que se cultiva de manera extensiva en regiones tropicales y subtropicales, En la postcosecha el plátano se usa como alimento funcional con prebióticos, probióticos, nutraceuticos y procesamiento en productos con valor agregado. El consumo a base de plátano verde como botana salada o dulce puede estar relacionados con la mejora de trastornos gastrointestinales, combinado con su versatilidad, hace del plátano una excelente opción para las personas que buscan mejorar su dieta de manera práctica, sana y deliciosa.

Literatura recomendada

- Falcomer, A. L., Riquette, R. F. R., De Lima, B. R., Ginani, V. C., & Zandonadi, R. P. (2019). Health benefits of green banana consumption: A systematic review. *Nutrients* 11(6), 12221 <https://doi.org/10.3390/nu11061222>.
- Rivera-Quixchan, J. M., González-Cortés, N., García-Zarracino, R., & Jiménez-Vera, R. (2018). Componentes prebióticos del plátano: fibra dietética y almidón resistente. Disponible en: www.reibci.org
- Rojas-Hernández, M., & Morales- Koelliker, D. (2021). Capacidad saciante y tamaño de porción para comida y snack en universitarios mexicanos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 70(3), 178–85. <https://doi.org/10.37527/2020.70.3.003>.



Semblanzas de autores



Deibi Candelario Morales Cruz. Ing. Bioquím. Estudió la licenciatura en Ingeniería Bioquímica con especialidad en Procesos Alimentarios en el Tecnológico Nacional de México, campus Región Sierra. Actualmente es estudiante de la maestría en Ciencias Agroalimentarias en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Hortensia Brito-Vega. Ingeniera Agrónoma por la Universidad Autónoma de Estado de México, Maestra en Ciencias en Edafología en la línea de Microbiología molecular, Doctora en Ciencias en Edafología en la línea de Microbiología y biología molecular agrícola, Postdoctorado en la ecología de la rizosfera, Profesora-Investigadora para el Programa Educativo de Ingeniería en Agronomía y Posgrado en la Maestría en Ciencias Agroalimentarias, de la División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Edmundo Gómez-Méndez. Ingeniero en Sistemas de Producción Agrícola por el Instituto Tecnológico Agropecuario, Tabasco. M en C. En Productividad Agrícola por El Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca. Dr. en Edafología con orientación en Nutrición Vegetal. Actualmente Profesor Investigador asociado en la DACA-UJAT.



Mejorando el suelo con nopal: usos y beneficios agroambientales

Diana Marcela Torres-Madrid
Luisa Patricia Uranga-Valencia*
Luis Ubaldo Castruita-Esparza
Marina Imelda Terrazas-Gómez
Sandra Pérez-Álvarez

Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua. Campus Delicias. Km. 2.5 Carretera a Delicias-Rosales. Apdo. Postal 258 Delicias, Chih., 33000.

*Autor para correspondencia: luranga@uach.mx

El nopal puede transformar el campo árido de Chihuahua, resiste la sequía, mejora el contenido de materia orgánica, favorece la fertilidad del suelo y ayuda a recuperar tierras degradadas. Este cultivo representa una alternativa sustentable para enfrentar el cambio climático y fortalecer la seguridad alimentaria en regiones áridas.

Introducción

En la región centro-sur del estado de Chihuahua, la sequía ha provocado una disminución significativa en las precipitaciones, que actualmente se ubica en niveles inferiores a la mitad del promedio histórico anual. Datos del Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) registran una tendencia decreciente en las lluvias, que han disminuido aproximadamente un 5% durante los últimos 25 años, pasando a promedios anuales que han descendido de poco más de 303 a menos de 288 milímetros. Esta situación ha generado impactos severos en la agricultura y la ganadería local, comprometiendo la estabilidad de los sistemas productivos tradicionales.

Para enfrentar la crisis hídrica, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y la Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA) han promovido el cultivo de nopal como una alternativa viable. Esta cactácea, adaptada a la sequía, no solo provee alimento para la dieta humana y el ganado, sino que también contribuye a la recuperación y transformación del suelo al aumentar la materia orgánica, lo cual permite la mejora de su estructura, el incremento de la capacidad para retener agua y nutrientes, y ayuda a equilibrar el pH, creando un ambiente favorable para otros cultivos.

El nopal mejora la estructura del suelo al aumentar la materia orgánica y favorecer la retención de agua y nutrientes.



Gracias a estas características, el nopal se ha convertido en una herramienta clave para recuperar tierras degradadas y fortalecer la producción agropecuaria frente al cambio climático.

El nopal como herramienta para la recuperación del suelo.

El nopal, planta emblemática de las zonas áridas y semiáridas de México, sobresale no solo por su adaptabilidad a condiciones extremas, sino también por su capacidad para mejorar la calidad del suelo. En regiones como el centro-sur de Chihuahua, donde la degradación del suelo y la escasez del agua limitan la productividad agrícola, el cultivo del nopal se posiciona como una alternativa sostenible y efectiva para rehabilitar suelos degradados y afectados por procesos de erosión, desertificación y pérdida de nutrientes (Figura 1).

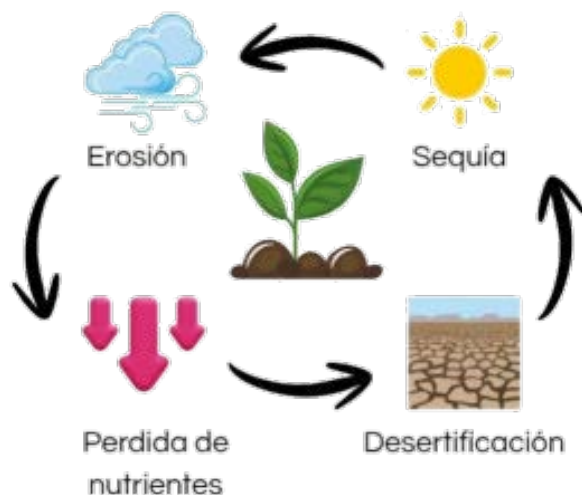


Figura 1. Degradación del suelo

Históricamente, esta planta ha sido utilizada por las comunidades rurales como alimento humano y forraje, además de su valor ambiental como recurso que contribuye a la regeneración del entorno. Su habilidad para desarrollarse en suelos pobres y resistir largos períodos de sequía la convierten en un aliado estratégico para enfrentar los retos que impone el cambio climático en la agricultura regional.

Aumento de la materia orgánica y mejora estructural del suelo.

Una de las principales formas en que el nopal contribuye al mejoramiento del suelo es a través del aumento de la materia orgánica. Una comparación de análisis de suelo realizada en una pequeña parcela experimental con antecedentes de abandono en Delicias, Chihuahua, expuso que, en un intervalo de seis meses mediante la plantación de nopal, la materia orgánica del suelo aumentó de 0.58% a 2.26%, representando un incremento de 1.78%. Esto se debe a que los residuos vegetales que produce como el conjunto de raíces, hierbas que crecen de manera espontánea y pencas caídas, se descomponen gradualmente, enriqueciendo el terreno con carbono orgánico y nutrientes esenciales. Este proceso resulta fundamental dado que la materia orgánica constituye de forma significativa la fertilidad del suelo como indicador clave para la calidad de este (Figura 2).



El incremento de la materia orgánica mejora la estructura física del suelo, favoreciendo la formación de agregados estables que aumentan la porosidad, lo que permite una mejor circulación del aire y mayor capacidad para retener agua y nutrientes, factores críticos en zonas con disponibilidad hídrica limitada. Además, un suelo con buena estructura es menos susceptible a la compactación y a la erosión, problemas comunes en suelos degradados.



Figura 2. Beneficios del nopal para el suelo.

El aumento de la materia orgánica también estimula la actividad biológica del suelo; los microorganismos benéficos como bacterias y hongos micorrícicos se alimentan de los compuestos orgánicos y, a su vez, participan en un proceso de simbiosis donde la descomposición y mineralización de la materia liberan nutrientes que las plantas pueden absorber. Esta actividad microbiana y micorrícica es esencial para mantener un ciclo de nutrientes saludable.

Adicionalmente, la materia orgánica mejora la movilidad y disponibilidad de los nutrientes. Por ejemplo, el nitrógeno, uno de los elementos más demandados por las plantas, se encuentra en forma orgánica y es liberado lentamente mediante la actividad microbiana y micorrícica en formas asimilables, como nitratos y amonio. Esto, favorece el suministro constante y reduce las pérdidas por volatilización o lavado.

Uno de los efectos más importantes es el aumento de la capacidad de intercambio catiónico (CIC), que permite retener cationes como potasio (K^{+1}), calcio (Ca^{+2}) y magnesio (Mg^{+2}). Al aumentar la CIC, el suelo puede almacenar y liberar estos nutrientes de forma gradual, asegurando que estén disponibles para las raíces cuando las plantas los demanden. El fósforo (P^{-3}), generalmente poco soluble en suelos áridos, también se vuelve más disponible gracias a la acción de la materia orgánica, que evita su fijación.



En suelos áridos, el cultivo de nopal estabiliza el pH y mejora la disponibilidad de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y micronutrientes.

Por otro lado, la materia orgánica también influye en la disponibilidad de micronutrientes y otros elementos aprovechables; así se observó en la comparación de análisis de suelo previamente mencionada, en donde se determinó que los nitratos (NO_3^{-1}) pasaron de 2.03 a 32 miligramos por kilogramo ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), con un incremento de 29.97 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. El hierro (Fe^{+2}) aumentó de 0.36 a 1.2 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, es decir, 0.84 unidades más. El zinc (Zn^{+2}) se elevó de 0.24 a 0.36 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (mejora de 0.12). El cobre (Cu^{+2}) permaneció sin variaciones, con 0.21 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ en ambos análisis. El manganeso (Mn^{+2}) pasó de 1.02 a 2.36

$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, representando un incremento de 1.34 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Todos estos elementos que, aunque se requieren en menores cantidades, son fundamentales para procesos metabólicos y enzimáticos, en caso de no contar con alguno de ellos no pueden ser reemplazados por otros y son esenciales para que la planta pueda completar su ciclo.

La presencia de compuestos orgánicos favorece la quelación (unión a un ion metálico formando un complejo estable) de los micronutrientes, evitando la precipitación y facilitando su absorción radicular, evitando que se pierdan por ser arrastrados hacia capas más profundas por el agua y por ende siendo más complicado de alcanzar por las raíces de las plantas.

Equilibrio del pH y disponibilidad de nutrientes

Los suelos áridos del centro-sur de Chihuahua suelen presentar desequilibrios en su pH, lo que dificulta que las plantas absorban los nutrientes que necesitan. El cultivo del nopal ayuda a estabilizar este parámetro, acercándolo a intervalos más adecuados para el desarrollo vegetal, lo que favorece la disponibilidad y absorción de nutrientes esenciales.

En la parcela de ciudad Delicias, el pH aumentó de 6.85 a 8.12, probablemente debido a la acumulación de cationes alcalinos. El potasio (K^{+1}) pasó de 854 a 1250 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ incrementando 396, mientras que el magnesio (Mg^{+2}) se elevó de 0.23 a 2.88 miliequivalentes por litro ($\text{meq} \cdot \text{L}^{-1}$), dado a que existe una relación entre la concentración de estos elementos y la alcalinidad del suelo, se puede decir que a mayor presencia de potasio (K^{+1}) y magnesio (Mg^{+2}), se asocia un pH más elevado, dando lugar a suelos alcalinos, los cuales pueden generar un entorno edáfico favorable para el establecimiento y desarrollo de diversos cultivos.

Gracias a su resistencia a la sequía, el nopal es una alternativa sustentable para restaurar tierras degradadas en regiones como el centro-sur de Chihuahua.



Adaptación y resistencia en suelos degradados

Una de las cualidades más sobresalientes del nopal es su capacidad para crecer en suelos con alta salinidad, baja fertilidad y otras condiciones adversas, comunes en suelos degradados por el sobrepastoreo, la erosión, las malas prácticas de riego o la agricultura intensiva. Gracias a su sistema radicular y a un metabolismo eficiente, la planta logra extraer agua y nutrientes aún en ambientes difíciles, lo que contribuye a estabilizar el suelo y prevenir su pérdida. Además, el cultivo de nopal ayuda a detener la degradación progresiva del suelo, ya que reduce la erosión causada por el viento y la lluvia, protege la superficie y mejora la infiltración de agua. En conjunto, actúa como un agente natural de conservación y restauración, capaz de recuperar áreas abandonadas o dañadas (Figura 3).



Figura 3. Ciclo del nopal en la producción agrícola



Beneficios socioeconómicos y ambientales

Más allá de sus beneficios agronómicos y como un producto forestal no maderable, el nopal ofrece importantes ventajas socioeconómicas para las comunidades

La presencia del nopal estimula la actividad microbiana del suelo, esencial para mantener un ciclo de nutrientes saludable.

rurales del centro-sur de Chihuahua, por ejemplo su cultivo proporciona alimento nutritivo para el ganado, especialmente en épocas de sequía cuando otros forrajes escasean; es un recurso alimenticio para las personas, con múltiples usos culinarios y medicinales que forman parte de la cultura local, estatal y nacional, el desarrollo de este cultivo puede generar ingresos adicionales para los productores a través de la venta de productos frescos, procesados o derivados, fomentando la economía local y la sustentabilidad. Además, al

promover prácticas agrícolas más amigables con el medio ambiente en una bioeconomía circular, el nopal contribuye a conservar la biodiversidad y a reducir la presión sobre los ecosistemas naturales asegurando recursos para futuras generaciones.

Los retos del cultivo de nopal en una región como la centro-sur de Chihuahua

Uno de los principales retos es la falta de capacitación y asistencia técnica para los productores locales, a esto se suman limitaciones en recursos y desconocimiento de problemas fitosanitarios que afectan la producción. También, existe resistencia al cambio y adopción de cultivos alternativos, así como poca organización entre los agricultores, lo que dificulta el uso de nuevas técnicas y el acceso a mejores mercados. La transformación agroindustrial y la comercialización son otros desafíos debido a bajos precios y fuerte intermediación para su comercio, mientras que la escasa promoción del valor del nopal en la región limita su demanda. Finalmente, la falta de planeación productiva, desconocimiento de variedades adaptadas y eventos climáticos extremos como heladas, afectan la eficiencia y sostenibilidad del cultivo en la región.

Más allá de sus beneficios agronómicos, el nopal genera oportunidades económicas al fortalecer la producción rural y fomentar la economía local.





Conclusión

El cultivo del nopal representa una solución natural, sostenible y accesible para la recuperación de suelos degradados en el centro-sur de Chihuahua y el norte de México, regiones afectadas por la sequía y la escasez de agua. Su capacidad para mejorar la fertilidad, equilibrar el pH y adaptarse a condiciones adversas lo convierte en un aliado para la producción agrícola y la seguridad alimentaria. No obstante, para aprovechar plenamente su potencial, se requiere capacitación, recursos, manejo fitosanitario adecuado y mejores estrategias de comercialización. Impulsar el trabajo conjunto entre productores, instituciones y autoridades permitirá consolidar este cultivo como una herramienta de desarrollo rural sostenible, clave para comunidades resilientes y ecosistemas áridos más saludables.

Literatura recomendada

FAO. (2018). Ecología del Cultivo, Manejo y Usos del Nopal. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/73ea486f-87b1-4a97-ba94-ebfc89ed528a/content>

Ortiz-Torres, C., Gómez-Díaz, J., Domínguez-Álvarez, F., y Villanueva-Morales, A. (2018). Influencia de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh y *Opuntia ficus-indica* L. Mill en las propiedades físicas y químicas del suelo. *Terra Latinoamericana*, 36(3), 275-285.

<https://doi.org/10.28940/terra.v36i3.199>

SADER. (12 de junio de 2022). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Plantación de nopal forrajero, una opción más para luchar contra la sequía:

<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/plantacion-de-nopal-forrajero-una-opcion-mas-para-luchar-contra-la-sequia>

Semblanzas de autores

Diana Marcela Torres Madrid. Estudiante de posgrado en Agronegocios. Su línea de trabajo se centra en la recuperación de suelos sobreexplotados por la ganadería extensiva. Investiga alternativas forrajeras de origen nativo en zonas áridas, como el nopal, para restaurar la fertilidad del suelo, promoviendo sistemas productivos resilientes y sustentables.



Luis Ubaldo Castruita Esparza. Académico en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua, realiza investigación relacionada al cambio climático en ecosistemas forestales, las ciencias agronómicas y de agronegocios, cuenta con Perfil PRODEP y pertenece al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) Nivel I.



Marina Imelda Terrazas Gómez. Doctora en Responsabilidad Social Empresarial por el Centro de Desarrollo de Estudios Superiores (CDES). Profesora investigadora en la UACH. Actualmente forma parte del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) con nivel Candidato y Miembro activo de la Red Multidisciplinaria de Estudios del Desierto, AC.

Sandra Pérez Álvarez. Labora en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la UACH. Nivel I del SNII, miembro del Cuerpo Académico UACH-CA-174, trabajando la LGAC manejo de los recursos naturales para la mejora integral de sistemas agrícolas y forestales con las líneas de investigación biofertilization, cultivo in vitro y Fisiología vegetal.

Luisa Patricia Uranga Valencia. Docente en la UACH e investigadora SNII nivel I, impulsa la sustentabilidad, agroecología, aprovechamiento de recursos naturales y agronegocios. Su labor vincula ciencia, comunidad y medio ambiente, promoviendo soluciones sostenibles para zonas áridas y bosques desde el cuerpo académico UACH-CA-174.

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

La Universidad Autónoma
Chapingo, sede del 49° Congreso
Mexicano de la Ciencia del Suelo.

13-17 de octubre del 2025, Texcoco, México.





La etnopedología como estrategia para la Seguridad del Suelo

Francisco de Jesús Reyes-Sánchez¹

Miriam Galán-Reséndiz²

¹ Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México – Texcoco, Chapingo, Texcoco, Estado de México CP 56230

² Departamento de Suelos, área de Pedometría y Sensores Remotos, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México – Texcoco Chapingo, Texcoco, Estado de México CP 56230.

*Autor para correspondencia: p4c0reyess@gmail.com

La integración de los conocimientos locales generados a través del trabajo directo con la tierra, con los conocimientos académicos y técnicos, se denomina etnopedología, la cual tiene como objetivo contribuir a la reducción de problemas ambientales, a la conservación de las funciones ecológicas y productivas sin comprometer las funciones para futuras generaciones, mantener un equilibrio entre plantas y animales, así como las formas de apropiación cultural, bajo un enfoque integral que vincula factores ecológicos y sociales, es decir, la seguridad del suelo. Esto, con el propósito de reconocer los saberes de los productores, cómo perciben y manejan el suelo, conocimientos que están amenazados por el cambio generacional, el abandono de tierras y alteraciones climáticas. Su preservación requiere atención urgente, pues estos saberes pueden abordar los desafíos globales y ser empleados para crear estrategias de uso y manejo del suelo, social y ambientalmente responsables.

Introducción

La seguridad del suelo ha emergido como un concepto esencial para abordar el entendimiento del suelo no solo como un recurso, sino como un elemento esencial de los pueblos originarios. Esta perspectiva requiere y exige una comprensión integral, que refleje sus atributos involucrados en las dinámicas territoriales (Figura 1).



La etnopedología fortalece el diálogo de saberes entre técnicos y agricultores facilitando el diseño de políticas y estrategias de desarrollo sustentable.



Por lo tanto, la seguridad del suelo necesita la integración activa del conocimiento tradicional de varias generaciones que se encuentra resguardado y cultivado en las comunidades rurales, es así como la etnopedología toma relevancia al crear conexiones entre los saberes locales y los enfoques científicos, lo que favorece un uso y manejo adecuado del suelo, cultural y ambientalmente responsable.

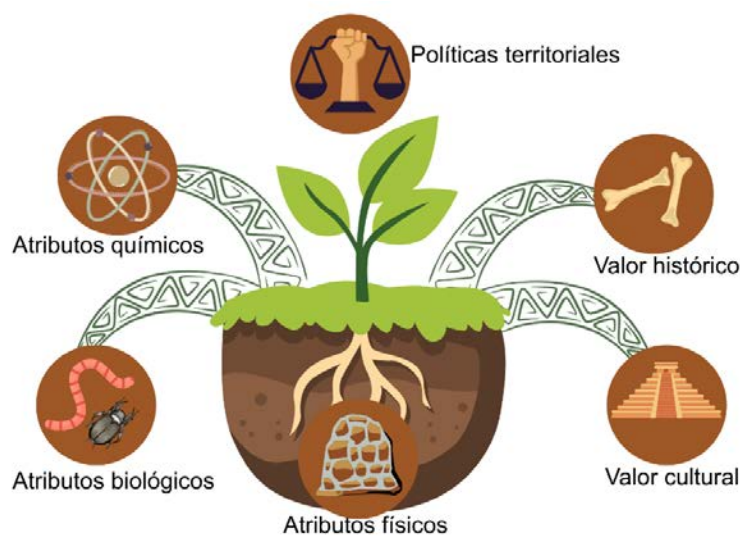


Figura 1. Atributos y valores del suelo en una perspectiva integral.

Seguridad del suelo y la etnopedología

El enfoque de seguridad del suelo ha sido planteado como una herramienta estratégica en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, con el fin de asegurar el mantenimiento, recuperación y mejora del recurso suelo, esencial para sostener la producción de alimentos, no obstante, su alcance va más allá lo productivo, ya que también contribuye decisivamente a la seguridad energética, climática, la protección de ecosistemas frágiles y la protección de la diversidad biológica y cultural.

En este sentido, se percibe como un eje articulador entre los sistemas naturales con la sociedad. Su comprensión implica cinco dimensiones de acción interrelacionadas; condición, capacidad, capital, conectividad y codificación del suelo (Figura 2). Estas dimensiones constituyen una compleja construcción social y ecológica donde interactúan factores físicos, históricos y simbólicos, reflejando la complejidad del suelo como entidad viva, dinámica.



En este contexto, la seguridad del suelo requiere de una perspectiva común que reconozca e integre el conocimiento tradicional de las comunidades locales, el cual ha sido preservado y fomentado a través del trabajo y el contacto directo con la tierra.

Aquí, la etnopedología adquiere un papel fundamental porque se centra en cómo los productores perciben, clasifican y gestionan el territorio a escalas regionales, con el potencial de impactar de forma significativa en la resolución de problemáticas globales, con el fin de correlacionar los saberes locales generados por el trabajo continuo con principios científicos, reconociendo sus propios sistemas de transmisión y validación.

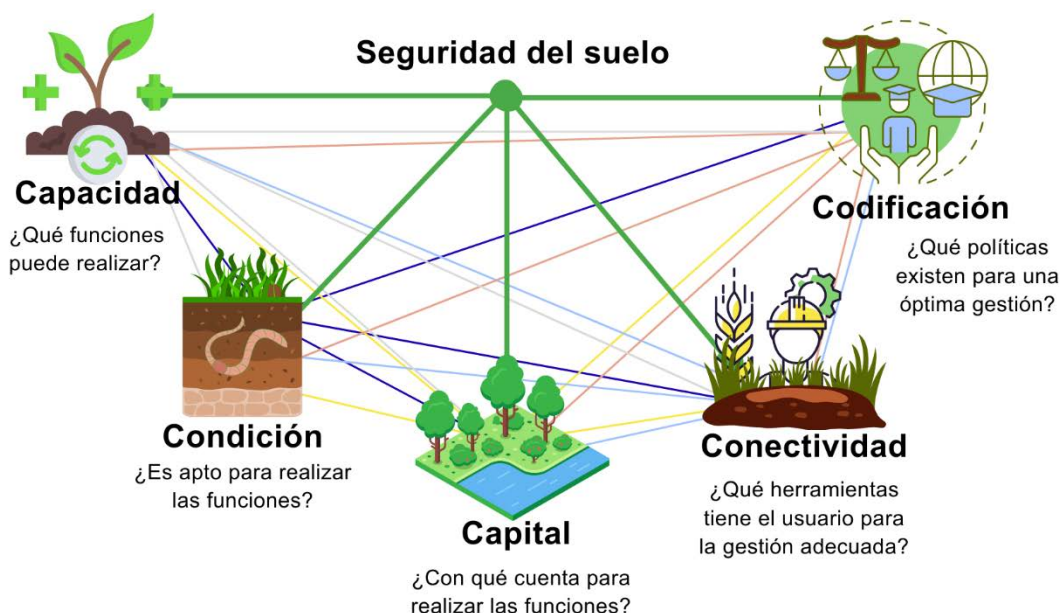


Figura 2. Dimensiones de la seguridad del suelo y sus interrelaciones

Esta disciplina proporciona una vía concreta para fortalecer el diálogo de saberes entre técnicos y agricultores (Figura 3), fundamental para el diseño e implementación de políticas y estrategias de desarrollo sustentable basadas en prácticas locales. Su incorporación en modelos de manejo del suelo enriquece las propuestas técnicas y refuerza el tejido social y cultural de las comunidades tradicionales, rurales o contemporáneas, impulsando formas de sustentabilidad que sean ecológicamente viables, económicamente justas y culturalmente pertinentes.

La etnopedología estudia cómo los productores perciben, clasifican y manejan los suelos.

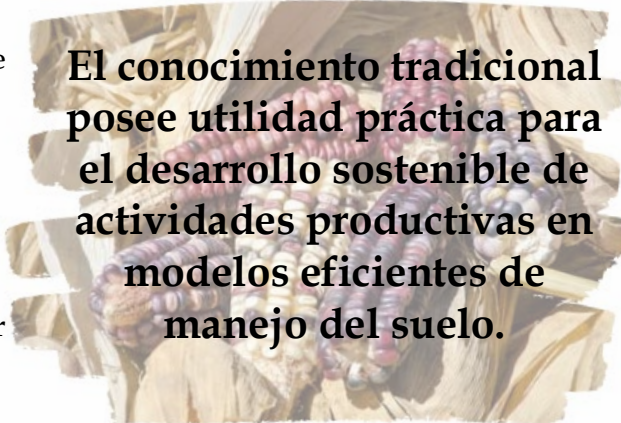


Figura 3. Relación colaborativa entre técnicos y agricultores como motor de beneficios compartidos.

El conocimiento tradicional conserva notable vigencia y utilidad práctica, en particular, en situaciones de vulnerabilidad, lejos de representar un conocimiento obsoleto. Representa una herramienta clave para el desarrollo sostenible de la agricultura, la silvicultura, la ganadería y demás actividades productivas. Estos saberes pueden integrarse en modelos de manejo del suelo que se adapten a las condiciones locales y a los desafíos actuales. Además, este conocimiento contribuye a la resiliencia frente al cambio climático, al integrar prácticas efectivas que se han transmitido a través de las generaciones.

Retos

A pesar de la relevancia del tema y del compromiso asumido en relación con los recursos naturales y los pueblos originarios, es imprescindible fortalecer y ampliar los esfuerzos en este campo para integrarlos en las agendas científicas y políticas. En un mundo cada vez más regido por modelos de desarrollo globalizados, el conocimiento local y la seguridad del suelo se ven amenazados por enfoques extractivistas y lineales, que tienden a excluir los saberes ancestrales. Aunque se ha manifestado un compromiso explícito con los recursos naturales y las comunidades vulnerables en diversos foros institucionales, los avances han sido fragmentarios y muchas veces simbólicos. Por ello, resulta imprescindible intensificar y expandir los esfuerzos, promoviendo diálogos horizontales de saberes y mecanismos efectivos de participación comunitaria.



El conocimiento tradicional posee utilidad práctica para el desarrollo sostenible de actividades productivas en modelos eficientes de manejo del suelo.



Literatura recomendada

McBratney, A., Field, D. J., Koch A. (2014). The dimensions of soil security. Geoderma 213. 203-213, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.08.013>.

Ortiz-Solorio, C. A. y Gutiérrez-Castorena, M. C. (2022). Etnoedafología mexicana: 43 años de experiencia. Ciencia nicolaita (83). 137 - 152. <https://doi.org/10.35830/cn.vi83.567>.

Pérez-Rodríguez, G., Ortiz-Solorio, C. A. & Gutiérrez-Castorena, M. C. (2023). Ethnopedology, its evolution and perspectives in soil security: A review. Soil Security,13. <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2023.100121>

Semblanzas de autores

Francisco de Jesús Reyes Sánchez. Ingeniero Agrónomo Especialista en Suelos y Maestro en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible por la Universidad Autónoma Chapingo. Se desempeña estudiando la degradación del suelo en agrosistemas vulnerables.

Miriam Galán Reséndiz. Ingeniera Agrónoma Especialista en Suelos, Maestra en Ciencias en Agroforestería por la Universidad Autónoma Chapingo y Doctora en Edafología, por el Colegio de Postgraduados. Profesora investigadora del área de Pedometría y Sensores Remotos del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo.

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



ISSN Electrónico 2395 - 8030

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

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



Fertilización mineral- orgánica una alternativa para suelos erosionados en ladera

Amanda Miguel Sánchez Garduño
Horacio Santiago Mejía*

Universidad Intercultural del Estado de México. San Felipe del Progreso, Estado de México, México.

*Autor de correspondencia: horacio.santiago@uiem.edu.mx; Cel. +52 1 712 160 1017.

La fertilización mineral-orgánica representa una alternativa para corregir la fertilidad de suelos erosionados en ladera. Este trabajo describe las causas de pérdida de nutrientes esenciales en la agricultura, y resalta la importancia de la fertilización mineral-orgánica en la mejora de la nutrición de cultivos y su rendimiento.

Palabras clave: *fertilización mixta, nutrición de cultivos, erosión de suelo.*

Introducción

A lo largo de la historia, la humanidad ha mejorado plantas para la obtención de una mayor producción de alimentos. Como resultado ha sido frutos más grandes y ciclos de crecimiento rápido, las plantas cultivadas requieren de fertilización. A diferencia de sus parientes silvestres, que han evolucionado para obtener nutrientes de manera natural, las variedades cultivadas dependen en gran medida de los nutrientes que se les proporcionan.

Las plantas necesitan de 17 elementos esenciales para su desarrollo y los encuentran disponibles en el suelo, aire y agua. Del suelo obtienen 14 minerales; del aire el carbono y el oxígeno, y del agua el hidrógeno. En terrenos de ladera, los nutrientes del suelo históricamente se han ido perdiendo por causas de erosión, lixiviación, extracción de cosechas y malas prácticas agrícolas; esto reduce la fertilidad y productividad del suelo. Por tanto, la fertilización adquiere una importancia aún mayor en suelos deteriorados ya que, se dificulta la absorción y disponibilidad de los nutrientes.

Trabajos previos en fertilización en suelos erosionados muestran que la fertilización mixta (mineral-orgánica) es la que mejora los rendimientos de los cultivos y la fertilidad del suelo; ya que incorpora materia orgánica que mejora la estructura y la microbiota del suelo, y la rápida disponibilidad de los nutrientes se facilita a través de los fertilizantes minerales.



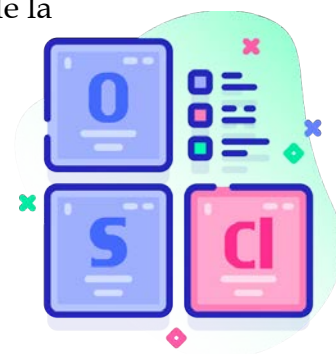


Este artículo explora la importancia de los nutrientes esenciales en las plantas cultivadas, las causas de su pérdida en suelos de ladera, y la relevancia de la fertilización mixta (mineral-orgánica) como alternativa sostenible para la agricultura.

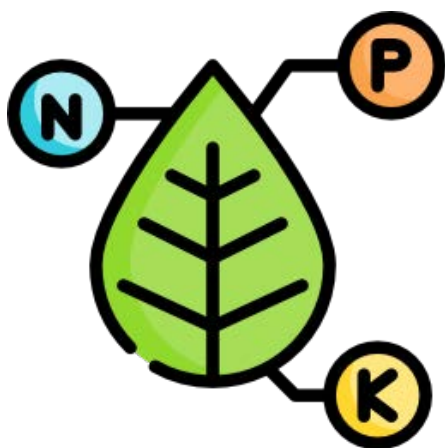
Desarrollo

Los nutrientes esenciales para las plantas cultivadas

Imagina que las plantas son como los humanos, necesitan una dieta balanceada para crecer fuertes y sanas. Esta dieta para las plantas consiste en 17 elementos esenciales; el carbono (C), oxígeno (O) e hidrógeno (H) forman parte de la estructura de los organismos vivos necesarios para su desarrollo y funcionamiento. El carbono y el oxígeno provienen del bióxido de carbono del aire, el cual es incorporado a la planta a través del proceso de fotosíntesis, mientras que el hidrógeno proviene del agua, la cual es absorbida del suelo por las raíces. Además, los otros 14 elementos provienen del suelo en forma mineral: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), manganeso (Mn), cloro (Cl), azufre (S), boro (B), zinc (Zn), cobre (Cu), molibdeno (Mo) y níquel (Ni).



Llamamos esenciales a estos elementos porque la ausencia de alguno de ellos no sería posible el desarrollo normal de la planta y no tendría la capacidad de completar su ciclo de vida; esto se refleja en menor crecimiento, productividad y resistencia a enfermedades. Los síntomas de deficiencia deben ser corregidos únicamente por el elemento faltante, ya que ninguno sustituye la función del otro.



Cada uno de estos elementos cumple una o más funciones clave en el metabolismo vegetal. De manera general, las funciones se agrupan en tres categorías: estructurales, enzimáticas y catalíticas. La función estructural se refiere a que el nutriente forma parte de compuestos importantes como proteínas, clorofila o ADN. La función enzimática implica que el nutriente activa o forma parte de enzimas que regulan procesos vitales. Finalmente, la función catalítica está relacionada con su papel como facilitador en reacciones químicas como la fotosíntesis o la respiración.



Los 14 elementos minerales se dividen en macronutrientes y micronutrientes por la cantidad que la planta necesita. Los macronutrientes como el nitrógeno (N) es parte de la clorofila, las proteínas y los ácidos nucleicos; sin él, la planta no puede crecer ni producir hojas verdes. El fósforo (P) es vital para almacenar y transferir energía.



N



P



K

El potasio (K) regula la apertura de las estomas y activa más de 60 enzimas, ayudando a la planta a resistir enfermedades y condiciones adversas. Por otra parte, están los micronutrientes como: el calcio (Ca) que fortalece las paredes celulares, mientras que el magnesio (Mg) es el átomo central de la molécula de clorofila, esencial para la fotosíntesis. El hierro (Fe) participa en la síntesis de clorofila y el transporte de electrones. El zinc (Zn) regula el crecimiento a través de hormonas como las auxinas. El boro (B) ayuda en la formación de las paredes celulares y en el transporte de azúcares. El molibdeno (Mo) y el níquel (Ni) están involucrados en el metabolismo del nitrógeno, facilitando la conversión de nitratos o la descomposición de la urea. Sin estos elementos, los procesos internos de las plantas se alteran, afectando su rendimiento, calidad y sanidad.

¿Por qué se pierden los nutrientes del suelo en las laderas?

Una de las principales causas de pérdida de nutrientes en suelos de ladera sin vegetación es la erosión hídrica y eólica. En el caso de la primera, cuando llueve con intensidad, el agua que no logra infiltrarse en el suelo corre por la pendiente, arrastrando consigo partículas de tierra fértil, materia orgánica y nutrientes como el nitrógeno, fósforo y potasio. Este fenómeno se conoce como escorrentía superficial y se intensifica en suelos desnudos, con poca cobertura vegetal, o mal manejados (Figura 1A, B y C). La erosión eólica ocurre cuando el viento levanta y arrastra partículas de tierra de un sitio a otro, lo que provoca la pérdida de la capa más fértil del suelo (Figura 1D). En poco tiempo, un suelo rico y productivo puede volverse poco profundo empobrecido y con baja capacidad para retener agua y nutrientes. Este fenómeno compromete la fertilidad del suelo y, en consecuencia, reduce la productividad de los cultivos.



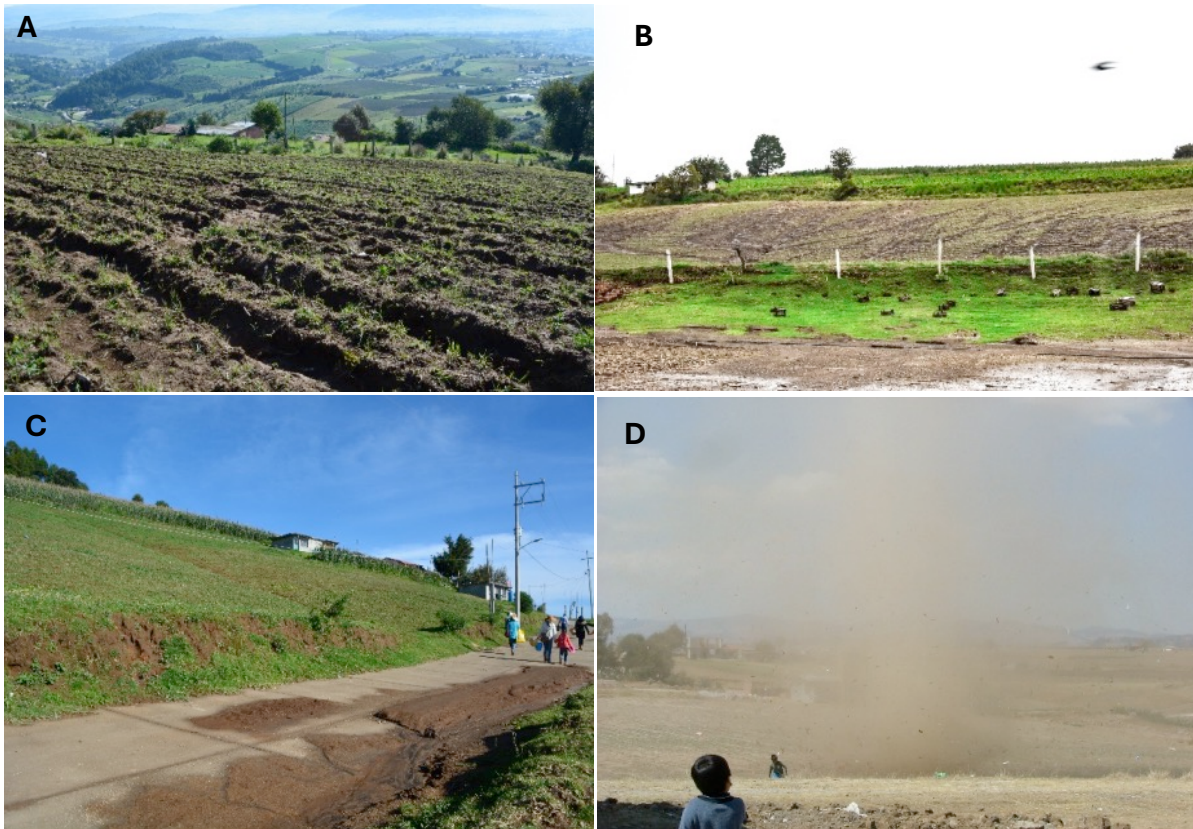


Figura 1. Principales causas de erosión en suelos en ladera. Erosión hídrica (A, B y C), erosión eólica (D) (Fuente: Autores).

¿Sabías que en un suelo en ladera se pierde 1 cm de suelo en 1 año, lo que equivale a 62.5 toneladas por hectárea?

Se estima que en suelos Andosoles de ladera en San José del Rincón, Estado de México, se pierde aproximadamente 1 centímetro de suelo por año, lo que equivale a unas 62.5 toneladas por hectárea (Figura 2A). Esto significa que en 50 años se han perdido alrededor de 3,125 toneladas por hectárea, una cantidad que no podría recuperarse en la escala humana, ya que la formación natural de 1 centímetro de suelo puede tardar entre 100 y 1,000 años (Figura 2B).

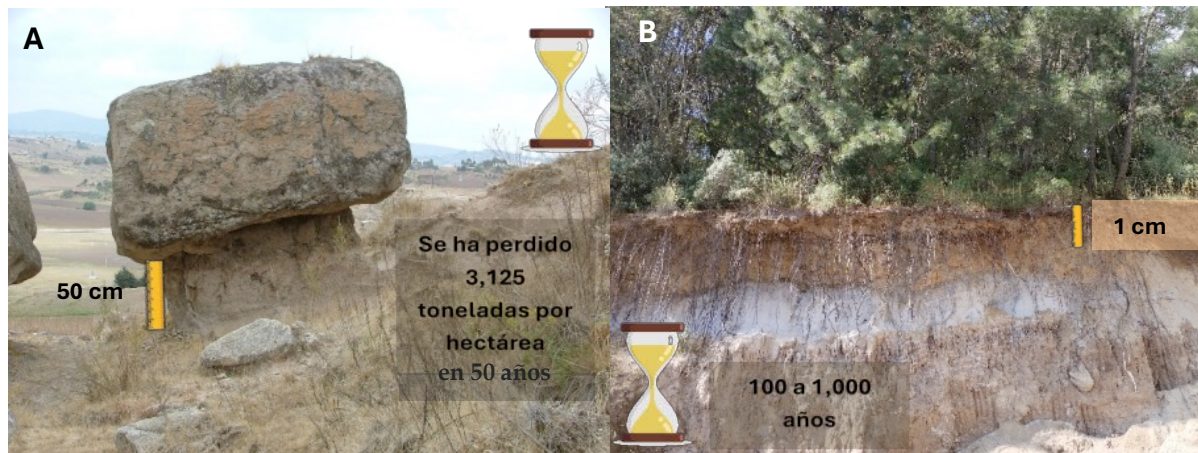


Figura 2. Estimación de pérdida de suelo en ladera por erosión hídrica (A), y de formación de suelo de manera natural (B) (Fuente: Autores).

Otra causa importante es la lixiviación, que ocurre cuando el agua de lluvia arrastra los nutrientes hacia horizontes más profundos del suelo, fuera del alcance de las raíces de las plantas. Este proceso se agrava por el uso excesivo o inadecuado de riego y fertilización. Además, las malas prácticas agrícolas como la labranza intensiva, surcados a favor de la pendiente, la quema de rastrojos y la extracción de cosechas también contribuyen a la pérdida de nutrientes, debilitan la estructura del suelo y reducen la vida biológica (Figura 3A y B). Frente a ello, existen varias prácticas sustentables para corregir la erosión y la pérdida de nutrientes como una labranza adecuada, el uso de barreras vivas o muertas, barreras rompevientos, la incorporación de materia orgánica y la fertilización mineral en dosis que el cultivo requiere.

¿Sabías que formar 1 cm de suelo puede tardar entre 100 y 1000 años?



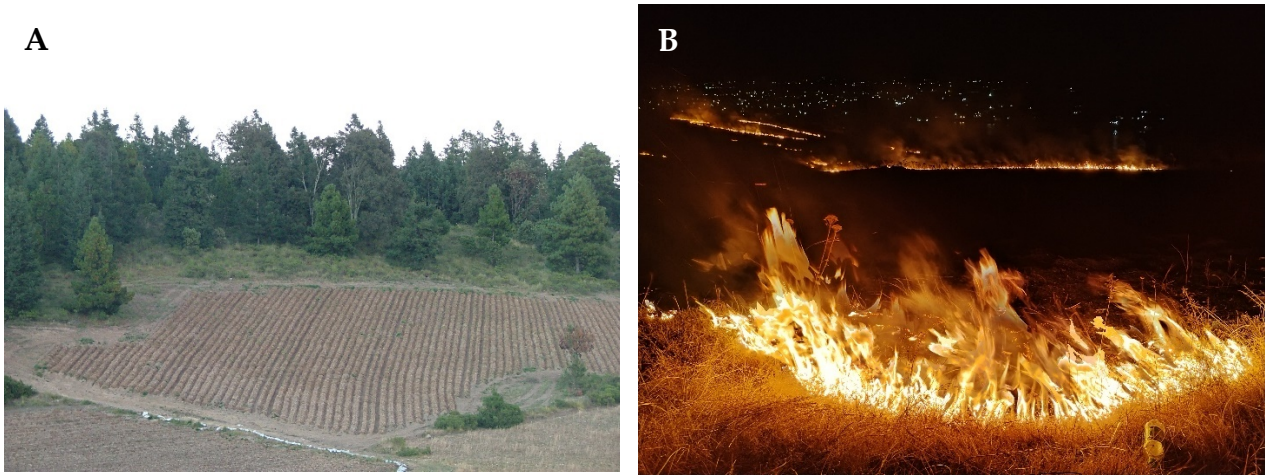


Figura 3. Malas prácticas agrícolas. Surcos a favor de la pendiente (A), quema de residuos de cosechas (B) (Fuente: Autores).

¿Por qué la fertilización mineral-orgánica es una alternativa sostenible para suelos en laderas erosionadas?

La agricultura en laderas representa un gran desafío debido a la susceptibilidad natural de pérdida de suelo y nutrientes. Por lo que mantener un suelo fértil se vuelve cada vez más difícil. Ante este panorama, ¿cómo recuperamos la pérdida histórica de la fertilidad del suelo? Ante ello, la fertilización mineral-orgánica surge como una alternativa sostenible a corto y mediano plazo.

La fertilización mineral-orgánica combina lo mejor de dos mundos: los fertilizantes minerales, que aportan nutrientes de manera rápida y precisa, y los fertilizantes orgánicos, como el estiércol compostado o residuos vegetales, que mejoran la estructura del suelo, favorecen la vida microbiana y aumentan la capacidad de retención de agua. Esta sinergia permite que los nutrientes sean más aprovechables por las plantas y, al mismo tiempo, se reduce su pérdida por lixiviación o escurrimiento, lo cual es crucial en estos suelos inclinados. Además, el uso de materia orgánica ayuda a reducir la compactación del suelo, mejora su aireación y fomenta una mayor actividad biológica.





Implementar una estrategia de fertilización mineral-orgánica con dosis agronómicas (cantidades adecuadas) es una ventaja económica para las comunidades campesinas. Ya que, a largo plazo, este tipo de manejo no solo mejora la salud del suelo, sino que fortalece la resiliencia de los agroecosistemas frente al cambio climático, contribuyendo a la soberanía alimentaria y al desarrollo rural sustentable. Por todas estas razones, la fertilización mineral-orgánica no es solo una técnica agrícola, sino una herramienta integral para abastecer de nutrientes a las plantas cultivadas y aumentar su productividad.

En condiciones de ladera, diversos estudios han demostrado que la fertilización mineral, cuando se aplica de forma exclusiva, puede incrementar los rendimientos a corto plazo; sin embargo, su uso prolongado tiende a degradar la estructura del suelo y afectar negativamente la biodiversidad. Por otro lado, la fertilización orgánica mejora la salud y estructura del suelo, pero por sí sola no podría incrementar los rendimientos de los cultivos a corto plazo. En este contexto, la combinación de ambos tipos de fertilización conocida como fertilización mineral-orgánica o mixta representa una estrategia eficaz para potenciar la producción y calidad de los frutos y optimizar la nutrición de los cultivos (Cuadro 1).



Cuadro 1. Rendimiento de cultivos con diferentes fuentes de fertilización en suelos en ladera.

Especie	Mineral	Orgánica (Estiércol precompostado)	Mineral-Orgánica (Mixta)
Kilogramos por hectárea (Kg/Ha)			
Durazno	82.65	51.08	110.1
Maíz	1,640.1	1,622.0	1,898.1
Frijol	577.77	468.95	671.88
Lechuga	64,250	74,620	57,090
Chile poblano	22,700	21,500	35,500



Conclusiones

En la agricultura donde la erosión y la pérdida de nutrientes son desafíos constantes, la fertilización mineral-orgánica es una práctica agrícola esencial para corregir los problemas de fertilidad de suelos históricamente erosionados.

La adaptación de prácticas de fertilización mineral-orgánica informadas, basadas en análisis de suelo y recomendaciones técnicas, ayudará a que los campesinos pueden maximizar el rendimiento de sus cultivos, la clave es aplicar una dosis agronómica adecuada. Así, se incrementarán los beneficios socioeconómicos en las familias campesinas sin degradación del medio ambiente.



Literatura recomendada

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2025. El manejo de procesos naturales que afectan las propiedades biológicas y físicas del suelo. Portal de Suelos de la FAO.

Rambaut, L. A. E., E. Tillard, J. Vayssières, P. Lecomte, y P. Salgado. 2022. Trade-off between short and long-term effects of mineral, organic or mixed mineral-organic fertilisation on grass yield of tropical permanent grassland. *European Journal of Agronomy* 141: 126635.

Camas Gómez, R., Turrent Fernández, A., Cortés Flores, J. I., Lovera Muñoz, M., González Estrada, A., Villar Sánchez, B., López Martínez, J., Espinoza Paz, N., y Cadena Iñiguez, P. 2012. Erosión del suelo, escurrimiento y pérdida de nitrógeno y fósforo en laderas bajo diferentes sistemas de manejo en Chiapas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(2): 231-243.



Semblanzas de autores

Amanda Miguel Sánchez Garduño: Es licenciada en Desarrollo Sustentable por la Universidad Intercultural del Estado de México. Actualmente estudiante de la maestría en Gestión de la Innovación Rural Sustentable. Ha trabajado en proyectos sobre soberanía alimentaria, sistemas productivos y educación comunitaria. Su compromiso con su cultura y comunidad se refleja en su enfoque investigativo, especialmente en la tecnología Milpa Intercalada con Árboles Frutales.

Horacio Santiago Mejía: Es Ingeniero Agrónomo en Producción por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Maestro en Ciencias en el Programa de Fruticultura y Doctor en Ciencias en el Programa de Edafología por el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agropecuarias. Profesor-investigador de la Universidad Intercultural del Estado de México, pertenece al SNII-I de la SECIHTI y tiene perfil PRODEP. Su línea de interés se enfoca en el co-diseño de agroecosistemas para la agricultura campesina de México; principalmente en la tecnología Milpa Intercalada de Árboles Frutales.





TALLER INTERNACIONAL DE CAMPO SOBRE PALEOPEDOLOGÍA

Descifrando la antigua transformación antrópica del paisaje en las tierras bajas mayas del sur de México.

Las tierras bajas mayas en el territorio mexicano representan una región comprendida entre la costa del Golfo de México al norte, la Sierra de Chiapas al sur y los ríos Candelaria y Grijalva al este y al oeste, respectivamente. Esta singular delimitación cultural se ha considerado homogénea; sin embargo, la diversidad cultural es vasta tanto en el espacio como en el tiempo. Esta región desempeñó un papel clave en el desarrollo de las antiguas culturas mesoamericanas.

El objetivo del taller es mostrar los diversos paisajes que ocuparon los antiguos mayas, desde la llanura aluvial norte del río Usumacinta, donde se establecieron principalmente pequeños pueblos rurales, hasta las tierras altas de la Sierra de Chiapas, donde se construyeron ciudades monumentales y bien organizadas. El taller constará de dos días de conferencias y cinco días de excursiones de campo. La conferencia se llevará a cabo en la moderna ciudad de Palenque, donde una infraestructura bien organizada ofrece excelentes condiciones para presentaciones y alojamiento.

Durante los dos primeros días del taller, se realizarán presentaciones orales y en póster. Los temas científicos incluyen:

- Memoria del suelo: una guía clave para comprender los impactos ambientales y humanos del pasado.
- Micromorfología de procesos pedogenéticos clave. Vinculación de observaciones microscópicas y datos analíticos para diferenciar los procesos edáficos antrópicos y naturales.
- Clasificación de suelos en sitios arqueológicos.
- Pedogénesis de suelos y ecosistemas antropogénicos.
- Nuevos métodos, técnicas y enfoques cuantitativos en estudios de paleosuelos.

ORGANIZADORES DE LA CONFERENCIA:

Unión Internacional de Ciencias del Suelo, División 1. El suelo en el espacio y el tiempo, Comisión 1.6 – Paleopedología.

Unión Internacional para la Investigación del Cuaternario, Grupo de Trabajo de Paleopedología INQUA. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Instituto de Ecología AC (INECOL).

COMITÉ ORGANIZADOR NACIONAL

Instituto de Geología, UNAM

Elizabeth Solleiro – solleiro@geologia.unam.mx

Sergey Sedov – serg_sedov@yahoo.com

Daisy Valera – daisyvalera1988@gmail.com

Jaime Díaz – biotic08@gmail.com

Instituto de Ecología AC, INECOL

Lilit Pogosyan – lilit.pogosyan@inecol.mx

Más información desde el portal de la International Union of Soil Science: [Descargar PDF](#)

| 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