



Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente

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



Vol. 3 — Núm. 2 — 2025

ISSN: 2992-8125



LA SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A.C. TE INVITA A PARTICIPAR EN EL



DEL 13 AL 17 DE OCTUBRE 2025

**Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco,
Estado de México, México**





SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO A.C
**49° Congreso Mexicano de la Ciencia
del Suelo**



**International Soil Security Congress
y 3rd International Conference on Soil Sustainability and
Innovation**

"El Suelo: Pasado, Presente y Futuro de La Vida"



¡AVISO!

**Se amplía la fecha para recibir
postulaciones al Premio Nacional
de la Ciencia del Suelo hasta el
05 de septiembre de 2025.**



Más información



**CONGRESO MEXICANO
DE LA CIENCIA DEL SUELO**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
EL SUELO: PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE LA VIDA



del 13 al 17 de octubre 2025



**Universidad Autónoma
Chapingo**

<https://suelos.chapingo.mx/>



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

Dr. Fabián Fernández-Luqueño Presidente Cinvestav Zacatenco	Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda Barrios Vicepresidente Universidad Autónoma de Chihuahua
Dr. Hermes Pérez Hernández Secretaría General INIFAP	Dra. Dulce Yaahid Flores Rentería Tesorera Investigadora por México-Cinvestav Saltillo
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. 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
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
	Dr. Edgar Vázquez Núñez Secretaría Técnica Universidad Autónoma de Guanajuato
	M.C. Iris del Carmen Morales Espinoza Subsecretaría de Fomento a la Integración, Promoción y Mercado; UAAAN
	Dra. Rosalía del Carmen Castelán Vega Secretaría de Educación y Enseñanza Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
	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 Zacatenco

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
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

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

Biol. Mariana Tovar-Castañón
UNAM

Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda-Barrios
Universidad Autónoma de Chihuahua

Dr. Fernando López-Valdez
CIBA-IPN

Dra. Alma C. Hernández Mondragon
Cinvestav Zacatenco

Dr. Julián Delgadillo Martínez
Colegio de Postgraduados

Dra. Mariana Miranda Arámbula
CIBA-IPN

Dra. Rosalía Castelán Vega
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Dr. Fabián Fernández-Luqueño
Cinvestav Zacatenco

Dra. Susana González Morales
Investigadora por México-UAAAN

Dr. Oscar Cruz Álvarez
Universidad Autónoma de Chihuahua

M.C. Carmina Gámez Barajas
Colegio de Postgraduados

Editores Asociados

M.C. Nayelli Azucena Sigala Aguilar
Cinvestav Saltillo

M.C. Sarahi Moya-Cadena
Cinvestav Saltillo

Lic. Naomi Shimizu
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. Gabriel Alejandro Hernández Vallecillo
Colegio de Postgraduados

M.C. Andrés Torres-Gómez
Cinvestav Saltillo

Dr. Ricardo Aarón González Aldana
Universidad Autónoma de Chihuahua

Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente; Año 3, Número 2, mayo 2025 a junio 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: Dr. Fabián Fernández Luqueño. 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: Fabián Fernández Luqueño. Fecha de última actualización, junio 21 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

Cada vez comprendemos mejor que, bajo nuestros pies, existe un entramado dinámico de relaciones que define la salud del planeta y nuestra propia capacidad para subsistir. En este número de **Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente** convergen dieciséis trabajos que, desde diversos ángulos, nos invitan a reconocer al suelo no solo como un sustrato físico, sino como un ecosistema vivo y multifuncional, cuyo conocimiento y cuidado son esenciales para afrontar los retos del presente.



Lejos de concebir la ciencia del suelo como una disciplina aislada, el conjunto de colaboraciones reunidas en esta edición nos recuerda que el suelo es punto de partida y de llegada: es el lugar donde nacen los cultivos que alimentan a la humanidad, donde se reciclan los residuos que generamos, y donde coexisten organismos que, aunque invisibles a simple vista, tienen impactos profundos en la productividad, la biodiversidad y la estabilidad de los sistemas naturales. El suelo es, en suma, la base silenciosa pero activa de nuestros paisajes, nuestras ciudades y nuestra soberanía alimentaria.

La diversidad de temas de esta edición refleja un momento clave en la evolución de la ciencia del suelo: un punto de inflexión en el que la integración de saberes, actores y escalas territoriales resulta indispensable. No se trata solamente de entender la biología, la química o la física del suelo de manera fragmentada, sino de vincular estos saberes con los procesos sociales, culturales y económicos que moldean nuestra relación con la Tierra.

En varios de los textos aquí incluidos subyace una preocupación compartida: la creciente presión sobre los sistemas agrícolas y naturales producto de prácticas intensivas, de la contaminación y del cambio climático. Sin embargo, más allá del diagnóstico, el enfoque de esta revista es constructivo: busca visibilizar soluciones, detonar conversaciones y poner en el centro a las personas que, desde la ciencia, la docencia, el activismo o la producción, están construyendo alternativas sostenibles.





Un rasgo que distingue a este volumen es el énfasis en los vínculos entre organismos y suelo: líquenes, lombrices, bacterias benéficas, insectos, raíces y microplásticos comparten protagonismo con herramientas moleculares, sensores de riego y bioestimulantes naturales. Esta pluralidad no es accidental. Refleja una visión holística de la ecología del suelo, donde cada componente –vivo o inerte– cumple una función específica y, al mismo tiempo, se entrelaza con procesos más amplios. También resalta la presencia de enfoques territoriales y comunitarios, que nos recuerdan que la gestión del suelo no puede desligarse de los contextos locales.

Este número también ofrece un espacio para pensar cómo se comunica la ciencia del suelo. Nos invita a considerar que la forma en que hablamos sobre estos temas no es ajena a los procesos de aprendizaje, divulgación e incidencia. Hablar bien del suelo implica hablar claro, con precisión, pero también con sensibilidad: conectar el dato con la emoción, la evidencia con la acción.

En un mundo donde las crisis climáticas, ecológicas y alimentarias se entrelazan, el suelo emerge como una pieza clave en los esfuerzos por construir resiliencia. Este volumen es una muestra de que no estamos solos ni desprovistos de herramientas. Existen actores, estrategias, organismos y tecnologías que nos permiten reconstruir –literal y simbólicamente– las raíces de un sistema más justo y sostenible.

Confiamos en que las lectoras y lectores de este número de **Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente, Volumen 3, Número 2, 2025** encontrarán no solo información valiosa, sino también motivos para seguir explorando, dialogando y actuando en favor del suelo, de la agricultura regenerativa y del medio ambiente. La ciencia del suelo –en sus múltiples expresiones– tiene todavía mucho que decir. Y en cada número de esta revista, buscamos que su voz se escuche más fuerte, más clara y más cerca de quienes cuidan la Tierra cada día.

Editores en Jefe

Dr. Fabián Fernández-Luqueño
Cinvestav Zacatenco

Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda-Barrios
Universidad Autónoma de Chihuahua

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



Contenido

SECCIÓN, SUBSECCIÓN, TÍTULO Y AUTORES	Páginas
SECCIÓN I. FACTORES DE FORMACIÓN DEL SUELO	
Subsección IA: Material Parental	
Microplásticos en el campo: un enemigo invisible en nuestra comida David Ariel Barrales Martínez; Mariela Hada Fuentes Ponce; Lenin Ejecatl Medina-Orozco; Ruth Alfaro Cuevas Villanueva; Daniel Vega Martínez	1
Estrategias comunitarias para proteger el suelo en la zona mazahua Jazmín Aidee Tapia-Tapia; María Consuelo Marín-Togo; Horacio Santiago-Mejía; Adolfo López-Pérez	8
Suero de leche: ¿Residuo, o un potencial bioestimulante en plantas? Daniela Rodríguez Luna; Armando Robledo Olivo	16
Subsección IB: Clima	
Ácido ascórbico: alternativa para mitigar el estrés salino Gael Josef Serna Solis; Carlos Abel Ramírez Estrada; Omar Cástor Ponce García; Martín Armando Alonso Gómez; Alejandro Palacio-Márquez	23
Subsección IC: Topografía	Sin contribuciones aceptadas
Subsección ID: Organismos	
Líquenes: pequeños aliados en la agricultura Castro-Rosalez Laura; Juárez-Maldonado Antonio; Benavides-Mendoza Adalberto; González-Morales Susana; Pérez-Labrada Fabián	29
Los bosques como guardianes del equilibrio ecológico Carlos Felipe Luna-Bautista; Víctor Tamariz Flores; Rosalía Castelán Vega	37
Descubriendo la interacción suelo microorganismo-insecto planta: los secretos de la planta en floración Diego Iván Escobar-Hernández; Hermes Pérez-Hernández	43
<i>Bacillus cereus</i> una rizobacteria promotora del crecimiento vegetal en el maíz Sandra Pérez Álvarez; Erick Humberto Ochoa Chaparro; Eduardo Fidel Héctor Ardisana; Esteban Sánchez Chávez; Jesús Alicia Chávez Medina	55
n.a.= No aplica	

| Junio 2025 |



Continúa en la página siguiente.



Contenido ...continuación.

SECCIÓN, SUBSECCIÓN, TÍTULO Y AUTORES	Páginas
SECCIÓN I. FACTORES DE FORMACIÓN DEL SUELO (CONTINUACIÓN)	
Subsección IE: Tiempo	
El impacto de la contaminación plástica en los suelos y cultivos agrícolas Berenice González Santiago; Jonathan Osiris Vicente Escobar; Ana Adela Lemus Santana	64
Riego automatizado: una tecnología accesible y amigable con el suelo Josafat Alvarado-Camarillo; Álvaro Morelos Moreno; Jose Antonio Huertos Ramírez	74
SECCIÓN II. PROCESOS DE FORMACIÓN DEL SUELO	
Subsección IIA: Adición Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IIB: Transformación	
¿Sabías que la CDMX produce alimentos que aportan a tu nutrición? Horacio Medina-Sánchez; Mariela H. Fuentes-Ponce; Cristian A. Reyna-Ramírez	80
Subsección IIC: Translocación Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IID: Pérdida	
Pequeños habitantes del suelo: las lombrices, ingenieras del suelo Daniel Alejandro García-López	91
SECCIÓN III. LA ARCILLA	
Uso de marcadores moleculares en estudios de la Vid Joel Uber Calzadillas Pinedo; Karen Navarro Rivero	100
Beneficios de los huertos escolares Marco Antonio Piñón Balderrama; Sayra Lizeth Talamantes Martínez	103
Dalia Orlanda T. García-González	106
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	
En la ciencia del suelo la forma es fondo: habla bien para aprender más y mejor. Francisco Bautista	109
Subsección IVI: Capa W Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Sección V. Ciclos del Suelo Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Sección VI. Entisol Sin contribuciones aceptadas	n.a.

n.a.= No aplica





Microplásticos en el campo: un enemigo invisible en nuestra comida

David Ariel Barrales Martínez¹
Mariela Hada Fuentes Ponce²
Lenin Ejecatl Medina-Orozco^{3*}
Ruth Alfaro Cuevas Villanueva⁴
Daniel Vega Martínez²

¹ Doctorado en Ciencias Agropecuarias Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco

² Departamento de producción agrícola y animal, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco

³ Tecnológico Nacional de México Campus Valle de Morelia

⁴ Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

*Autor para correspondencia: leninmed@gmail.com Teléfono: 4434385786

| Sección I: Factores de Formación del Suelo |
| Subsección IA: Material Parental |

Se estima que los suelos agrícolas pueden contener hasta 23 veces más microplásticos que los océanos y que la cantidad promedio de microplásticos en los suelos agrícolas a nivel mundial es de entre 1.5 y 6.6 millones de toneladas.

Fragmentos invisibles de plástico se han hallado en el agua potable, la sal, frutas y hasta en la leche. Pero ¿qué ocurre cuando contaminan nuestros suelos y cultivos? Este artículo revela el impacto silencioso del plástico en la agricultura y propone caminos posibles para enfrentarlo.

Introducción

En cada plato podría haber diminutos fragmentos de plástico que no vemos, pero que están ahí. En los últimos años, los microplásticos han sido encontrados en lugares insospechados: desde los océanos hasta los campos agrícolas, desde peces y aves hasta la leche materna. Estas partículas, que miden menos de 5 milímetros, están presentes en el suelo, el agua y los alimentos. Y aunque no sean visibles, podrían estar afectando tanto al ambiente como a nuestra salud.

¿Qué son los microplásticos y cómo llegaron al campo?

Los microplásticos son fragmentos muy pequeños de plástico, que llegan al suelo por el desgaste de plásticos agrícolas o el mal manejo de residuos. Estos contaminantes emergentes pueden alterar la salud del suelo y afectar a los organismos que viven en él.





En el campo, los plásticos que antes protegían cultivos terminan convertidos en desechos (Figura 1). El sol, la lluvia y el viento los fragmentan lentamente hasta hacerlos invisibles a simple vista. Así se forman los microplásticos, que se acumulan de forma silenciosa en los suelos agrícolas (Figura 2).

El suelo, un receptor silencioso

Se estima que los suelos agrícolas pueden contener hasta 23 veces más microplásticos que los océanos. En algunos casos, se han encontrado miles de partículas por kilogramo de tierra. Estudios recientes reportan promedios de 4.5 miligramos por kilo de suelo seco.

Pero no solo se acumulan: los microplásticos modifican la estructura del suelo; pueden bloquear sus poros, dificultando el paso del aire y del agua. Esto afecta el desarrollo de las raíces y perjudica a lombrices, insectos y otros organismos que lo habitan.

Figura 1. Invernaderos abandonados que, al deteriorarse con el tiempo, liberan fragmentos plásticos al ambiente, contribuyendo a la acumulación de microplásticos en el suelo.



Figura 2. Restos de películas plásticas utilizadas como acolchado agrícola, que con el tiempo se fragmentan y se integran al suelo en forma de microplásticos.

Se ha detectado la presencia de microplásticos en frutas, verduras, sal de mesa y bebidas embotelladas.



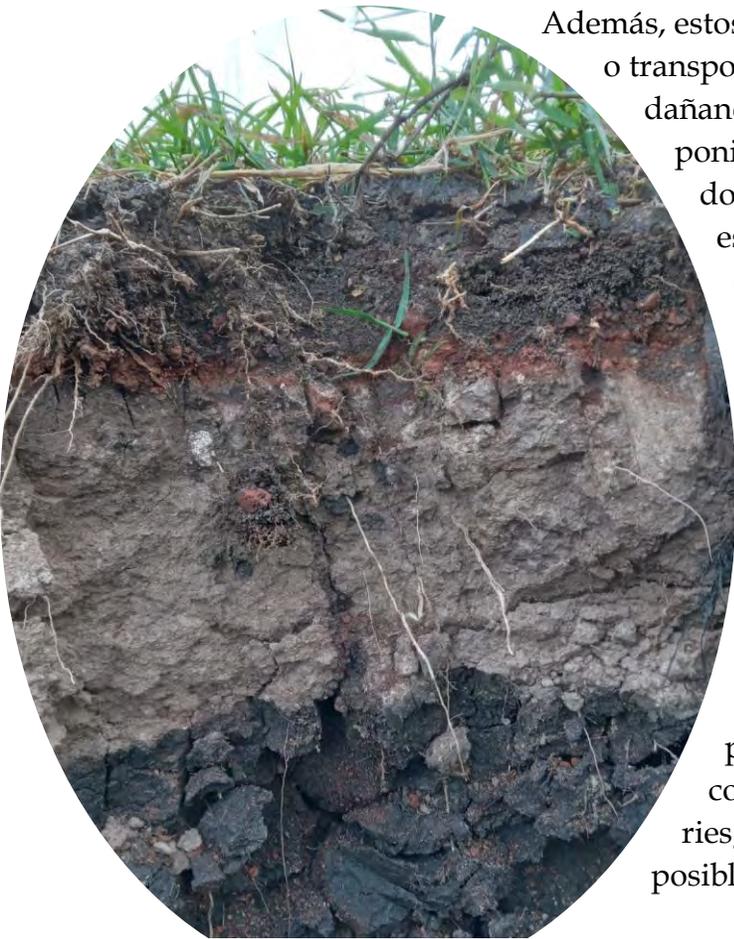


Figura 3. Suelo alterado por el ser humano, con una malla antiarvenses en proceso de deterioro. Al romperse con el tiempo por la acción del sol, la lluvia y el uso agrícola, esta malla puede liberar fragmentos plásticos que se transforman en microplásticos, contaminando el suelo y afectando su salud.

Además, estos fragmentos pueden liberar sustancias tóxicas o transportar residuos de pesticidas y fertilizantes, dañando cultivos, contaminando el ambiente y poniendo en riesgo nuestra salud. Se ha documentado su presencia en tierras agrícolas a escala global. En México, aunque los estudios aún son escasos, ya se han encontrado en suelos de cultivo (Figura 3), lo que indica que el problema es actual y local.

Del suelo al agua... y de vuelta a nosotros

Una vez en el suelo, los microplásticos no permanecen inmóviles. Los microplásticos se pueden adherir al tejido vegetal, lo preocupante es que los microplásticos son muy difíciles de quitar, incluso lavando los vegetales. Esto significa que podrían permanecer en los alimentos durante la cosecha, el transporte y la venta, aumentando el riesgo de que lleguen a nuestro plato junto con posibles patógenos.

Aún no se conoce del todo cómo entran los microplásticos a las plantas, pero algunos estudios muestran que pueden hacerlo por pequeñas grietas en las raíces o incluso por las hojas. Estos descubrimientos nos invitan a estar atentos y a seguir investigando cómo este tipo de contaminación podría afectar los alimentos que consumimos.

Adicionalmente, el agua de lluvia o de riego puede arrastrarlos hacia ríos, lagos o acuíferos, contaminando las fuentes de agua que usamos para beber o producir alimentos. En regiones agrícolas de México, como Sinaloa, se han detectado hasta 34 partículas por litro en acuíferos cercanos a los cultivos. Esto sugiere que podrían llegar a raíces de las plantas a través del agua de riego y posteriormente, regresar a la cadena alimenticia.



No solo los cultivos están en riesgo. También se han encontrado microplásticos en peces, mariscos y sal marina. Es decir, podríamos estar ingiriendo plástico al consumir productos del mar.

Incluso aves que se alimentan de insectos o lombrices contaminadas han sido afectadas. En resumen, estos fragmentos se mueven del suelo al agua, de ahí a los animales y, finalmente, a nosotros.

El plástico en nuestro plato

Aunque no se cuenta con cifras exactas, diversos estudios coinciden en que los microplásticos están presentes en frutas, verduras, sal de mesa y bebidas embotelladas. Esto indica que están tan presentes en el ambiente, que han llegado hasta nuestros alimentos.

Investigaciones muestran que los microplásticos pueden alterar procesos como la fotosíntesis y la absorción de nutrientes en las plantas. También pueden afectar la germinación y crecimiento de cultivos como el arroz y el trigo.

Cuando llegan a los animales, se acumulan en sus cuerpos. Se ha vinculado su presencia con inflamación intestinal, trastornos metabólicos, problemas respiratorios e incluso infertilidad. En México se han encontrado microplásticos en productos como miel, leche, azúcar y refrescos. Es preocupante, considerando que muchas de estas bebidas se consumen a diario. Se estima que una persona en México podría ingerir más de 37,000 partículas al año solo por el consumo de bebidas azucaradas.

Aunque parezca increíble, podríamos estar consumiendo cada semana una cantidad de plástico equivalente al peso de una tarjeta de crédito ¡y sin saberlo!





Investigaciones recientes han detectado microplásticos en refrescos. Se ha estimado que, debido a este consumo, la población mexicana podría ingerir alrededor de 37 mil partículas de microplásticos al año solo a través de los refrescos.

¿Qué podemos hacer?

Mucho. Las soluciones existen, pero requieren la participación de todos: productores, estudiantes, científicos, consumidores y autoridades.

Una clave está en transformar la forma en que producimos alimentos. Usar alternativas biodegradables en lugar de plásticos convencionales, optar por acolchados vegetales y reducir el uso de plásticos en invernaderos puede marcar una gran diferencia. Para lograrlo, se necesitan políticas públicas que incentiven una agricultura libre de plásticos y regulen su uso y disposición final.

También es urgente mejorar la gestión de residuos. Muchos microplásticos provienen de la mala disposición de desechos. Si no se recolectan ni reciclan adecuadamente, acaban en el suelo y en el agua.

Además, crear programas de recolección comunitaria, compostaje sin plásticos y separación de residuos desde el origen son pasos clave para frenar su avance.

La educación también es fundamental. Desde la primaria hasta la universidad se pueden impulsar proyectos y campañas que informen sobre los efectos de los microplásticos en el ambiente y en la seguridad alimentaria. En escuelas, universidades y comunidades agrícolas debemos hablar de este tema.

Es urgente que las nuevas generaciones vuelvan a mirar al campo. Hoy existe una desconexión entre la ciudad y la producción de alimentos. Visitar huertos, conocer de dónde viene lo que comemos e incluir estos temas en los programas escolares ayuda a tomar decisiones más responsables.

La juventud puede ser protagonista a través del activismo ambiental. Campañas en redes sociales, ferias, videos y participación en propuestas legislativas pueden generar cambios importantes. También desde casa y la escuela se puede impulsar la reducción del plástico en la vida diaria.

Se han encontrado concentraciones de hasta 34 partículas por litro en acuíferos de Sinaloa, siendo los pozos cercanos a zonas agrícolas los más contaminados.



Como consumidores, tenemos poder. Elegir alimentos locales, sin envoltura plástica, apoyar mercados orgánicos, consumir productos sostenibles y promover materiales biodegradables son formas cotidianas de contribuir. Cada acción, por pequeña que parezca, suma. Desde la escuela, el hogar o el campo, podemos reducir la contaminación por microplásticos y proteger el futuro de nuestros suelos, nuestros alimentos y nuestra salud. La ciencia ya nos ha dado las señales. Ahora es momento de transformar la preocupación en acción. El futuro de nuestra comida y del medioambiente depende de las decisiones que tomemos hoy.

Conclusiones

Los microplásticos han llegado al campo y, con ellos, a nuestros alimentos. Aunque son invisibles, sus efectos son reales: alteran la salud del suelo, afectan cultivos y pueden llegar hasta nuestro organismo. En México ya se han detectado en productos de consumo diario, lo que confirma que este problema es actual y cercano. Si bien aún hay mucho por investigar, la evidencia disponible nos alerta sobre sus riesgos. La solución requiere la participación de todos: transformar la agricultura, reducir el uso de plásticos, mejorar la gestión de residuos y educar desde temprana edad. También es clave que, como consumidores, tomemos decisiones más conscientes. Cuidar el suelo es cuidar nuestro futuro. Actuar ahora es esencial para proteger nuestra salud, nuestros alimentos y el ambiente.



Literatura recomendada

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2023). *Salir del círculo vicioso del plástico en la agricultura*.

<https://www.fao.org/newsroom/story/Breaking-the-plastic-cycle-in-agriculture/es>

Büks, F., & Kaupenjohann, M. (2020). Global concentrations of microplastics in soils-A review. *Soil*, 6(2), 649–662. <https://doi.org/10.5194/soil-6-649-2020>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2023). *Inventario Nacional de Fuentes de Contaminación Plástica*. Gobierno de México.

https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/portal/publicaciones/2023/NFCP_2023.pdf

Semblanzas de autores

M. en C. David Ariel Barrales Martínez. Doctorante en Ciencias agropecuarias, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Maestro en Ciencias por el Instituto de Investigaciones de la Tierra de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Biólogo por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.



Dra. Mariela Hada Fuentes Ponce. Profesora Titular en la UAM-Xochimilco, es Licenciada en Agronomía, Maestra en Edafología y Doctora en Ciencias Biológicas. Investigadora nacional nivel I, especialista en fertilidad y calidad del suelo, impacto ambiental de agroecosistemas, gases de efecto invernadero y en el rediseño de sistemas agrícolas con enfoque de intensificación ecológica e investigación participativa.

Dr. Lenin Ejecatl Medina-Orozco. Profesor Titular C, Tiempo completo en el Tecnológico Nacional de México. Biólogo, Maestro en Ciencias en Edafología y Doctor en Ciencias de la Tierra. Investigador Nacional (SNII) nivel I. Investigador Estatal del Estado de Michoacán (PIIM). Perfil deseable de Prodep. Líneas de investigación en Agricultura sostenible, contaminación emergente en suelos y agua.

Dra. Ruth Alfaro Cuevas Villanueva. Ingeniera Química, Maestra en Ciencias del Agua y Doctora en Ingeniería. Profesora e investigadora en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, miembro del SNI Nivel I. Investiga calidad y tratamiento del agua, elementos traza e hidrogeoquímica, liderando estudios sobre Microplásticos, agua subterránea y remoción de contaminantes.

Dr. Daniel Vega Martínez. Profesor en la UAM Xochimilco y Doctor en Educación Agrícola Superior. Con experiencia nacional e internacional, se ha desempeñado como consultor, ponente y docente en sostenibilidad, emprendimiento y educación agrícola, áreas en las que ha impartido múltiples cursos y publicados artículos en revistas indexadas.

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

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

TERRA
Latinoamericana



ISSN Electrónico 2395 - 8030

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



Estrategias comunitarias para proteger el suelo en la zona mazahua

Jazmín Aidee Tapia-Tapia¹
María Consuelo Marín-Togo^{1*}
Horacio Santiago-Mejía¹
Adolfo López-Pérez²

¹Universidad Intercultural del Estado de México, Libramiento Francisco Villa S/N Col. Centro, San Felipe del Progreso.

²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco 56264, Estado de México.

*Autor para correspondencia: consuelo.marin@uiem.edu.mx Número. telefónico: 4431377661

Las comunidades mazahuas del norte del Estado de México implementan acciones comunitarias como las barreras vivas y muertas para proteger y reducir la erosión del suelo, promueven la recuperación del ecosistema donde su participación y esfuerzo ha sido fundamental para lograrlo. No solo benefician a su territorio directamente, sino que sirve como un modelo para otras comunidades donde también se presenta la erosión y demuestra que la acción comunitaria es un recurso esencial para la conservación.

Introducción

El suelo es un recurso natural que está compuesto de minerales, materia orgánica, agua y aire, desempeña un papel importante en el medio ambiente, ya que es un elemento indispensable para mantener la vida en el planeta. Proporciona los nutrientes necesarios para la producción de alimentos, la conservación de la biodiversidad y la regulación del ciclo del agua. Se considera un recurso natural no renovable a escala humana porque su proceso de regeneración es lento; sin embargo, se ve afectado por diversas problemáticas.

Uno de los problemas que más afecta hoy en día al suelo es la erosión, que se considera como el desgaste, arrastre y desprendimiento natural de los materiales que forman su capa más superficial; es causada por la lluvia, el viento y el aumento de la temperatura, acelerada por actividades humanas como la deforestación, la urbanización y las malas prácticas agrícolas, principalmente.

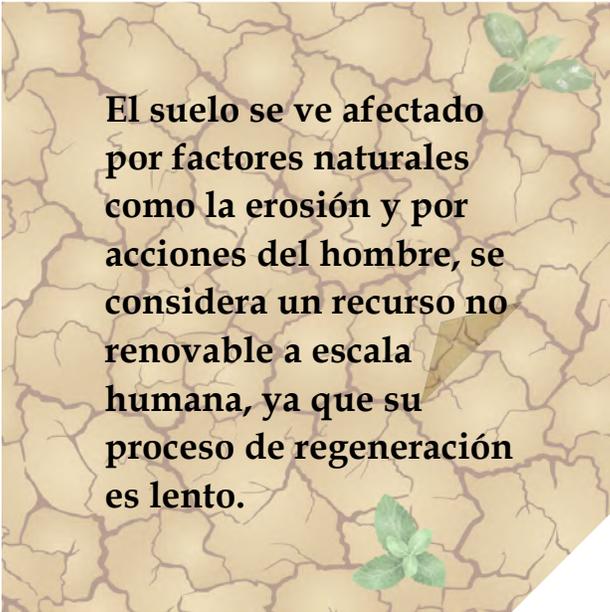




La erosión impacta negativamente en los ecosistemas; por ejemplo, actualmente cada año se erosionan 1,900 millones de hectáreas en el mundo, lo que equivale a dos terceras partes del suelo del planeta; mientras que en nuestro país sólo el 26 % de los suelos utilizados para actividades productivas no presentan este problema.

Para ayudar a minimizar el impacto de la erosión, se requieren estrategias y

actividades sostenibles, entre las más comunes están las reforestaciones y el establecimiento de barreras vivas. Éstas últimas se caracterizan por colocarse en hileras, pueden ser árboles frutales, arbustos y/o pastos; o bien, barreras muertas, elaboradas con material como madera, ramas o incluso llantas. Ambas se colocan específicamente en los contornos de un terreno o áreas donde se pretenda conservar el suelo. Entre los objetivos de estas estrategias resaltan el prevenir y reducir la erosión del suelo, disminuir la velocidad del agua que escurre durante la lluvia, aumentar la infiltración del agua en el suelo, y enriquecer con materia orgánica para la mejora de la fertilidad y productividad.



El suelo se ve afectado por factores naturales como la erosión y por acciones del hombre, se considera un recurso no renovable a escala humana, ya que su proceso de regeneración es lento.

Sin embargo, se han identificado algunas actividades de conservación de suelos que no han tenido éxito, y culminan en la pérdida de los árboles plantados, maltratados o barreras destruidas que se encuentran deterioradas o en completo abandono. Pero aquí te vamos a platicar de algo importante e indispensable para su éxito, y es lo que llamaremos “barreras vivas comunitarias”. Esto se refiere al conjunto de personas de una comunidad que se organiza y persiste en el cuidado y manejo de los recursos naturales, de tal manera que lo hacen como parte de su cultura. Además, con estas acciones la organización comunitaria fortalece los conocimientos tradicionales y permite la implementación de prácticas sostenibles adaptadas a sus condiciones locales que se refleja en beneficios comunes.



Desarrollo

Por ejemplo, en el norte del Estado de México, hay comunidades mazahuas que, desde hace casi 18 años, han puesto empeño en el cuidado del suelo a través de diferentes obras de conservación de suelo y agua. Ellos identificaron que su territorio se encontraba en estado deteriorado, con pocos árboles o bien algunos secos, con pérdida y arrastre del suelo, con pocas condiciones de humedad y falta de agua, así como se puede visualizar en la Figura 1.



Figura 1. Obras de conservación de suelo en comunidades mazahuas de la zona norte del Estado de México, en el año de 2007. Zanjas a nivel en San Pedro el Chico (A), presas de piedra acomodada y terrazas de banco en San Pedro el Alto (B).

Pero ¿sabes cómo estas comunidades mazahuas implementaron las estrategias sostenibles?

Derivado de las preocupantes condiciones naturales del paisaje y de las crecientes afectaciones visibles, las comunidades mazahuas comenzaron a organizarse y, aunque al principio hubo opiniones diferentes, finalmente se unieron y consiguieron el apoyo y respaldo de los tres niveles de gobierno para poder llevar a cabo reforestaciones con árboles de pino, oyamel y encino, barreras vivas con tejocotes, magueyes y nopales. Los habitantes de estas comunidades eligieron estas especies porque se adaptan favorablemente a las condiciones del lugar; asimismo, construyeron barreras muertas como muros de piedra y bordos para acumular agua que se aprovecharía para regar los árboles durante la temporada de sequía.



Figura 2. Función de las especies vegetales y materiales comunes en las comunidades mazahuas de la zona norte del Estado de México usadas como barreras para la disminución y reducción de la erosión.

Desde su implementación, las obras de conservación a través de barreras vivas y muertas para la protección y reducción de la erosión del suelo se han mantenido conservadas gracias al trabajo comunitario. Este trabajo se refleja en constantes limpiezas de ramas, troncos y pencas secas; podas de ramas que impiden el crecimiento de los árboles, sustitución de árboles secos por árboles nuevos, el control de plagas y el reacomodo de piedras en su sitio.



Las barreras vivas y muertas para reducir la erosión, además de ser una solución para proteger y retener el suelo, ofrecen diversos beneficios ambientales, sociales y económicos para estas comunidades mazahuas. Entre los múltiples beneficios de estas acciones, las barreras vivas comunitarias han favorecido al agua, a la vegetación y al paisaje mediante lo siguiente:

- Las raíces profundas de los árboles protegen el suelo, lo conservan y evitan que se fracture o derrumbe.
- Se conserva la humedad del suelo necesaria para el crecimiento de plantas y arbustos.
- Permiten la captación de agua de lluvia a través de la construcción y mantenimiento de bordos.
- Ayudan a la señalización y delimitación de áreas y terrenos comunales.
- Reducen la velocidad del agua cuando llueve disminuyendo el arrastre del suelo.
- Facilitan la infiltración del agua en los manantiales.
- Se han mantenido como un elemento de protección cortafuego en caso de que exista algún incendio en el lugar.
- Los magueyes han servido para retener, mejorar y mantener la humedad en el suelo necesaria para su crecimiento.
- Los nopales han permitido retener al suelo y acumularlo en áreas donde comúnmente se desliza.
- Los árboles forestales como el pino, el encino y el eucalipto han crecido y expandido el área forestal donde anteriormente no había vegetación.
- El crecimiento de estas barreras vivas ha dado lugar a la formación de terrazas naturales que han contribuido a retener el suelo reduciendo la erosión.
- Han favorecido la recuperación de plantas silvestres, medicinales y comestibles.



La erosión del suelo es un desgaste natural de los materiales que forman su capa más superficial, aumenta por causas naturales como el agua, el viento, la temperatura y causas humanas como la deforestación, la urbanización, las malas prácticas agrícolas etc.



Estos beneficios para el mes de marzo del 2025 muestran un paisaje irreconocible satisfactorio (Figura 3), es decir, han impactado de manera positiva en el ambiente, en el fortalecimiento y tejido de la estructura social de la comunidad, varios pobladores se han beneficiado de la colecta de plantas medicinales, hongos, nopales, tejocotes, pencas de maguey, tunas, etc. También es un espacio donde se realizan convivencias familiares y actividades deportivas, como atletismo y fútbol. Estas crecientes actividades han permitido que los representantes consideren la futura viabilidad de crear un parque ecoturístico para beneficio de los habitantes de la misma comunidad y poblados cercanos.



Las “barreras vivas comunitarias”, se fortalecen como equipo con la aplicación de conocimientos tradicionales.

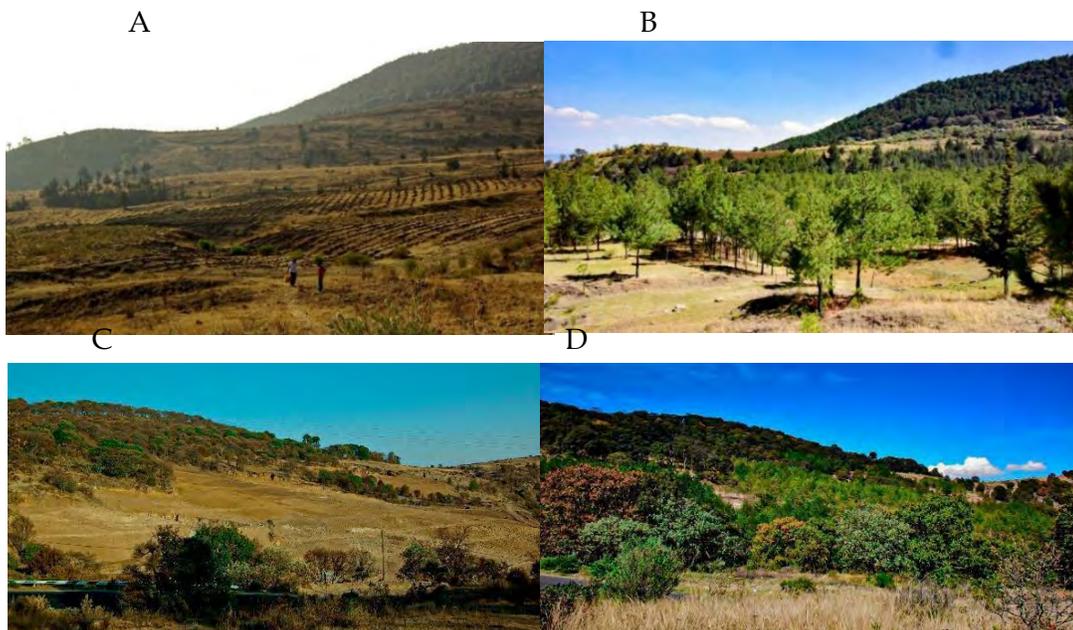


Figura 3. Efecto de las estrategias y obras de conservación de suelo en comunidades mazahuas de la zona norte del Estado de México, antes (A y C) y después de dieciocho años de su implementación (B y D).



Conclusiones

Existen estrategias ambientales como las barreras vivas y muertas para controlar la erosión; su efectividad va de la mano con el esfuerzo colectivo de las comunidades y el conocimiento local – tradicional. El trabajo colectivo en el corto, mediano y largo plazo tendrá un impacto visible en el ecosistema y en la población. Las comunidades mazahuas ofrecen un modelo claro a seguir para otras comunidades donde se podrían generar beneficios e impactos similares en lugares donde la erosión también está presente.



Literatura recomendada

Comisión Nacional Forestal. (2023). Manual de Obras y Prácticas de Protección, Restauración y Conservación de Suelos Forestales, (6ª ed). México. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/910650/_Manual_de_Obras_y_Prcticas_de_Proteccion_Restauracion_y_Conservacion.pdf

Organismo Internacional de Energía Atómica. (2018). Control de la erosión del suelo, gestión de la degradación y pérdida del suelo. Recuperado de <https://www.iaea.org/es/temas/control-de-la-erosion-del-suelo>

Ruíz, V. J., Bravo, E. M. & Loeza, R. G. (2001). Cubiertas vegetales y barreras vivas: tecnologías con potencial para reducir la erosión en Oaxaca, México. *Terra Latinoamericana*, 19(1), 89-95.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2015). Suelos, base para su manejo y conservación (1ª ed). Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable. Recuperado de https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers16-07/010067297.pdf



Semblanzas de autores

Jazmín Aidee Tapia-Tapia. Licenciada en Desarrollo Sustentable, estudiante de la Maestría en Gestión de la Innovación Rural Sustentable ambas por la Universidad Intercultural del Estado de México, profesora del Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso.

María Consuelo Marín-Togo. Geógrafa, doctora en Ciencias Biológicas, desarrolla la línea de investigación saberes y recursos de los socioecosistemas. Desarrolla estudios de análisis del paisaje, disponibilidad y conectividad de hábitat, planeación sistemática de la conservación y manejo comunitario de recursos naturales. Actualmente es perfil PRODEP y pertenece al Sistema Nacional de Investigadores.



Horacio Santiago-Mejía. Ingeniero Agrónomo en Producción por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Maestro en Ciencias en 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, perfil PRODEP y pertenece al SNI.

Adolfo López-Pérez. Posgrado en Hidrociencias, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Profesor Investigador Adjunto, especialista en Manejo de Cuencas Hidrográficas, Sistemas de Información Geográfica y Cambio Climático. La línea de investigación se enfoca en el modelado hidrológico e hidráulico de áreas de drenaje, erosión de suelos, cambio climático y análisis multicriterio.

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

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

TERRA
Latinoamericana



ISSN Electrónico 2395 - 8030

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



Suero de leche: ¿Residuo, o un potencial bioestimulante en plantas?

Daniela Rodríguez Luna^{1*}
Armando Robledo Olivo²

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

² Laboratorio de Fermentaciones y Biomoléculas, adscrito al Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México. C.P. 25350.

*Autor para correspondencia: danielarodluna@outlook.com

Las agroindustrias generan miles de toneladas de residuos cada año, los cuales ocasionan contaminación para el medio ambiente. La gran mayoría de estos contienen compuestos de interés. El suero de leche es un residuo que resulta durante la elaboración de diferentes quesos. Este residuo es una alternativa en la agricultura, ya que puede ser utilizado como fuente para producir bioestimulantes en las plantas, ayudándolas a mitigar daños por estrés, así como mejorar su crecimiento.

¿Por qué es importante reutilizar residuos?

Para el año 2050, ante una tendencia de crecimiento, se prevé una sobrepoblación en el mundo. Las mayores preocupaciones son la seguridad alimentaria, la demanda por energía y por recursos. El desarrollo industrial genera un incremento significativo en la producción de residuos, convirtiéndose en una problemática para las empresas, tanto ambiental como económica, ya que las empresas son responsables de la disposición final de los residuos, elevando los costos. En este sentido, es necesario buscar procesos de producción nuevos que sean más eficientes y con bajo impacto en el medio ambiente. Dentro de los nuevos procesos se ha buscado la reducción en la explotación de los recursos naturales, dándole un segundo uso a los residuos generados en la industria, creando así una economía circular.

Las agroindustrias generan miles de toneladas de residuos cada año, los cuales ocasionan contaminación para el medio ambiente



Los residuos agroindustriales se pueden reutilizar para evitar el daño al medio ambiente

De este modo, la reutilización de estos residuos o subproductos contribuye a disminuir la explotación de recursos, disminuyendo la contaminación y degradación del ecosistema. Con ello, se evita una disposición final inadecuada por incineración de los residuos, su uso en rellenos sanitarios, o el vertimiento a fuentes hídricas. Se ha encontrado que hay residuos agroindustriales que contienen compuestos que podrían ser útiles para la agricultura. Un ejemplo de un residuo es el suero de leche.



Figura 1. Producción de queso fresco.

¿Suero de leche, de dónde se obtiene?

Durante la producción de diferentes tipos de queso, se genera como residuo el suero de leche. Un ejemplo sería el queso fresco (Figura 1), que es entre el 80 y el 90% del volumen total de residuos de este proceso. El volumen producido a nivel mundial se estima en más de 10 mil millones de toneladas por año, y solo el 50% de la cantidad total se procesa. Se provoca una contaminación extrema si el suero de leche se desecha directamente al medio ambiente,

debido a su contenido orgánico elevado, la demanda biológica de oxígeno (DBO) se encuentra entre 30,000 y 50,000 mg/L, y como demanda química de oxígeno (DQO) entre 60,000 y 80,000 mg/L. Asimismo, aproximadamente el 90% de esta carga orgánica corresponde al contenido de lactosa, cuyo tipo de enlace entre los azúcares que la componen dificulta su degradación por parte de los microorganismos. Al desechar el suero de leche en sistemas hídricos hace que el oxígeno se agote en el agua, esto se debe a que los microorganismos disminuyen el pH del agua por la transformación de la materia orgánica en otros compuestos, causando la producción de olores desagradables y la pérdida de biodiversidad de los cuerpos de agua.

El suero de leche es un residuo que resulta de la elaboración de varios tipos de quesos



Los bioestimulantes son sustancias o microorganismos que, al aplicarse a las plantas, mejoran su crecimiento, rendimiento y resistencia al estrés

Con la elevada concentración de materia orgánica y la generación de una cantidad significativa de suero de leche (incremento anual aproximado del 3%), las empresas lácteas de menor y mediana escala son incapaces de hacer uso del suero de leche de una manera que les genere mayor rentabilidad. Aproximadamente el 50% de la producción a nivel mundial se desecha al suelo o a los sistemas hídricos, sin someterse a tratamiento, esto hace que sea una amenaza considerable el residuo de este material al medio ambiente.

¿Cuáles son los componentes del suero de leche?

En todos los tipos de suero, el 75% de los sólidos lo constituye la lactosa, sin embargo, los sólidos restantes se considera una fuente rica en proteínas, vitaminas, lípidos y minerales, por lo cual ha sido reconocida su importancia en los últimos años. Entre las principales fracciones proteicas de la leche liberadas en el suero, las proteínas globulares solubles β -lactoglobulina (β -LG) y α -lactoalbúmina (α -LA) están presentes en mayor proporción, en una relación 3:1. En menor proporción, se encuentran la seroalbúmina, inmunoglobulinas, lactoferrina, proteasas-peptonas y transferrina, estas proteínas constituyen el 98% de la proteína soluble. Cada kilogramo de leche entera empleada en la fabricación de los quesos, son equivalentes a 6 g de proteína soluble. La implementación de tecnologías industriales modernas logra la extracción de las proteínas y péptidos del suero, sin desnaturalizarlas y sin comprometer su actividad biológica.

¿Para qué sirve este residuo en la agricultura?

Como el suero de leche cuenta con un alto contenido de proteínas, permite que sea un sustrato potencial para la elaboración de productos de valor agregado, como los hidrolizados de proteínas. Estos, son mezclas de polipéptidos y aminoácidos libres derivados de la hidrólisis química y enzimática a partir de subproductos agroindustriales, tanto de origen vegetal como de residuos animales. La hidrólisis enzimática es el método más establecido para producir péptidos bioactivos a partir de proteínas que, en muchos casos, se ha demostrado que mejora la bioactividad de las proteínas intactas.



Las enzimas involucradas en estos bioprocesos generalmente se derivan de bacterias, hongos o plantas. Los péptidos están implicados en varios procesos fisiológicos que están directa o indirectamente relacionados con la síntesis de metabolitos, y son capaces de aliviar los efectos del estrés biótico y abiótico, mejorar el crecimiento y mejora el rendimiento de producción (Figura 2).

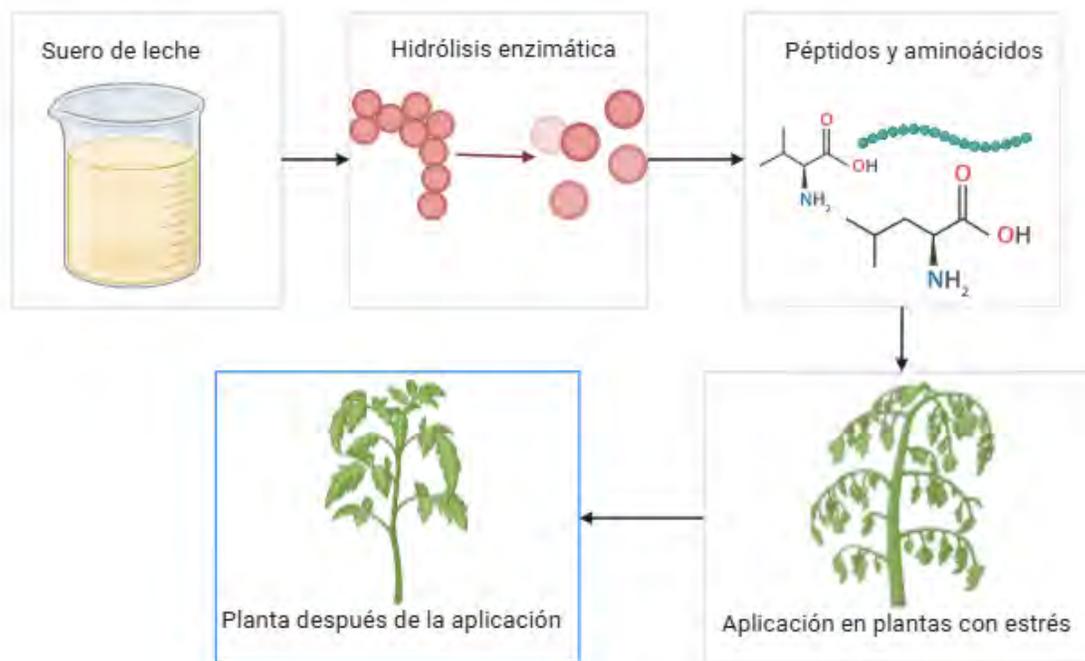


Figura 2. Proceso de la valorización del suero de leche, pasando por la hidrólisis enzimática, obteniendo péptidos y aminoácidos, para posteriormente aplicarlos a plantas con estrés, ayudando a mejorar las condiciones de la planta.

Diversos estudios han demostrado que estos compuestos cumplen diversas funciones como bioestimulantes del desarrollo en las plantas. Los efectos directos sobre las plantas incluyen la modulación de la absorción y asimilación de nitrógeno mediante la regulación de enzimas y actuando sobre la vía de señalización de la adquisición de nitrógeno en las raíces. También se han observado efectos quelantes para varios aminoácidos, que son capaces de proteger a las plantas de los metales pesados, como la prolina, también ayudan a la movilidad y absorción de micronutrientes. Tienen importancia en la práctica agrícola, al aplicarse hidrolizados de proteína en las plantas y el suelo, logrando efectos indirectos sobre la nutrición y crecimiento en plantas.



¿Suero de leche como bioestimulante?

Como respuesta a la problemática del incremento de residuos, la búsqueda de sustancias alternativas al uso de agroquímicos utilizados en la actualidad está en aumento. En este sentido, las investigaciones han respondido a esta problemática ofreciendo diferentes tecnologías que buscan introducir la “sostenibilidad” a las prácticas agrícolas tradicionales. Un ejemplo son los bioestimulantes, que son sustancias y/o microorganismos que aumentan la resistencia al estrés en plantas ya sea biótico o abiótico, en las plantas su desarrollo y crecimiento, además de mejorar la calidad del cultivo. Los hidrolizados de proteínas son un tipo de bioestimulante, los cuales son obtenidos a partir de residuos agropecuarios. Estos influyen en la fisiología vegetal de planta a causa de los diversos mecanismos de acción que ejercen en diferentes etapas del ciclo de vida ya que contienen una mezcla de aminoácidos, péptidos y polipéptidos. Generalmente son aplicados a lo largo de las etapas del crecimiento de la planta por medio de hojas, raíces y/o como tratamientos de la semilla. Se cree que tanto péptidos como aminoácidos después de su aplicación, entran por medio de poros en la membrana celular, estomas y/o de transportadores en la raíz (Figura 3).

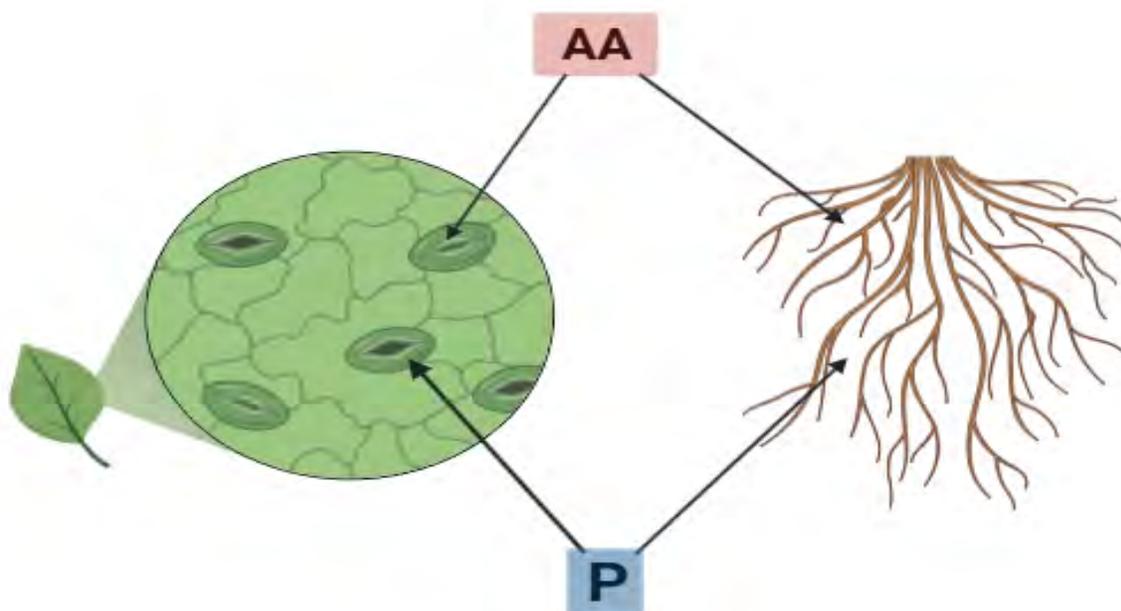


Figura 3. Representación de la entrada de los aminoácidos y péptidos al tejido vegetal por medio de estomas y raíces. AA= aminoácidos, P= Péptidos.



Ya que están dentro de la planta, viajan por medio del sistema vascular donde participan en diferentes procesos. Se conoce que los hidrolizados de proteínas incrementan la biomasa y la actividad microbiana, la respiración del suelo y, en general, su fertilidad. Se cree que las actividades quelantes y complejantes de aminoácidos y péptidos específicos, ayudan en la absorción y disponibilidad de nutrientes por parte de las raíces.

Conclusión

Es importante buscar nuevas propuestas para el aprovechamiento de los residuos agroindustriales, dándoles un valor agregado y disminuyendo así la explotación de los recursos naturales, ya que el aumento en la población y la búsqueda de la industria de satisfacer la demanda de alimentos aumentan la generación de residuos, afectando gravemente al medio ambiente. El suero es un residuo que se resulta al generar varios tipos de queso, que generalmente es desechado al medio ambiente. Es importante tener el conocimiento de que este residuo contiene componentes de interés en la agricultura como las proteínas, estas se tienen que someter a una hidrólisis ya sea química o biológica para obtener péptidos y aminoácidos y como resultado obtener bioestimulantes. Los bioestimulantes son importantes ya que ayudan a la planta a mitigar el estrés, aumentar el crecimiento y mejora la sostenibilidad en la agricultura.

El estrés en plantas se define como cualquier condición externa desfavorable que altera su metabolismo, crecimiento o desarrollo, afectándolas negativamente

Literatura recomendada

Caballero, A., Orts-Gómez, J. M., López-Rodríguez, J., Parrado-Rubio, J., & Martín-Presas, L. (2024). Economía circular del suero de leche: bioproceso para su conversión en bioestimulantes y biofertilizantes agronómicos. *C3-BIOECONOMY: Circular and Sustainable Bioeconomy*, (5), 53–68.

Duarte-Llanes, E. E. & Feregrino-Pérez, A. A. (2024). Residuos agroindustriales como fuentes de compuestos antioxidantes. *Revista de Ingeniería en Industrias Alimentarias*. (1), 26-34.

Eberhardt, A., E. C., Marino, F., Mammarella E. J., Manzo R. M., Sihufe G. A. (2021) Whey protein hydrolysis with microbial proteases: Determination of kinetic parameters and bioactive properties for different reaction conditions. *Dairy Technology*. 74(3),489-504.



Semblanzas de autores

M. C. Daniela Rodríguez Luna. Pertenece al programa de Doctorado en Agricultura Protegida en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, su línea de investigación es Bioconversión de residuos agroindustriales.

Dr. Armando Robledo Olivo. Profesor-Investigador responsable del Laboratorio de Fermentaciones y Biomoléculas, adscrito al Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, pertenece al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) en el nivel 1. Su línea de investigación es Sustentabilidad agroalimentaria y preservación postcosecha, y el uso de bioprocesos para la obtención de biomoléculas que disminuyen el estrés abiótico

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.





Ácido ascórbico: alternativa para mitigar el estrés salino

Gael Josef Serna Solis¹
Carlos Abel Ramírez Estrada¹
Omar Cástor Ponce García²
Martín Armando Alonso Gómez¹
Alejandro Palacio-Márquez^{1*}

¹Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua, Km 2.5 Carretera Delicias a Rosales, 33000 Delicias, Chihuahua, México

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, campo experimental Delicias. Labor Ejido Rosales Kilómetro 2, Delicias, 33000 Delicias, Chih.

*Autor para correspondencia: apalaciom@uach.mx

Las plantas pueden sufrir diferentes tipos de estrés como el estrés salino, que causa graves problemas para la producción agrícola. El ácido ascórbico es un compuesto antioxidante que se produce en las plantas y que ha demostrado tener efectos positivos en los cultivos frente al daño oxidativo. Los detalles de cómo este importante y desatendido compuesto se detallan a continuación.

Introducción

Las plantas pueden sufrir diferentes tipos de estrés: el biótico y el abiótico (Figura 1). El estrés biótico es causado por seres vivos como bacterias u hongos originando plagas y enfermedades. Además, este estrés también es causado por

El estrés abiótico es causado por factores que no tienen vida, como la falta de agua, altas temperaturas y el estrés salino.

competencia con otras plantas como malezas que le roban recursos como agua, nutrientes o luz. Por el contrario, el estrés abiótico es causado por factores que no tienen vida, como puede ser estrés por falta de agua, estrés por temperaturas no aptas para la planta, estrés lumínico, contaminación y salinidad. Este último es un tema de gran interés para la comunidad científica, debido a los problemas que ha generado en los suelos agrícolas.

El estrés salino en los cultivos es un tema complejo y grave para la producción agrícola. Las plantas tienen componentes osmóticos e iónicos encargados de tener una homeostasis en las células, es decir, tener un equilibrio dentro de cada célula.



El estrés salino también altera estos mecanismos iónicos y osmóticos. Estos componentes funcionan a través de solutos como azúcares y aminoácidos, al haber un incremento de sales en el medio de desarrollo de la raíz, en respuesta al estrés se elevan estos componentes alterando las relaciones osmóticas e iónicas de la planta más de lo que puede resistir cada célula. Este ambiente ocasiona estrés por salinidad y provoca un desequilibrio en la célula que afecta el funcionamiento de la planta, su crecimiento y desarrollo, adelantar la senescencia hasta llegar al colapso total.

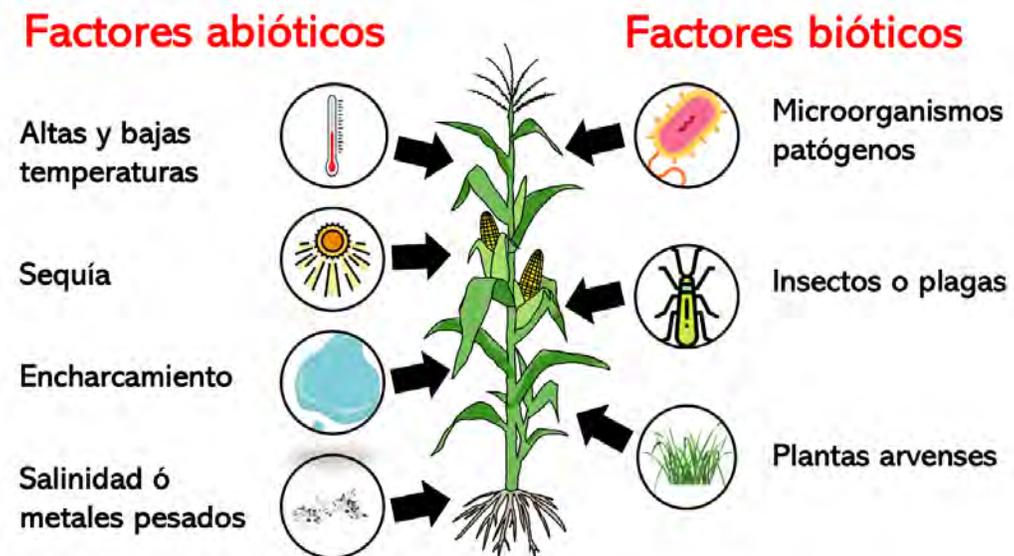
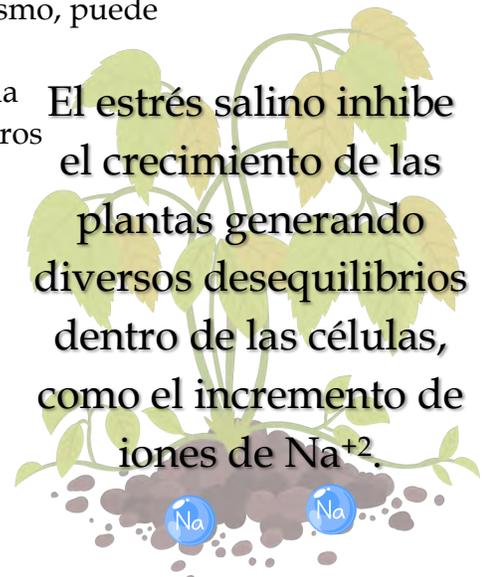


Figura 1. Factores causantes de estrés en los cultivos agrícolas.

El estrés salino inhibe el crecimiento de las plantas al romper la homeostasis celular, generando diversos desequilibrios en la planta. Así mismo, puede ser un incremento en la concentración de iones de Na^{2+} que ocasionan deficiencias de K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} . La modificación en la relación de estos nutrientes esenciales provoca problemas severos de crecimiento, incluso la muerte celular, sin embargo, si se actúa de manera rápida existe una posibilidad de recuperar a una planta de este estrés y así que vuelva a su estado normal.

El estrés salino inhibe el crecimiento de las plantas generando diversos desequilibrios dentro de las células, como el incremento de iones de Na^{2+} .





Funciones del ácido ascórbico (AA) en la planta

OCC(O)C(O)C1=CC(=O)O1

El AA es un compuesto antioxidante que se produce en las plantas a partir de un carbohidrato, la glucosa. Este antioxidante es de suma importancia ya que se encarga de ser un antioxidante, regulador de la función de enzimas y precursor de otros compuestos dentro de la célula que pueden afectar o beneficiar directa o indirectamente a la planta, principalmente, es considerado como un metabolito que actúa en defensa contra diferentes tipos de estrés, como pudiera ser el estrés salino.

Diversas investigaciones han encontrado que el AA es un quelante natural, es decir, el AA puede ayudar a evitar la interacción de los nutrientes con otros compuestos del suelo dejándolos en una forma en la que la planta los pueda absorber fácilmente. Por ejemplo, en la región Centro Sur de Chihuahua, región que se caracteriza por tener suelos con problemas de salinidad, se hace difícil para las plantas obtener micronutrientes como el hierro o el zinc por la forma en la que están presentes en el suelo. Esto ocurre ya que la alta concentración de sales en el suelo aumenta el potencial osmótico, lo que dificulta que las plantas puedan absorber agua y, por lo tanto, nutrientes. El uso de AA en este tipo de suelos puede ser una alternativa para promover disponibilidad de estos iones aminorando el daño por la salinidad.

El ácido ascórbico es un compuesto antioxidante que se encuentra en las plantas, considerado como un metabolito de defensa contra el estrés salino.

Impacto del Ácido Ascórbico en condiciones de estrés salino

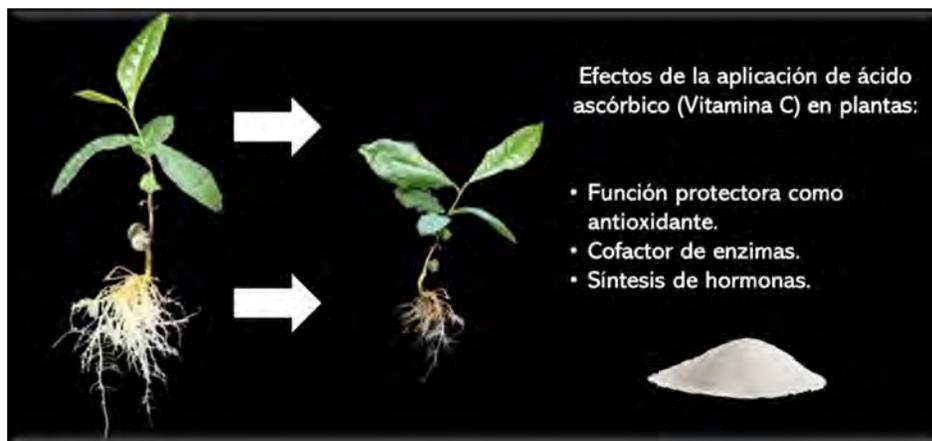


Figura 2. Efectos de la aplicación de ácido ascórbico sobre las plantas.

El AA participa en diversos procesos fisiológicos en la planta (Figura 2), es un compuesto que se sintetiza en mayor cantidad cuando la planta enfrenta algún tipo de estrés o desequilibrio celular, es decir es un mecanismo de defensa que actúa sobre la protección de lípidos y proteínas, regulación de la actividad fotosintética, disminución de la

transpiración y protección de pigmentos fotosintéticos, además promueve una elevación en el contenido de la vitamina C, el cual es un compuesto antioxidante, lo que da como resultado una defensa contra las especies reactivas de oxígeno.



Un método de acción del ácido ascórbico es proteger a las células de un daño oxidativo, lo que conlleva un mayor equilibrio celular.

Sin embargo, en casos de estrés abiótico severo la producción de AA no sería suficiente y la planta tendría un daño irreversible, por ello la aplicación exógena de AA en rangos de 50 a 500 mg por litro puede ser una herramienta para incrementar la cantidad de este antioxidante, lo que implica una mejora en la defensa contra los diferentes tipos de estrés abiótico, especialmente estrés salino. De esta manera se estaría promoviendo la protección celular de un daño oxidativo al mejorar el equilibrio celular por lo que la planta fortalecería sus defensas evitando los daños que pudiera causar dicho

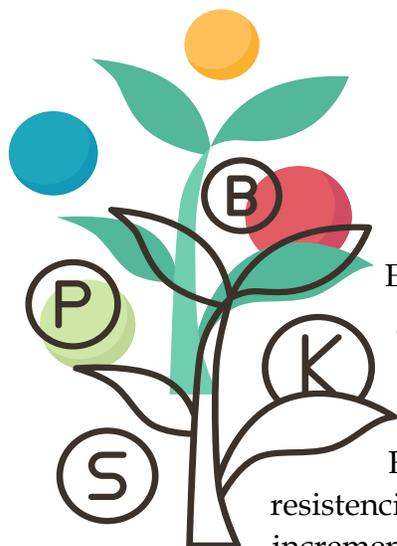
estrés. Cabe destacar que la venta de productos comerciales con ácido ascórbico es aún limitada.

Diversos estudios indican resultados favorables al aplicar AA en diferentes cultivos, por ejemplo, al agregar este antioxidante en un tratamiento de unos esquejes de crisantemo hubo una gran mejoría en las plantas, ya que el diámetro de tallo, el peso, número de frutos y su calidad mejoraron significativamente, lo que incrementa el rendimiento del cultivo y disminuyeron los efectos del estrés. En cuanto a sus efectos sobre el estrés salino, aplicaciones en forma foliar o al suelo mediante fertirrigación ha tenido efectos positivos en crecimiento y rendimiento en maíz, frijol, trigo, avena, cebada, entre otros cultivos (Tabla 1).

Tabla 1. Aplicación de ácido ascórbico ante el estrés salino en diversos cultivos agrícolas.

Tipo de aplicación	Cultivo	Principales efectos
Aplicación mediante la solución nutritiva	Maíz	Incrementó el largo y ancho de la parte radicular y aérea, mayor contenido de clorofila y más acumulación de biomasa.
Aplicación mediante imbibición de la semilla	Frijol	Redujo el estrés oxidativo e incremento el crecimiento de las plántulas.
Aplicado de manera foliar	Trigo	Incrementos significativos en el contenido de pigmentos fotosintéticos, el contenido antioxidante y redujo la cantidad de osmolitos en la célula.
Aplicado de manera foliar	Cebada	Se incrementó la cantidad de biomasa, el rendimiento y la absorción de nutrientes en comparación con las plantas estresadas.
Aplicado en forma de solución nutritiva	Avena	Incrementó los parámetros relacionados con el crecimiento y desarrollo vegetativo.





Retos para la juventud

El estrés salino y su efecto negativo sobre los cultivos es un problema grande, el cual es muy notorio en la región centro sur de Chihuahua, generando grandes pérdidas económicas, debido a esto es necesario desarrollar alternativas que puedan mitigar estos efectos.

El AA se presenta como una excelente opción para incrementar la resistencia de los cultivos a este tipo de estrés, sin embargo, es necesario incrementar el número de investigaciones relacionadas a este tema, ya que sus efectos continúan siendo poco explorados. Para realizar estas innovaciones es necesario que la sociedad académica estudiantil esté al tanto de ellas ya que es un problema futuro que, en conjunto con el crecimiento poblacional, los obliga a generar alternativas menos dañinas sin afectar la productividad de los cultivos.

Además, el AA es benéfico para la salud de las personas, por lo que entregar un producto agrícola con una mayor cantidad de AA beneficia al consumidor, pues esta molécula es esencial para el cuerpo humano; al incrementar las defensas ante infecciones y ayudando a asimilar micronutrientes, como el hierro.

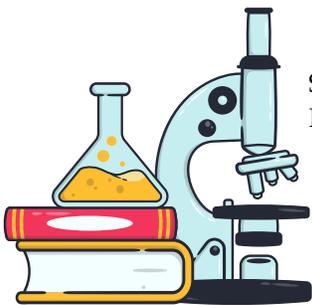
Conclusión

El ácido ascórbico es un compuesto prometedor para su uso en la agricultura al ser un componente natural de las plantas no tendrá repercusiones en la salud de las personas ni en la contaminación del ambiente. La aplicación exógena de ácido ascórbico puede mejorar los cultivos, promover una mayor resistencia al estrés salino mejorando el rendimiento y calidad de cultivos sin incrementar el impacto ambiental. Por lo tanto, urge que los nuevos estudiosos del ramo agrícola exploren aún más este y otros compuestos con aplicación en la producción sostenible de cultivos.





Literatura recomendada



Sousa, C. H. C. de, Fernandes, P. D., Gheyi, H. R., Nobre, R. G., & Silva, L. A. (2018). Morfofisiología del rábano (*Raphanus sativus* L.) bajo estrés salino y tratamientos con ácido ascórbico. *Agronomía Colombiana*, 36(3), 257-265.

<https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v36n3.74149>

Mora-Herrera, M. E., Peralta-Velázquez, J., López-Delgado, H. A., García-Velasco, R., & González-Díaz, J. G. (2011). Efecto del ácido ascórbico sobre crecimiento, pigmentos fotosintéticos y actividad peroxidasa en plantas de crisantemo. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 17(SPE2), 73-81.

Cisne Contreras, J. D., Muñoz, I., & Reyes, H. (2007). Reguladores de crecimiento, L-Cisteína y ácido ascórbico en el cultivo in vitro de mora (*Rubus glaucus* Benth). *La Calera*, 7(8), 59-64.



Semblanzas de autores



Gael Josef Serna Solís. Estudiante de la Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, cursando el 4to semestre de la carrera Ingeniero Agrónomo Fitotecnista.

M. C. Omar Cástor Ponce García. Ingeniero Agrónomo por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, M. C. en Productividad Frutícola por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Jefe del Campo Experimental Delicias en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Forestales (INIFAP).

M. C. Carlos Abel Ramírez Estrada. Maestría en ciencias, con terminación en Horticultura, estudiante de doctorado en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) y profesor investigador en la facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH).

M. C. Martín Armando Alonso Gómez. Maestría en ciencias en Parasitología Agrícola, especializado en las áreas de Entomología y Nematología en la UAAAN, profesor investigador de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

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





Líquenes: pequeños aliados en la agricultura

Castro-Rosalez Laura¹
Juárez-Maldonado Antonio¹
Benavides-Mendoza Adalberto²
González-Morales Susana³
Pérez-Labrada Fabián^{1*}

¹Departamento de Botánica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.

²Departamento de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.

³SECIHTI-Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.

*Autor de correspondencia: fabian.perezl@uaaan.edu.mx Tel.: 844-4647-582.

¿Conoces a los líquenes? ¿Sabías que estos pequeños organismos realizan funciones muy importantes que podrían beneficiar a la agricultura, como mejorar la fertilidad del suelo y proteger a los cultivos del estrés biótico y abiótico (por ejemplo, plagas, enfermedades o condiciones de alta irradiancia)? Explora la siguiente información para que conozcas a los líquenes y el potencial que pueden ofrecer a la producción agrícola.

Introducción

En la naturaleza existen un gran número de organismos que, aunque a menudo pasan desapercibidos, juegan un rol de vital importancia en el equilibrio de los ecosistemas terrestres. Los líquenes son un ejemplo de ello, al ser una pieza clave para la salud del suelo, pueden convertirse en aliados importantes para el desarrollo de una agricultura más respetuosa con el medio ambiente. Estos organismos se encuentran en muchos lugares del mundo y colonizan diversas superficies como el cemento, troncos de árboles (Figura 1), hojas, rocas, suelo y hasta tejidos de animales, como los caparazones de tortugas y exoesqueletos de insectos. Se ha reportado que alrededor del 8% de la superficie del planeta está cubierta por líquenes.

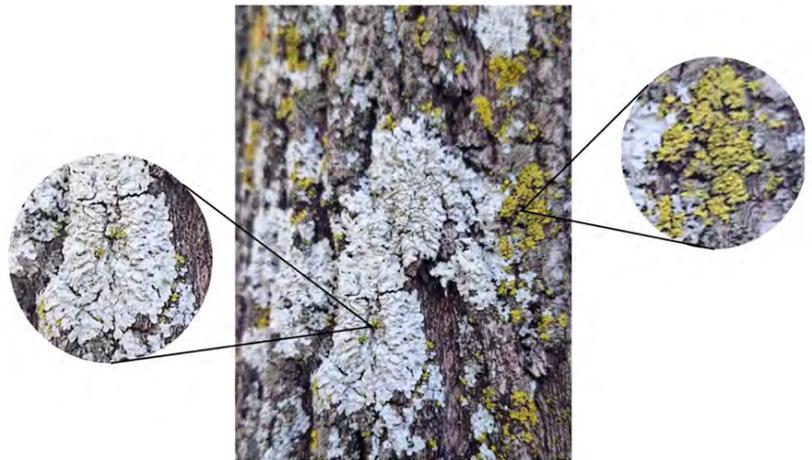


Figura 1. Líquenes en corteza de árboles
(Fotografía por Castro-Rosalez L).



Pero, ¿qué son los líquenes?

Los líquenes son un grupo de organismos formados por la unión de un hongo y un alga-microalga o cianobacteria, que trabajan en simbiosis para sobrevivir y beneficiarse mutuamente. El hongo protege al alga contra el exceso de radiación solar y la desecación, mientras que el alga o cianobacteria le proporciona nutrientes (azúcares) obtenidos a partir de la fotosíntesis al hongo (Figura 2).

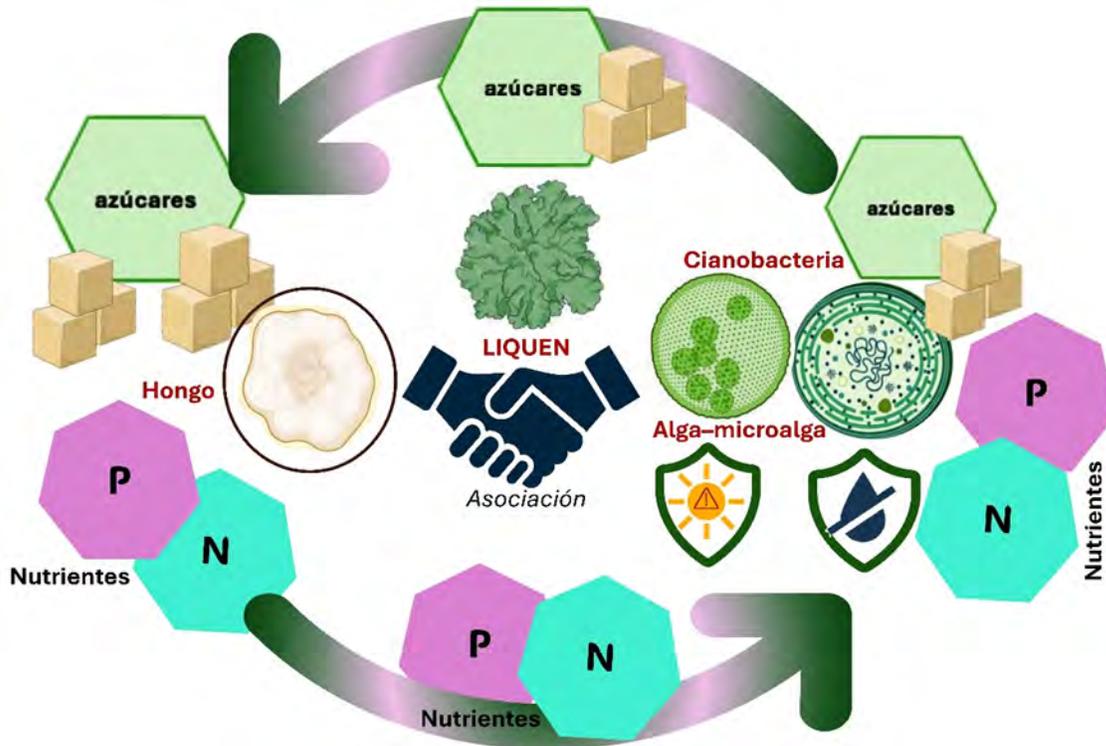


Figura 2. Asociación entre hongo y alga-microalga o cianobacteria.

Gracias a esta asociación los líquenes adquieren habilidades especiales como la producción de compuestos químicos, conocidos como ácidos liquénicos que los ayudan a sobrevivir en condiciones desfavorables como la falta de agua, exceso de luz, frío y/o congelamiento; también les ayudan a prevenir enfermedades y alejar a los depredadores. Se han identificado alrededor de 1,000 compuestos producidos por líquenes (parietina, atranorina, ácido úsnico, vulpínico, rizocárpico, lecánorico y barbático, etcétera). Algunos de ellos han mostrado propiedades antimicrobianas, insecticidas y herbicidas que pueden ser útiles para el manejo de plagas y enfermedades en cultivos agrícolas.



En México se han descrito cerca de 2,722 especies de líquenes, cuyos estudios se han enfocado principalmente en los bosques templados de la región centro y sur del país, aunque pueden presentarse en todas las regiones del país. Destacando por su presencia y mayor número de especies, los géneros *Lecanora*, *Caloplaca*, *Graphis*, *Usnea*, *Xanthoparmelia* y *Parmoetrema*. No obstante, es importante mencionar que los estudios sobre la diversidad y distribución de los líquenes en México es escasa.

¿Cómo están clasificados los líquenes?



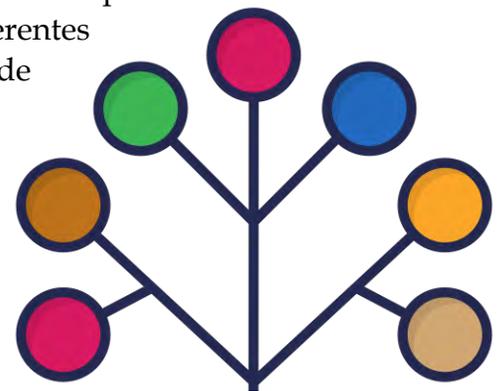
Los líquenes se clasifican de acuerdo con su forma de crecimiento, que puede ser gelatinosa, foliosa, costrosa, fruticosa o compuesta. La forma de crecimiento más común en México es de líquenes costrosos (60%), seguido de los foliosos (28%) y los fruticosos (8%).

Según el sustrato en que se desarrollan, los líquenes pueden ser cortícolas (que crecen en corteza de árboles), terrícolas (en la superficie del suelo), folícolas (crecen sobre hojas), saxícolas (sobre la superficie de piedras y rocas) y zoobióticos (cuando crecen en tejidos de animales).

Además, se pueden encontrar líquenes de varios colores con diferentes tonalidades, que van desde

verdes, blanquecinos, grisáceos, cafés, negros, amarillos brillantes, anaranjados y rojos.

Respecto a su taxonomía, los líquenes son un grupo difícil de clasificar, debido a su composición dual (alga + hongo), actualmente se encuentran dentro del grupo de los hongos superiores, divididos en 2 grupos: ascolíquenes y basidiolíquenes; y reciben su nombre en función del hongo. Cabe mencionar que hace falta realizar más estudios enfocados a mejorar su sistema de clasificación taxonómica.



“Los líquenes son pequeños organismos formados por la unión de un alga o cianobacteria y un hongo que se benefician mutuamente.”



Beneficios de los líquenes en la agricultura

Y ahora se preguntarán ¿Cómo pueden beneficiar los líquenes a la agricultura? A continuación, se mencionan algunas de las tareas que realizan estos pequeños organismos (Figura 3):



Figura 3. Beneficios que pueden aportar los líquenes a la agricultura.

1. Pioneros en la formación y conservación del suelo: Los líquenes al ser de los primeros colonizadores, y con ayuda de los metabolitos que producen, aceleran el proceso de meteorización de las rocas que favorece su desintegración en fragmentos más pequeños y su acumulación e integración en el suelo. Por otro lado, los metabolitos líquénicos también participan en la descomposición de la materia orgánica lo cual mejora la producción e incorporación de humus en el suelo. Sin embargo, no hay estudios que precisen la cantidad de humus aportada por hectárea. Además, en suelos desprovistos de vegetación ayudan a fijar las partículas del suelo (arcilla, limo y arena) para evitar la erosión cuando hay condiciones de viento y lluvias intensas.

2. Retención de humedad: Se ha reportado que los líquenes son excelentes captadores de agua de la atmósfera ya que tienen la capacidad de almacenar hasta un 200 y 400% de su peso seco, en una hectárea consiguen acumular hasta 6,200 L de agua. El agua almacenada en el líquen se evapora lentamente y propicia una humedad constante en el ambiente. Esta habilidad puede ser de utilidad para usar líquenes en zonas agrícolas donde la lluvia es escasa.



3. Bioacumulación de nutrimentos: Los líquenes tienen la capacidad de almacenar macro y micro nutrimentos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, como el fósforo, potasio (137.71-350.24 ppm), calcio (3.41 -38.73 ppm), cobre (0.40 - 4.28 ppm), hierro (85.74 - 853.74 ppm), magnesio (246.48-299.05 ppm), manganeso (5.18 - 23.82 ppm), sodio (6.25 - 348.80 ppm), zinc (2.06 - 10.60 ppm) y azufre. Algunos líquenes (formados por cianobacterias) tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico aproximadamente 10-15 kg/ha/año. Cabe señalar que las cantidades reportadas pertenecen a estudios con enfoque ambiental, pero podría ser de utilidad en los suelos agrícolas. Por lo que se sugiere el desarrollo de estudios que ayuden a determinar la relevancia y funcionalidad de esta característica en la producción agrícola. Recientemente se reportó que algunas especies de líquenes (*Lobaria pulmonaria*, *Aspicilia calarea*, *Flavoparmelia caperata*, *Cladonia furcate*, *Xanthoparmelia somloensis* entre otros) además de actuar como fuente de nutrientes ejercen un efecto positivo en el contenido de aminoácidos, nutrientes y contenido de materia seca en maíz. Lo anterior supone que los líquenes pudieran ser una fuente natural de nutrientes para el suelo y plantas lo cual implicaría una disminución del requerimiento y uso de fertilizantes químicos.

4. Biorremediadores de suelo: Debido a que los líquenes no poseen una cutícula protectora tienen la capacidad de absorber y acumular una gran cantidad de metales pesados, como aluminio, arsénico (0.10 - 0.73 µg/g), cadmio (0.02- 0.17µg/g), cromo (0.19-3.0 µg/g) plomo (0.3 - 6.9 µg/g), mercurio (0.07 - 0.10 µg/g) y níquel (0.83 -0.10 µg/g). Esta habilidad de los líquenes es de gran relevancia porque representa una estrategia para la remediación de suelos contaminados por metales pesados que no son aptos para el desarrollo de cultivos agrícolas.

5. Control de fitopatógenos y plagas agrícolas: Algunos compuestos producidos por los líquenes tienen propiedades antimicrobianas. Un ejemplo de ello es el ácido úsnico, que ha mostrado ser efectivo en la inhibición de algunos hongos y bacterias fitopatógenas. Así mismo, el ácido difractaico exhibió actividad insecticida contra gorgojos que afectan a los granos almacenados. Este comportamiento de los líquenes es fascinante porque marca la pauta como alternativa viable al uso de pesticidas químicos.





“El ácido úsnico producido por los líquenes tiene propiedades antimicrobianas contra algunos hongos y bacterias fitopatógenas.”

6. Bio-herbicidas: De igual forma se ha informado que algunos compuestos de origen líquénico presentan potencial alelopático, lo que significa que pueden inhibir el crecimiento y germinación de semillas de algunas plantas. Esta característica puede ser utilizada para evaluar su uso como herbicida para el manejo de malezas.

7. Protección contra estrés abiótico: Los líquenes muestran una gran capacidad para protegerse contra alta radiación (principalmente de tipo UV), esta capacidad fotoprotectora es gracias a metabolitos como el ácido úsnico. Esta cualidad puede ser de gran utilidad para proteger cultivos sensibles al exceso de radiación solar.

8. Producción de compuestos antioxidantes: Otra de las propiedades interesantes de los líquenes es que sus metabolitos (ácidos líquénicos) tienen la capacidad de eliminar especies reactivas de oxígeno, promover la producción de compuestos antioxidantes y activar el sistema de defensa de las plantas. Al respecto se ha informado que la aplicación de sustancias líquénicas (ácido úsnico) incrementó la concentración de flavonoides y ácidos fenólicos en plántulas de *Eryngium alpinum* en condiciones *in vitro*. También aumentó la actividad de enzimas antioxidantes como la superóxido dismutasa y catalasa en plántulas de *Allium fistulosum*. Estos hallazgos son interesantes porque sugieren el uso del ácido úsnico como elicitador para promover la defensa antioxidante de las plantas, útil cuando hay condiciones de estrés oxidativo.

Conclusiones

Desafíos y limitaciones de los líquenes en la agricultura

Sin lugar a duda los líquenes pueden ser un herramienta para la producción sostenible de alimentos, sin embargo aún falta conocer a mayor profundidad los mecanismos de esta simbiosis para poder esclarecer su máximo potencial sin comprometer su existencia; ya que son organismos de lento crecimiento y sensibles a los cambios del ecosistema.

En el sector agrícola el uso de los líquenes es alentador, sin embargo aún hay desafíos que deben ser afrontados como el aporte real de nutrientes en suelos áridos y/o tropicales, la capacidad de promover compuestos antioxidantes y el sistema de defensa en cultivos bajo estrés, su uso en el combate de microorganismos dañinos para las plantas, entre otros. Estos retos conllevan al desarrollo e implementación de nuevas áreas de investigación que sean de interés a la comunidad científica y al público en general.



ENZYME



PROBIOTICS



AMINO ACID



ANTIOXIDANT



MICROELEMENT



Literatura recomendada

Delgado, A. H., Salcedo-Martínez, S. M., Alvarado-Vázquez, M., & Limón, S. M. (2018). Los líquenes: Definición, características, importancia y usos potenciales. *Biología y Sociedad*, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10.29105/bys1.1-58>

Herrera-Campos, M. de los Á., Lücking, R., Pérez-Pérez, R. E., Miranda González, R., Sánchez, N., Barcenás-Peña, A., Carrizosa, A., Zambrano, A., Ryan, B. D., & Nash III, T. H. (2014). Biodiversidad de líquenes en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, S82-S99. <https://doi.org/10.7550/rmb.37003>

Pérez-Pérez, R. E., Silva-Espejo, R., Figueroa-Castro, D. M., & Castañeda-Posadas, C. (2024). Riqueza y composición de líquenes de los pueblos mágicos de Cuetzalan y Tlatlauquitepec, Puebla, México. *Polibotánica*, 58. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.58.3>



Semblanzas de autores

Castro-Rosalez Laura. Doctorando en Ciencias en Agricultura Protegida, con la línea de investigación sobre Mitigación y mecanismos de defensa de plantas en condiciones de estrés por fitopatógenos. Egresada de la licenciatura en Ingeniero en Agrobiología y Maestra en Ciencias en Parasitología Agrícola por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Juárez-Maldonado Antonio. Profesor Investigador del Departamento de Botánica de la UAAAN. Su línea de investigación abarca la ecofisiología vegetal, bioestimulación de cultivos, inducción de tolerancia a estrés biótico y abiótico, producción de cultivos en invernadero, uso de nanomateriales en cultivos, uso de tecnologías para mejorar la producción de cultivos.

Benavides-Mendoza Adalberto. Profesor Investigador en el Departamento de Horticultura de la UAAAN desde 1998. Anteriormente trabajó en el Grupo Industrial Bimbo en investigación y desarrollo; fue Investigador Asociado el Centro de Investigación en Química Aplicada y Profesor del Centro de Educación y Capacitación Forestal número 3 de la SARH.

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

Pérez-Labrada Fabián. Profesor Investigador de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el Departamento de Botánica. Su línea de investigación es el estudio de enmiendas-moléculas orgánicas en la producción de cultivos bajo condiciones de estrés.



SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO A.C
49° Congreso Mexicano de la Ciencia del Suelo



International Soil Security Congress
y 3rd International Conference on Soil Sustainability and Innovation

"El Suelo: Pasado, Presente y Futuro de La Vida"



¡AVISO!

Se amplía la fecha para recibir postulaciones al Premio Nacional de la Ciencia del Suelo hasta el 05 de septiembre de 2025.



Más información



del 13 al 17 de octubre 2025



Universidad Autónoma Chapingo

CONGRESO MEXICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

EL SUELO: PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE LA VIDA

<https://suelos.chapingo.mx/>



Los bosques como guardianes del equilibrio ecológico

Carlos Felipe Luna-Bautista¹
Víctor Tamariz Flores²
Rosalía Castelán Vega^{2*}

¹ Posgrado en Ciencias Ambientales, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla 72570, Puebla, México

² Centro de Investigación en Ciencias Agrícolas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla 72570, Puebla, México.

*Autor de Correspondencia: rosalia.castelan@correo.buap.mx; Teléfono: 2222295500, Ext: 7353.

Los bosques son clave para el equilibrio del planeta: regulan el clima, protegen el agua, albergan biodiversidad y sostienen comunidades humanas. Sin embargo, su deterioro pone en riesgo estos beneficios. Conservarlos y gestionarlos de forma sostenible es fundamental para garantizar un futuro saludable para todos. #ConservaciónForestal #BosquesVivos #Sostenibilidad.

Introducción

Los bosques son una parte esencial de nuestro planeta. No solo producen parte del oxígeno que respiramos, sino que también proporcionan alimentos, materiales y refugio para una gran cantidad de seres vivos. Además, ayudan a mantener el equilibrio del clima y son clave para la calidad de vida de millones de personas.

Hoy en día, los bosques cubren casi un tercio de la Tierra y albergan el 80% de las especies terrestres. También son el hogar y la fuente de sustento para muchas comunidades, incluyendo pueblos indígenas que han vivido en armonía con ellos durante siglos. Se estima que alrededor de 2,500 millones de personas dependen directamente de los bosques para su alimentación, vivienda o ingresos.

Además de su valor ecológico y cultural, los bosques desempeñan un rol importante en la lucha contra el cambio climático, ya que absorben grandes cantidades de dióxido de carbono. Estudios recientes han demostrado que restaurar y proteger los bosques es una de las mejores maneras de reducir los efectos del calentamiento global.

En este artículo, exploraremos por qué los bosques son tan importantes, qué beneficios nos brindan, qué amenazas enfrentan y qué podemos hacer para protegerlos.

“La tala indiscriminada y el avance de actividades humanas han provocado la degradación de suelos y la pérdida de biodiversidad.”





Funciones de los bosques

Los bosques han sido aliados fundamentales de la humanidad a lo largo de la historia, proveen materiales para la construcción, alimentos, medicinas y espacios para la vida silvestre. Pero su importancia va mucho más allá: actúan como verdaderos reguladores naturales del clima, purifican el aire y ayudan a mantener el equilibrio de los ecosistemas.

Además, cumplen un papel clave en el ciclo del agua. Funcionan como enormes esponjas que capturan la lluvia y la liberan gradualmente, permitiendo que ríos y lagos mantengan su caudal. También protegen el suelo al evitar la erosión y la pérdida de nutrientes esenciales para la agricultura y la vida silvestre (Fig. 1).



Figura 1. Un vistazo a la majestuosidad de los bosques, ecosistemas esenciales para el planeta.

Además de su importancia para suministrar bienes y servicios, los bosques desempeñan un papel crucial en la captura y almacenamiento de carbono, ayudando así a mitigar los efectos del cambio climático. Este valioso patrimonio natural no solo tiene relevancia ecológica, sino también social y económica. Sin embargo, enfrenta crecientes presiones derivadas de diversas actividades humanas, lo que ha provocado su deterioro paulatino y, en muchos casos, su destrucción.



Amenazas y problemáticas actuales

Los bosques son fundamentales para la vida en la Tierra, pero millones de árboles son talados cada año, lo que genera graves consecuencias para el planeta. ¿Por qué ocurre esto? Entre las principales causas se encuentran las siguientes:

- Industria maderera y papelera

La madera es un recurso muy valioso para la construcción, la fabricación de muebles y otros productos. Además, la industria del papel y el embalaje depende de la pulpa de madera, lo que lleva a la tala de bosques a gran escala. Aunque estos productos son útiles en nuestra vida diaria, su producción a menudo no considera el impacto ambiental que genera.

“La conservación de los bosques no es solo una responsabilidad de gobiernos y organizaciones, sino un compromiso colectivo.”

- Expansión de superficies agrícolas

En muchas partes del mundo, los bosques se talan para convertirlos en superficies de cultivo. Por ejemplo, grandes extensiones de bosques se destruyen para sembrar soya, aceite de palma o café, o para criar ganado. En algunas regiones, se utiliza la técnica de "tala y quema", donde los árboles se cortan y queman para preparar el suelo. Sin embargo, este método agota rápidamente la fertilidad del suelo, lo que obliga a talar más bosques para seguir cultivando (Fig. 2).



Figura 1. Cambios en el uso del suelo: del bosque al campo y la ciudad.



- Desarrollo urbano e infraestructura

El crecimiento de las ciudades y la construcción de carreteras, represas y otros proyectos también contribuyen a la deforestación. A medida que la población aumenta, se necesitan más espacios para viviendas, comercios y servicios. Esto lleva a la destrucción de bosques, especialmente en países con un rápido desarrollo económico.

- Tala y comercio ilegal de madera

En muchos lugares, los bosques se talan de manera ilegal, sin permisos ni regulaciones. Esta práctica no solo daña los ecosistemas, sino que también alimenta un mercado negro de madera, donde se vende a precios bajos. Esto hace que sea difícil controlar la explotación de los recursos forestales y fomenta la destrucción continua de los bosques.

La tala indiscriminada y el avance de actividades humanas han provocado la degradación de suelos y la pérdida de biodiversidad. Si queremos asegurar nuestro futuro, es imprescindible adoptar medidas para conservar y restaurar estos ecosistemas esenciales para la vida.

Estrategias y acciones para la conservación

Para fortalecer la conservación de los bosques y fomentar un manejo sostenible de sus recursos, es esencial involucrar a las comunidades en la toma de decisiones y garantizar que las políticas nacionales definan claramente las áreas forestales destinadas a la conservación y a la producción sostenible. En este contexto, los países en vías de desarrollo requieren acceso a financiamiento adicional, y tecnologías amigables con el medio ambiente para implementar estas estrategias de manera efectiva.



Otro aspecto clave es asegurar que el valor real de la madera y sus derivados refleje no solo su precio de mercado, sino también los costos ambientales y de reposición. Para ello, es necesario eliminar barreras comerciales que limiten el comercio sostenible de productos forestales, y promover prácticas que integren la reforestación dentro del costo total de los bienes obtenidos de los bosques.

“Se estima que alrededor de 2,500 millones de personas dependen directamente de los bosques para su alimentación, vivienda o ingresos.”



Además, la creación de una red global de áreas protegidas bien gestionadas y con financiamiento adecuado, es crucial para la conservación forestal. Es importante que los gobiernos establezcan una lista de zonas biogeográficas prioritarias para garantizar la representatividad de los ecosistemas forestales en los esfuerzos de conservación a nivel mundial (Fig. 3).



Figura 2. El agua que fluye por el bosque es un recordatorio de la fragilidad de estos ecosistemas.

Por último, es fundamental desarrollar métodos que permitan evaluar y asignar un valor económico a la biodiversidad forestal, desde el nivel genético hasta el ecosistémico. Esto facilitará la distribución equitativa de los beneficios derivados del aprovechamiento de los recursos naturales, incluyendo aquellos obtenidos a través de la biotecnología. Esta disciplina ha permitido, por ejemplo, la identificación de especies con propiedades medicinales, la propagación de árboles nativos mediante técnicas de micropropagación. Gracias a ello, se han fortalecido estrategias de conservación in situ y ex situ, y se ha promovido un uso más sostenible de la riqueza genética de los bosques.



Conclusión

Los bosques son pilares para el equilibrio ecológico y el bienestar humano, al regular el clima, conservar el agua y la biodiversidad. Sin embargo, su degradación continúa debido al uso insostenible y la presión antrópica.

Protegerlos requiere estrategias integrales que incluyan participación comunitaria, políticas eficaces y tecnologías sostenibles. Su conservación no debe verse solo como un asunto ambiental, sino como una inversión en el futuro común y la resiliencia del planeta.

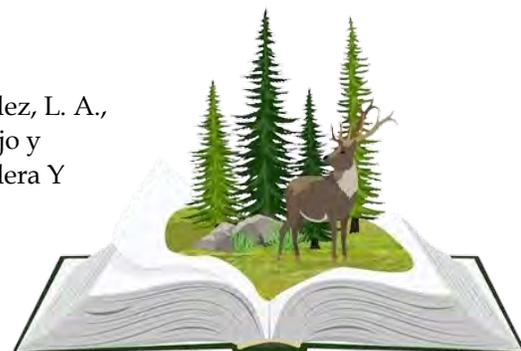
Literatura recomendada

Heredia-Telles, A., Pérez-Verdín, G., Serrano-Flores, M. E., Ávila-Meléndez, L. A., Durán, E., & Cruz-García, F. (2021). Medio siglo de evolución en el manejo y conservación de los bosques comunitarios en el noroeste de México. *Madera Y Bosques*, 27(3), e2732300. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2732300>

Martínez-Chapa, O., & Salazar-Castillo, J. E. (2023). La protección a los bosques y la agenda del desarrollo en México. *Revista CienciaUANL*, 22(97), 8–13. Recuperado a partir de

<https://cienciauanl.uanl.mx/ojs/index.php/revista/article/view/111>

Mendoza Briseño, M. A., & del Ángel Pérez, A. L. (2020). Perspectivas Del Manejo Forestal En México. *Revista Mexicana De Ciencias Forestales*, 24(86), 5–19. Recuperado a partir de <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/932>.



Semblanzas de autores

Carlos Felipe Luna Bautista: Especialista en calidad del agua, salud del suelo y manejo forestal con enfoque en cuencas hidrográficas. Su trabajo se centra en la evaluación de ecosistemas acuáticos, indicadores biológicos y estrategias de conservación para el uso sostenible de los recursos naturales.

Víctor Tamariz Flores: Investigador en el cuidado y conservación de suelos, con énfasis en su importancia para la productividad agrícola y la resiliencia ambiental. Su enfoque integra técnicas de restauración y manejo sostenible para mitigar la degradación del suelo.

Rosalía Castelán Vega: Especialista en patrimonio biocultural y la visión de territorio, con énfasis en la vulnerabilidad ambiental. Explora la interacción entre comunidades y ecosistemas, promoviendo estrategias que fortalezcan la resiliencia social y ecológica.





Descubriendo la interacción suelo-microorganismo-insecto-planta: los secretos de la planta en floración

Diego Iván Escobar-Hernández¹
Hermes Pérez-Hernández^{2*}

¹ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. C.P. 25350. México.

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Edzná, Campeche. C.P. 24520. México.

*Autor de correspondencia. H. Pérez-Hernández, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Edzná, Campeche. C.P. 24520. México.
Tel.: +52 844 4195202. E-mail: hermesph@hotmail.com



En todo el planeta, existen plantas con flores que presentan una gran diversidad de colores, formas y fragancias. Para florecer, las plantas no solo dependen de factores como la luz, la temperatura y la humedad, sino también de los microorganismos del suelo, que descomponen materia orgánica y liberan compuestos esenciales para su desarrollo. Una vez que las flores se abren, entran en escena los insectos polinizadores, encargados de transferir el polen entre flores y permitir así la formación de frutos. Este artículo aborda la relación cooperativa entre plantas, microorganismos del suelo e insectos, destacando cómo cada uno aporta al ciclo de vida vegetal y al equilibrio de los ecosistemas.

Introducción

Desde tiempos antiguos, los seres humanos, hemos percibido y experimentado la admiración por los colores, las formas y fragancias de las flores: *¡una maravilla y auténticas joyas de la naturaleza!*



Las plantas despiertan nuestro asombro, ya sea que crezcan en jardines urbanos o en ecosistemas silvestres como bosques, selvas, praderas y pantanos. Su belleza ha trascendido generaciones y culturas, manteniendo viva la tradición de obsequiarlas como símbolo de afecto. Ya sea para celebrar cumpleaños, aniversarios, bodas, o en cualquier momento como un gesto de simpatía, gratitud o felicitación, aunque, lo más triste, es entregar un ramo de flores en un funeral. *¡Qué pena, pero hasta las flores en una situación como esta puede calmar el desconsuelo!*

En otro contexto, no podemos ignorar que las flores también son apreciadas en las actividades culinarias o medicinales, *¿Sabías que en la cultura china los pétalos de crisantemos son consumidos en ensaladas o té?, ¿o que en México se utilizan para el tratamiento de heridas y prevenir posibles infecciones?* Lo interesante, es que las flores de estas plantas poseen unas sustancias conocidas como metabolitos secundarios, compuestos químicos que tienen la capacidad de curar y aliviar enfermedades. Incluso, muchas plantas con flores también son utilizadas para controlar plagas y enfermedades; el cempaxúchitl es un caso particular.

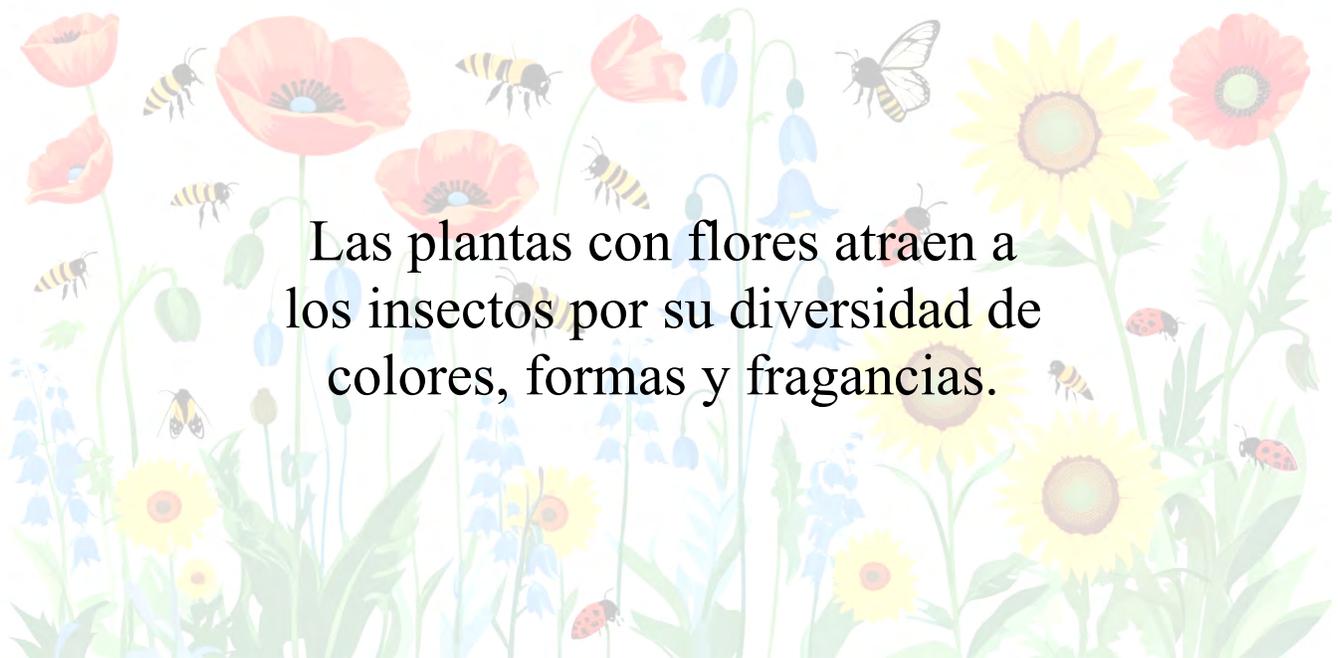


Para que las plantas puedan expresar los diversos colores y aromas de las flores, así como aprovechar sus sustancias para fines alimenticios y curativos, es necesario que los factores ambientales como temperatura, humedad y radiación solar estén en el rango óptimo para las plantas. Algunas especies, por ejemplo, están adaptadas a climas fríos y secos, sobreviviendo a temperaturas entre 5 y 10 °C, mientras que otras prosperan en regiones cálidas y húmedas, con temperaturas cercanas a los 25 °C y lluvias frecuentes. No obstante, estos factores no actúan de manera aislada; la fertilidad del suelo y la presencia de microorganismos edáficos también desempeñan un papel esencial en el pleno despliegue de las cualidades florales. Lo que te queremos decir, es que los microorganismos del suelo por insignificantes que parezcan desintegran la materia orgánica y producen compuestos orgánicos y hace que los minerales del suelo estén disponibles para las plantas, para su crecimiento, pero sobre todo para desplegar un par o decenas de flores.



En otro contexto, la riqueza de colores en las flores no pasa desapercibida para los organismos. A diferencia de nosotros los humanos, las abejas y las mariposas y otros insectos, tienen una visión mucho más especializada cuando se trata de detectar colores. Son capaces de percibir longitudes de onda que nosotros no vemos, como la luz ultravioleta, lo que les permite identificar patrones y tonos en las flores que resultan invisibles para nosotros. Esta capacidad les ayuda a localizar con mayor precisión las flores que ofrecen néctar y polen, estableciendo una interacción con las plantas que da lugar a procesos clave como la polinización y, eventualmente, cumpliendo una relación vital en la producción de frutos.

En este documento, por un lado, te contaremos como los microorganismos del suelo contribuyen en el crecimiento e intervienen en el desarrollo de la floración. Por otro lado, sabrás que cuando las plantas se encuentran en floración existe una diversidad de relaciones con los insectos polinizadores. En ambas situaciones existe una interacción mutualista en la que ambas especies se benefician. Sin duda alguna, si continúas leyendo, descubrirás que entre la relación organismo-insecto-planta existe un secreto fascinante, *¡quédate en la lectura, conocerás este secreto!*



Las plantas con flores atraen a los insectos por su diversidad de colores, formas y fragancias.



Desarrollo

Un vínculo invisible pero vital: las plantas, los microorganismos del suelo y los polinizadores.

Al igual que nosotros los humanos y los animales, las plantas requieren de una adecuada nutrición para crecer sanas y completar su ciclo de vida. Su desarrollo – desde una pequeña plántula hasta una flor en plena madurez – depende del suministro de nutrientes esenciales como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), zinc (Zn), hierro (Fe), azufre (S), ion cloro (Cl⁻), cobre (Cu) y molibdeno (Mo). La mayoría de estos nutrientes provienen del suelo, pero ese "simple sustrato" que pisamos es en realidad un mundo vivo, oculto bajo nuestros pies. Muchos quizás hemos pensado que el suelo para las plantas es solo una fuente de nutrientes, pero en realidad es mucho más que eso. El suelo es un ecosistema repleto de vida; podemos encontrar microalgas, bacterias, hongos, actinomicetos, cianobacterias, y otras muchas formas diminutas pero fundamentales para el equilibrio ecológico.

Estos organismos no solo mejoran la fertilidad del suelo: también colaboran con las plantas de formas sorprendentes. Muchas bacterias y hongos se asocian con las raíces, intercambiando agua y nutrientes por compuestos orgánicos ricos en carbono que producen las plantas mediante la fotosíntesis. Esta cooperación silenciosa influye directamente en la salud vegetal, en el tamaño de sus frutos y hasta en la intensidad de los colores de sus flores. *¿Alguna vez te habías imaginado que las bacterias y hongos son aliados de las plantas y que contribuyen a la fertilidad del suelo?, más aún, ¿que el incremento del tamaño de la planta, de los frutos y los colores de las flores también dependen de los aportes de minerales y compuestos orgánicos que realizan los organismos del suelo?*

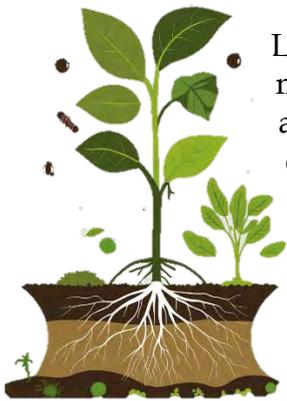


Los insectos polinizadores ofrecen el servicio de polinización; transportan el polen de una flor a otra.



Por otro lado, este tipo de vínculo no solo se da entre plantas y microorganismos, sino también entre plantas y polinizadores. Muchos insectos (Hymenoptera: Apidae; Lepidoptera: Nymphalidae, Papilionidae, Coleoptera: Scarabaeidae, Chrysomelidae, Diptera: Syrphidae) ven a las plantas como sus hospederos o alimento, en algunos casos comen las hojas, succionan la savia de las hojas, tallos y/o frutos, en este caso, el único beneficiado son los insectos, mientras que las plantas pueden debilitarse o morir. Sin embargo, cuando se trata de beneficio para ambos, la relación es mutualista, uno de los vínculos más armónicos en la naturaleza.

Las flores ofrecen néctar y polen como recompensa, y a cambio, los insectos – como las abejas (*Apis mellifera* L; abeja de miel) y mariposas (*Danaus plexippus* L; mariposa monarca) – transportan el polen de una flor a otra, haciendo posible la reproducción vegetal. Así que la próxima vez que veas una flor o una abeja en tu jardín, imagina que estás presenciando una alianza antigua y fundamental.



La naturaleza está tejida por una red de interacciones entre especies. Hasta el momento, has leído y entendido de la relación mutualista. Relación mutua – “de ambos” – a la vez, ecológicamente hablando es simbiótica, referido esto a la unión o vínculo estrecho en el que las diferentes especies obtienen provecho. Sin embargo, existen otras relaciones que pueden adoptar distintas formas, según cómo se beneficien -o no- las especies involucradas. Por ejemplo, cuando diferentes especies compiten por los mismos nutrientes, se conoce como interacción competitiva. Si solo una especie obtiene el beneficio mientras la otra se ve afectada, se trata de una relación de explotación. En cambio, si no hay prejuicio ni ventaja para ninguna especie, la relación es neutral.

Me gustaría que continúes en la lectura y piensa por un momento qué papel jugarías tú si fueras una planta o uno de estos pequeños aliados de la naturaleza (Figura 1). Este ejercicio de imaginación no solo nos acerca a comprender mejor el mundo natural que nos rodea, sino que también nos permite entender que nuestra alimentación es parte de las interconexiones entre especies de plantas y animalitos. Entonces, *¡Te invito a que te quedes leyendo y de esta manera sabrás la importancia de ambos organismos en nuestra alimentación e indirectamente en nuestras vidas!*

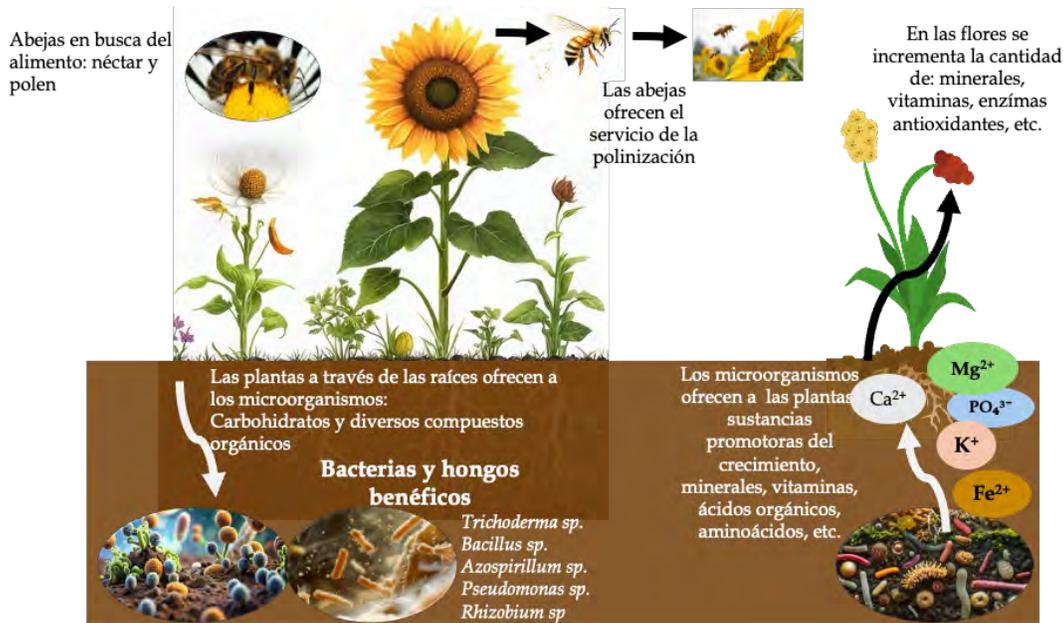


Figura 1. Interacción microorganismos del suelo con plantas e insectos polinizadores (elaboración propia).

Una mirada a la relación de los microorganismos y plantas

La rizósfera es el espacio que rodea las de las plantas, donde interactúan el suelo, los microorganismos, el agua, y diversos compuestos orgánicos del suelo. Se ha estimado que, en un rango de aproximadamente 5 mm desde la superficie de la raíz hacia el exterior, ocurre una intensa zona de interacción entre las plantas y la microbiota del suelo. Dentro de este entorno, los microorganismos con relaciones mutualistas favorecen el desarrollo vegetal mediante la mejora en la disponibilidad de nutrientes, síntesis de fitohormonas y la atenuación de factores de estrés tanto biótico como abiótico. Por otro lado, para comprender cómo estos organismos benefician directamente a las plantas, es importante señalar que las raíces liberan compuestos conocidos como exudados, los cuales actúan como fuente de carbono y energía para los microorganismos del suelo, incluyendo bacterias y hongos micorrícicos. Estos exudados, ricos en sustancias orgánicas como: azúcares (glucosa y fructosa), aminoácidos (glicina y glutamina) y ácidos orgánicos (cítrico, láctico y málico), así como vitaminas, promueven la proliferación de poblaciones microbianas benéficas funcionales en el entorno radical *¿Te das cuenta? ¡Aquí está el beneficio para ambos, ¡tú me das, yo te doy!, ¡tú me ayudas, yo te ayudo!*



Por comentarte una situación particular. Hace unos años, los investigadores demostraron que los microorganismos del suelo modificaron el crecimiento y floración de la planta *Arabidopsis thaliana* L. Sin duda es una situación sorprendente, ya que las plantas al proporcionarles alimentos a los microorganismos través de los exudados radicales, las poblaciones de los diminutos organismos se incrementaron, se mantuvieron activos en la rizosfera y alargaron la biodisponibilidad de nitrógeno al producir nitratos (alimento que promueve el crecimiento de las plantas), esto retrasó el tiempo de floración al transformar el compuesto llamado triptófano en la fitohormona ácido indol acético (IAA), disminuyendo los genes que activan la floración dando lugar a una mayor altura de las plantas. Así, los microorganismos contribuyeron en la no activación de la floración, también puede ocurrir algo sorprendente. Los científicos demostraron que, en diferentes especies de plantas, hubo un incremento de la disponibilidad de fósforo y potasio, así como de la hormona ácido giberélico (AG), lo que ocasionó adelantos en la floración y sobre todo flores con colores intensos. *¿Ya te das cuenta de la importancia de los microorganismos y como mediante la liberación o desintegración de compuestos o minerales pueden afectar de distintas formas a las plantas?* En realidad, a los diminutos microorganismos benéficos se les conocen como bioestimulantes del crecimiento de las plantas.

Al mismo tiempo, como te conté anteriormente, también existen microorganismos dañinos; sin embargo, al aumentar las poblaciones de los benéficos, hasta cierto punto en algunas ocasiones son las bacterias benéficas quienes disminuyen las poblaciones de sus contrapartes dañinos, esto ocurre debido a que liberan sustancias de defensa, influyendo así en el control de enfermedades y al final las plantas se desarrollan óptimamente. *¡Es impresionante, también se consideran microorganismos guardianes de las plantas!*

Relación de los polinizadores con las plantas

A medida que las plantas se desarrollan, las características visuales y olfativas de sus flores — como la diversidad de colores y, sobre todo, de los compuestos volátiles que emiten como: terpenoides, alcoholes, aldehídos y cetonas, actúan como mensajes químicos que viajan por el aire. Estas fragancias florales son códigos de atracción para diversos insectos que buscan néctar y polen como fuente de alimento. Sin embargo, esta relación va más allá del simple acto de alimentarse. Mientras los insectos obtienen sus recompensas, las plantas, gracias al proceso de polinización, logran fecundarse y producir más frutos.



Como ya has leído, las flores que ofrecen el néctar a los polinizadores; en sí, es el premio que las plantas entregan a los insectos por el servicio de transportar los granos de polen de una flor a otra y ocurra el proceso de polinización y finalmente la fertilización, que es la formación de un fruto. Para entender por completo este proceso, te cuento lo siguiente: algunas avispas al llegar en busca de néctar o polen, intencionalmente, los granos de polen se adhieren en las patas, abdomen o cabeza, logrando que el insecto al estar visitando cientos de flores, logren depositar el grano de polen en diferentes flores de la misma especie.

Parece increíble, pero este intercambio silencioso entre fragancia y vuelo es una de las claves de la biodiversidad y de la producción de muchos de los alimentos que consumimos.

Entonces, aunque no lo creas, en esta interacción, las plantas y los insectos obtienen sus beneficios y, *¿ahora podrías creer que, como resultado de este beneficio, las plantas pueden producir una mayor cantidad de frutos?*

En general, la floración de las plantas es el resultado de millones de años de evolución. Cada especie floral nos sorprende con una variedad asombrosa de formas, matices y colores, que van desde los más intensos hasta los más delicados. Detrás de este despliegue visual y aromático, se encuentra el metabolismo primario: un conjunto de procesos químicos que permiten el desarrollo de la flor, la producción de aminoácidos y una gama de fragancias. Estos compuestos no solo hacen que las flores sean atractivas, sino que también las convierten en una fuente vital de alimento para los polinizadores, facilitando así la reproducción de las plantas (Figura 2).



Figura 2. Formas y colores de las flores que atraen a los insectos polinizadores.



Hasta este punto de la lectura, ya habrás notado que la forma y el aroma de las flores cumplen una función ecológica clara. Sin embargo, este despliegue visual y químico de parte de las flores nos sería posible sin una nutrición adecuada. La formación de flores y en abundancia requiere minerales que las plantas absorben del suelo, con ayuda de microorganismos que mejoran la disponibilidad de estos nutrientes. Así que, vale la pena recordar que debajo del suelo también ocurren historias invisibles pero fundamentales para que el color, el aroma y la vida florezcan.

Quizás nunca te imaginaste que los microorganismos del suelo podrían contribuir en el crecimiento de la planta, en la floración y al final, que en la formación de frutos existen otros organismos implicados, los insectos. Como humanos, debemos entender la importancia de los animalitos para las plantas. Al final, tú y yo y todas las personas del mundo somos los beneficiados, consumimos las frutas, las hojas y en muchos casos las flores de las plantas. Con esta lectura ya sabes los secretos que guardan las plantas con flores.

Conclusión

Tanto debajo del suelo, entre las raíces de las plantas y los microorganismos, como en la superficie del suelo; entre las plantas en floración y los insectos, ocurren una interacción asombrosa y benéfica para ambas especies, llamada mutualismo. La naturaleza es tan impresionante que cada organismo cumple una función en particular. La interacción entre microorganismos, insectos y las plantas es un secreto fascinante que quizás nunca te habías imaginado que existiera. Lo más interesante es que al final, nosotros los humanos somos beneficiados de esta interacción, ya que indirectamente nos alimentamos de las frutas producidas o simplemente al utilizar las flores de las plantas para fines alimenticios o medicinales.

Literatura recomendada

Bhattacharyya, P. N., & Jha, D. K. (2012). Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR): Emergence in Agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28:1327-1350.

Guzmán Duchén, D., & Montero Torres, J. (2021). Interacción de bacterias y plantas en la fijación del nitrógeno. *Revista de investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 8(2), 87-101.

Van Der Kooij, C. J., Vallejo-Marín, M., & Leonhardt, S. D. (2021). Mutualisms and (a) symmetry in plant-pollinator interactions. *Current Biology*, 31(2), R91-R99.





Semblanza de autores

M.C. Diego Iván Escobar Hernández, es estudiante del Doctorado en Agricultura Protegida, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Su línea de investigación se enfoca en la estimulación del crecimiento y desarrollo de especies hortícolas y florícolas mediante la aplicación de iluminación LED, con el objetivo de optimizar su productividad y calidad en ambientes controlados.

Dr. Hermes Pérez Hernández, es Investigador titular C en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Es miembro del SNII I. Su línea de investigación se centra en los sistemas agroecológicos y fertilidad de suelos, evalúa la aplicación balanceada de fertilizantes inorgánicos y nanomateriales en cultivos comestibles desde la perspectiva agroecológica y evalúa las implicaciones de los fertilizantes convencionales y nanomateriales en la cadena trófica.



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

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

TERRA
Latinoamericana



ISSN Electrónico 2395 - 8030

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



SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO A.C
49° Congreso Mexicano de la Ciencia del Suelo



International Soil Security Congress
y 3rd International Conference on Soil Sustainability and Innovation

"El Suelo: Pasado, Presente y Futuro de La Vida"



¡AVISO!

Se amplía la fecha para recibir postulaciones al Premio Nacional de la Ciencia del Suelo hasta el 05 de septiembre de 2025.



Más información



del 13 al 17 de octubre 2025



Universidad Autónoma Chapingo

CONGRESO MEXICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

EL SUELO: PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE LA VIDA

<https://suelos.chapingo.mx/>



LA SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A.C. TE INVITA A PARTICIPAR EN EL



DEL 13 AL 17 DE OCTUBRE 2025

**Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco,
Estado de México, México**





Bacillus cereus una rizobacteria promotora del crecimiento vegetal en el maíz

Sandra Pérez Álvarez^{1*}
Erick Humberto Ochoa Chaparro²
Eduardo Fidel Héctor Ardisana³
Esteban Sánchez Chávez²
Jesús Alicia Chávez Medina⁴

¹ Universidad Autónoma de Chihuahua, Km 2.5, carretera Delicias-Rosales, CD. Delicias, Chihuahua, México, CP: 33000.

² Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Unidad Delicias, Av. Cuarta Sur 3828, Delicias, Chihuahua, México, CP: 33089.

³ Facultad de Posgrado, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.

⁴ Instituto Politécnico Nacional-CIIDIR Unidad Sinaloa, México, Juan de Dios Bátiz Paredes No. 250, Guasave, Sinaloa, México, C.P: 81101.

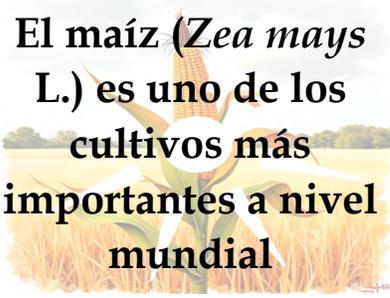
*Autor para correspondencia: spalvarez@uach.mx

Entre los cultivos de importancia en México, y en particular en el Estado de Chihuahua, se encuentra el maíz, que ocupa aproximadamente el 30% del área cultivada en el estado. Como en otras especies agrícolas, en el maíz se aplican cantidades excesivas de fertilizantes químicos y de plaguicidas que elevan los costos de producción, así como la contaminación ambiental. Una alternativa amigable con el ambiente es el uso de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (RPCV) que incrementan los rendimientos, siendo un ejemplo las especies del género *Bacillus*. En este artículo se abordan las posibilidades de empleo en la agricultura de esta especie.

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial debido a su valor alimenticio, su uso en la industria y su capacidad para adaptarse a diferentes condiciones climáticas. Sin embargo, este cultivo demanda una gran cantidad de nutrientes del suelo para su óptimo desarrollo. Esta alta exigencia nutricional genera múltiples retos en la producción agrícola, ya que una deficiencia de algún

**El maíz (*Zea mays*
L.) es uno de los
cultivos más
importantes a nivel
mundial**





nutriente clave como el nitrógeno, el fósforo y el potasio puede afectar significativamente el rendimiento, la calidad del grano, y la rentabilidad de la cosecha.

Para lograr altos rendimientos, los fertilizantes químicos nitrogenados se emplean ampliamente en los sistemas de producción intensiva de maíz, debido a la alta demanda de nitrógeno del cultivo. Los biofertilizantes, en cambio, son una alternativa amigable con el medio ambiente, que promueven una agricultura sostenible; entre ellos se encuentran las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV).

Un biofertilizante se define como un producto de origen biológico que mejora la fertilidad del suelo y el desarrollo de las plantas mediante la interacción con microorganismos benéficos, promoviendo el equilibrio ecológico en los agroecosistemas, disminuyendo la dependencia de agroquímicos, favoreciendo una producción sostenible y regenerativa.

Las RPCV son bacterias que viven en la rizósfera (zona activa del suelo que rodea las raíces de las plantas) de numerosas especies vegetales, proporcionando beneficios como la promoción del crecimiento y el desarrollo, así como protección contra patógenos del suelo como bacterias, hongos y nematodos. Ejemplos de géneros que incluyen especies consideradas RPCV son *Agrobacterium*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Burkholderia*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, entre otros.

Desarrollo

La estimulación del crecimiento vegetal que inducen las RPCV se debe a la producción de fitohormonas (auxinas, citoquininas, giberelinas), la quelación del

Los biofertilizantes son una alternativa amigable con el medio ambiente, lo que promueve además una agricultura sostenible

hierro (Fe) por los sideróforos (para hacer asimilable el Fe para las plantas), el incremento en la absorción de nutrientes como nitrógeno, fósforo, y su participación en la fijación biológica del nitrógeno, y en reacciones de defensa para el control de patógenos que viven en el suelo. Todo esto se produce a través de diferentes mecanismos (Figura 1).

Para lograr altos rendimientos, los fertilizantes químicos nitrogenados se utilizan ampliamente en los sistemas de producción intensiva de maíz

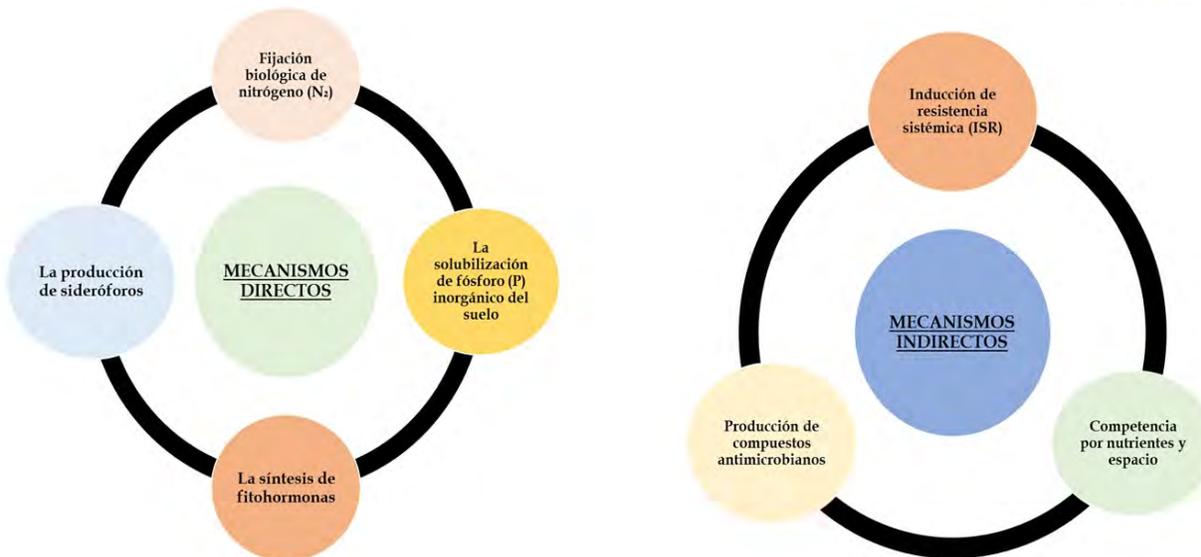


Figura 1. Mecanismos de acción de las RPCV sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Los mecanismos directos influyen en el crecimiento de las plantas de manera inmediata al mejorar la disponibilidad y asimilación de nutrientes esenciales, por las siguientes vías:

- a) La fijación biológica de nitrógeno (N_2) que realizan algunas RPCV, como *Rhizobium spp.*, *Azospirillum spp.*, y *Bacillus spp.*, capturando el nitrógeno atmosférico y transformándolo en formas asimilables por las plantas, lo que reduce la necesidad de fertilizantes químicos. Este elemento es fundamental en la fisiología de los cultivos (es un macroelemento) y aunque en la atmósfera existe cerca de un 80%, está en forma no asimilable;
- b) La solubilización de fósforo (P) inorgánico del suelo y otros minerales que realizan bacterias como *Pseudomonas spp.* y *Bacillus spp.* aumentando su disponibilidad para las plantas. El P es otro macroelemento, considerándose el segundo nutriente que limita la fisiología de los cultivos;
- c) La síntesis de fitohormonas como auxinas, giberelinas y citoquininas, que regulan el crecimiento radicular, la floración y el desarrollo de frutos;





Bacillus es uno de los géneros de bacterias que más se destacan como rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal

d) La producción de sideróforos, moléculas de bajo peso molecular que se unen al Fe^{3+} del medio ambiente reduciéndolo a Fe^{2+} y liberándolo dentro de las células vegetales, con lo que hacen accesible el Fe del suelo y mejoran la nutrición del cultivo.

En cuanto a los mecanismos indirectos, estos se relacionan con la defensa de los cultivos contra enfermedades y estrés ambiental, e involucran:

- a) La inducción de resistencia sistémica (ISR), que estimula los mecanismos de defensa naturales de la planta contra patógenos, mediante la activación de moléculas señalizadoras como el ácido jasmónico y el etileno;
- b) La competencia por nutrientes y espacio que provoca la inhibición del crecimiento de microorganismos fitopatógenos al ocupar su nicho ecológico;
- c) La producción de compuestos antimicrobianos como antibióticos y enzimas líticas, que elimina patógenos del suelo.

Estos mecanismos hacen de los RPCV una herramienta fundamental en la agricultura sostenible, reduciendo así la dependencia de agroquímicos y fomentando la producción de cultivos más sanos y productivos.

***Bacillus cereus* COMO RIZOBACTERIA PROMOTORA DEL CRECIMIENTO VEGETAL (RPCV)**

Bacillus spp. es uno de los géneros de bacterias que más se destaca como RPCV, ya que tiene una participación relevante como regulador del crecimiento vegetal, demostrada en varias especies, entre las que se encuentra *B. cereus*. Esta bacteria desempeña funciones clave en la generación de compuestos con efecto antagonista contra patógenos, la producción de fitohormonas que regulan el crecimiento de las plantas, la solubilización de fosfatos, y la fijación biológica del nitrógeno, lo que contribuye a la mejora de la calidad de cultivos como el maíz (*Zea mays* L.), el trigo (*Triticum spp.*), la soya (*Glycine max* (L.) Merr., 1917), el arroz (*Oryza sativa* L.), y en general a la producción sostenible (Figura 2).

Algunas cepas de *Bacillus cereus* han demostrado su capacidad para favorecer el desarrollo de las plantas incluso en ambientes adversos

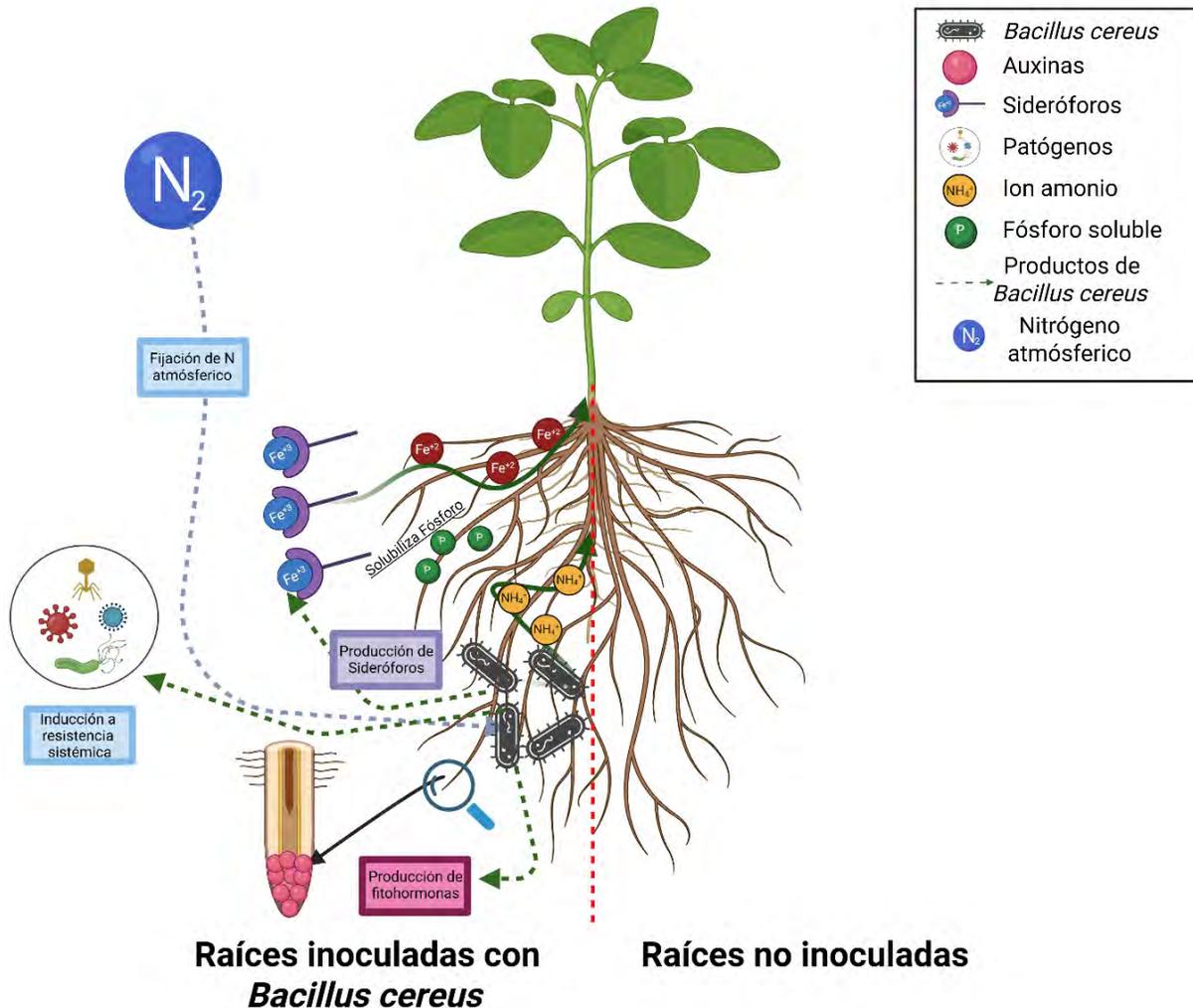


Figura 2. Mecanismos de *Bacillus* spp. como RPCV (Fuente: Autores).

Bacillus cereus es una bacteria grampositiva (Figura 3a); esto significa que tiene una pared celular gruesa hecha principalmente de peptidoglucano (polímero), lo cual le permite retener un color violeta cuando se realiza la tinción de Gram, un procedimiento de laboratorio usado para clasificar las bacterias. Otras características morfológicas incluyen que son móviles (con flagelos), aerobias, anaerobias-facultativas, forman esporas y en experimentos realizados en la Universidad Autónoma de Chihuahua se demostró que las condiciones para su desarrollo son un rango de temperatura de 15 a 48° C, pH de 6-9 y salinidad de 4 a 6% de cloruro de sodio (NaCl). Al microscopio se observan como bastones alargados, rectos o ligeramente curvados con extremos cuadrados (Figura 3b).



Las colonias de *B. cereus* en medio sólido con glucosa como fuente de carbono (sin manitol) son grandes, extendidas, con bordes irregulares u ondulados (esto permite diferenciarlas de otras especies del género *Bacillus*), con una superficie rugosa con apariencia de vidrio esmerilado, color blanco a crema, aunque pueden presentarse variaciones según el medio de cultivo y la cepa específica (Figura 3c).

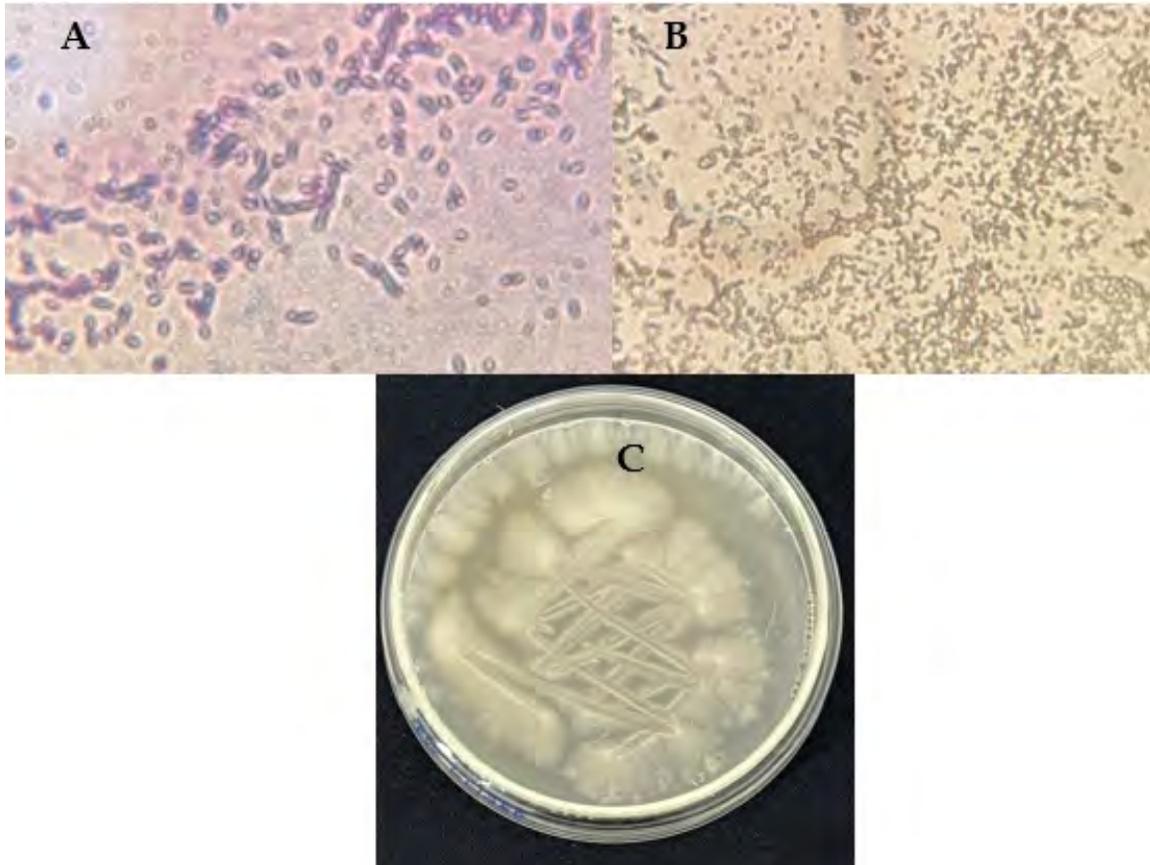


Figura 3. Morfología de *B. cereus* donde: A) *Bacillus cereus* grampositiva (x40); B) Estructura microscópica a los 6 días en medio Levadura-Agar-Glucosa (x40); C) Colonia en medio Levadura-Agar-Glucosa (Fuente: Autores).

Algunas cepas de *B. cereus* han demostrado su capacidad para favorecer el desarrollo de las plantas incluso en ambientes adversos, como suelos con alta salinidad, escasez de agua o contaminación por metales pesados. Además, esta bacteria puede estimular el crecimiento vegetal de manera indirecta mediante la producción de enzimas extracelulares y compuestos antimicrobianos, así como activando los mecanismos de defensa natural de las plantas a través de la resistencia sistémica inducida.



Bacillus cereus COMO RPCV EN EL MAÍZ

En maíz (*Z. mays*) la aplicación de *B. cereus* en diferentes etapas fenológicas mejoró parámetros fisiológicos como el contenido de pigmentos fotosintéticos, la biomasa y el rendimiento. La actividad de la enzima nitrato reductasa (NR) determinada “*in vivo*” en plantas tratadas con *B. cereus* se reduce, y esta reducción sugiere que la bacteria está fijando eficientemente el N₂ atmosférico. La función principal de la NR es reducir el NO₃⁻ (molécula orgánica asimilable por las plantas), por lo que una alta tasa de fotosíntesis promueve la actividad de esta enzima.

“En cultivos como el maíz (*Z. mays*) la aplicación de *B. cereus* en varias etapas fenológicas mejoró parámetros fisiológicos”

La fijación eficiente de N₂ por *B. cereus* también se ha observado en cultivos como el trigo (*Triticum* spp.), el banano (*Musa* AAA) y el pepino (*Cucumis sativus* L.).

La utilización de *B. cereus* como biofertilizante en el cultivo del maíz ha dado como resultado también un aumento en la biomasa (demostrado en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua), longitud de raíces y tallos (demostrado en el Colegio de Ciencias y Agricultura en Punjab, India), altura de

la planta y rendimiento (demostrado en CIIDIR unidad Sinaloa). Así mismo, la bacteria ha demostrado ser una herramienta útil en este cultivo bajo diversas condiciones de estrés propiciando:

- Resistencia a la salinidad;
- Aumento en la germinación de las semillas y el crecimiento de la planta bajo condiciones de sequía y,
- Mejora en la absorción de nutrientes en suelos contaminados con metales pesados.

Estos resultados indican que *B. cereus* es una herramienta valiosa para mejorar el crecimiento y la salud del cultivo del maíz, especialmente en condiciones de estrés ambiental o para disminuir la aplicación de fertilizantes químicos, sobre todo los nitrogenados.



Bacillus cereus se destaca como una rizobacteria promotora del crecimiento vegetal en maíz, debido a su capacidad para mejorar la disponibilidad de nutrientes, sintetizar fitohormonas y fortalecer la resistencia de las plantas ante factores de estrés biótico y abiótico. A través de mecanismos como la solubilización de fosfatos, la producción de sideróforos, fitohormonas y la inducción de resistencia sistémica, esta bacteria contribuye al desarrollo saludable de los cultivos y a una agricultura más sostenible. Su uso como biofertilizante y agente de biocontrol representa una alternativa ecológica para reducir la dependencia de agroquímicos, proteger el ambiente y elevar la rentabilidad del cultivo.

Literatura recomendada

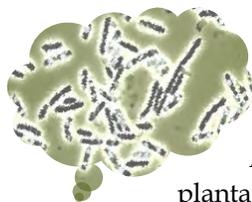
Dodd, I. C., Zinovkina, N. Y., Safronova, V. I., & Belimov, A. A. (2010). Rhizobacterial mediation of plant hormone status. *Annals of Applied Biology* 157, 361–379. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2010.00439.x>

Marrollo, R. (2016). Microbiology of *Bacillus cereus*. In. *The Diverse Faces of Bacillus cereus*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801474-5.00001-3>

Nosheen, S., Ajmal, I., & Song, Y. (2021). Microbes as biofertilizers, a potential approach for sustainable crop production. *Sustainability* 13, 1868. <https://doi.org/10.3390/su13041868>

Semblanzas de autores

Dra. Sandra Pérez Álvarez. Profesora titular C de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la UACH. Miembro del SNII nivel I, miembro del **Cuerpo Académico** UACH-CA-174 “Manejo sustentable de sistemas agrícolas y forestales” 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.



M. A. Erick Humberto Ochoa Chaparro. Maestro en Agronegocios y Estudiante de doctorado en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), miembro del Grupo de Investigación en Fisiología y Nutrición Vegetal. Las líneas de investigación en las cuales trabaja son: Nanotecnología aplicada a la agricultura, Agricultura de precisión, Nutrición de cultivos hortícolas y Fisiología del estrés en plantas.

Dr. Eduardo Fidel Héctor Ardisana. Profesor Titular de la Universidad Técnica de Manabí. Es coordinador académico de la Maestría en Biotecnología, mención Biotecnología Vegetal, con sede en la Escuela de Posgrado y la Facultad de Ingeniería Agronómica de dicha universidad. Ha dirigido más de 15 tesis de maestría y doctorado, y tiene más de 100 artículos científicos, libros y capítulos de libros, más de la mitad de ellos en el área de biotecnología vegetal.

| Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente |
Revista de Divulgación de la

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

Dr. Esteban Sánchez Chávez. Investigador Titular del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Miembro del SNII Nivel III, líder del Grupo de Investigación en Fisiología y Nutrición Vegetal. Las líneas de investigación que cultiva son: Biofortificación con micronutrientes, Nanotecnología aplicada a la agricultura, Nutrición de cultivos hortofrutícolas y Fisiología del estrés en plantas.

Dra. Jesús Alicia Chávez Medina. Profesor Investigador Titular C del CIIDIR-Unidad Sinaloa del Departamento de Biotecnología Agrícola. Miembro del SNII nivel I, Investigador Honorífico del Sistema Sinaloenses de Investigadores. Coordinadora del nodo CIIDIR de la Red de Medio Ambiente (REMA-IPN). Las líneas de investigación que cultiva son: Estudio de la biodiversidad y conservación de especies de interés cultural, económico, medicinal y en riesgo o peligro de extinción.



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



El impacto de la contaminación plástica en los suelos y cultivos agrícolas

Berenice González Santiago^{1,2*}
Jonathan Osiris Vicente Escobar³
Ana Adela Lemus Santana²

¹Departamento de Ciencias de la Salud, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.

²Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Unidad Legaria, del Instituto Politécnico Nacional.

³Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa

*Autor para correspondencia: gonzsbe@gmail.com, gobe@xanum.uam.mx

Una de las investigaciones más estudiadas y documentadas sobre la contaminación por plásticos es la referente a los ríos y océanos. Sin embargo, los residuos plásticos también están presentes en los suelos, a simple vista es posible identificar objetos plásticos de gran tamaño, pero a nivel microscópico se ha constatado su abundante presencia. Las partículas plásticas de tamaños diminutos son las que están afectando de sobremanera los ecosistemas terrestres, especialmente los cultivos comestibles. En este artículo se describe el panorama actual de como los plásticos afectan los suelos y sus ecosistemas, así como las consecuencias en la producción agrícola.

Introducción

La producción y el uso indiscriminado de los plásticos en la sociedad ha ocasionado daños en los ecosistemas terrestres y marinos. Los plásticos son materiales poliméricos, con propiedades únicas como flexibilidad, bajo peso, versatilidad, durabilidad y bajos costos de producción en comparación con otros materiales como textiles, papel o metales, de manera que, es la opción inmediata para usos múltiples. La flexibilidad que caracteriza a los plásticos le permite ser un material manipulable en varias formas y tamaños, lo que lo hace adecuado para diversas aplicaciones.

Los plásticos son materiales sintéticos que se crean combinando diversas sustancias químicas con productos petroquímicos.

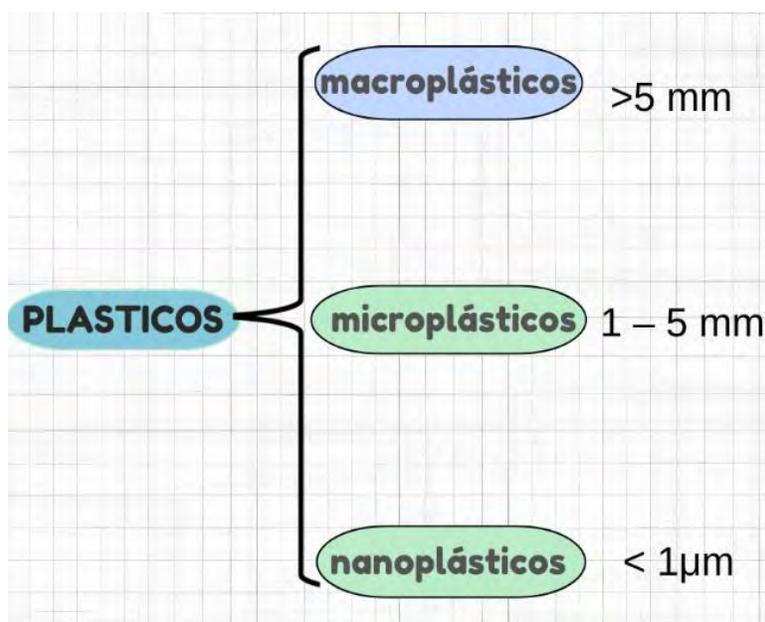


La agricultura ha incorporado ampliamente el uso de plásticos, lo que ha llevado a una acumulación significativa de residuos en los suelos.

Su fabricación con procesos eficientes y económicos hace que el plástico siga siendo una opción importante para la industria y sus consumidores. En efecto, en 2021, la producción global de plásticos registró un total de 390,7 millones de toneladas. El sector de envases y embalajes fue el mayor consumidor de plásticos, representando el 44% de la producción total. Le siguen la construcción y edificación con el 18%, la industria automotriz con el 8% y otros sectores.

Los envases de plástico reducen costos de transporte, eficiencia de combustible, y con ello una menor emisión de contaminantes. Si bien presentan estas ventajas, incluso ambientales, ¿por qué el plástico es perjudicial para el medio ambiente?

Generalmente los plásticos provienen de combustibles fósiles como el petróleo y el gas natural, es decir, su proceso de síntesis es llevado a cabo con recursos no renovables. Los plásticos son materiales sintéticos que se crean combinando diversas sustancias químicas con productos petroquímicos. Entre las sustancias químicas añadidas a los plásticos se encuentran plastificantes como el ftalato de



bisfenol A (BPA), el cual mejora la flexibilidad y la maleabilidad; estabilizantes, como el plomo y el cadmio, que evitan la degradación y el envejecimiento; colorantes, como los pigmentos y los tintes, que proporcionan color y opacidad; y refuerzos, como la fibra de vidrio y el carbono, que mejoran la resistencia y la rigidez.

Figura 1. Clasificación de los plásticos con base en su tamaño.



Es por ello que, los productos finales plásticos son resistentes a la intemperie y al ser desechados generan toneladas de residuos contaminantes, muchos de los cuales terminan en cuerpos de agua y en los suelos.

En lo que se refiere a partículas diminutas de plástico, de acuerdo a su tamaño se clasifican como microplásticos (MPs) y nanoplásticos (NPs) (Figura 1). En ambas

escalas micro (50–500 μm) y nano (<50 μm), los materiales son considerados contaminantes persistentes emergentes por los impactos negativos en la biodiversidad del suelo y sus ecosistemas, los cuales se detallan más adelante.

Desarrollo

La agricultura ha incorporado ampliamente el uso de plásticos, lo que ha llevado a una acumulación significativa de residuos en los suelos, generando una problemática ambiental que requiere atención. Para ilustrar, a continuación, se detallan algunos ejemplos. El acolchado plástico es ampliamente utilizado en las regiones agrícolas para mejorar la rentabilidad de los cultivos. La técnica también es conocida como herbicida plástico agrícola; se basa en el uso de una cubierta de plástico sobre los surcos de tierra (Figura 2). Con esta actividad se obtienen ventajas en términos de control de malezas, conservación de agua y regulación de la temperatura del suelo. Además, al reducirse los cambios bruscos de temperatura, se contribuye a un mejor aprovechamiento de nutrientes, mejorando así la calidad en los cultivos y generando una producción superior.



Figura 2. Contaminantes plásticos presentes en suelos y cultivos.



Sin embargo, este método utiliza grandes cantidades de plásticos que, al finalizar el ciclo de cultivo, se quedan en el suelo. Su persistencia en el medio ambiente se debe a su lenta degradación, lo cual provoca una liberación de contaminantes y gases de efecto invernadero que dañan el ecosistema.

La mayoría de las partículas plásticas identificadas en los suelos son polietileno.

Otras fuentes de contaminación plástica que han tenido lugar por décadas en el sector agrícola son los envases plásticos y los contenedores, así como las mangueras utilizadas en los sistemas de irrigación. El uso extendido de los envases plásticos utilizados para almacenar insumos agrícolas, como semillas y fertilizantes, e incluso los contenedores de herbicidas contribuyen a la contaminación de los suelos (Figura 2). Estos objetos plásticos están hechos de polietileno de alta densidad (HDPE), un plástico popular para envasar estos productos químicos. El HDPE es muy resistente y, por lo tanto, difícil de descomponer. Sin embargo, con el tiempo puede degradarse debido a la exposición a la luz solar, el calor y otros productos químicos. Por último, en los sistemas de irrigación agrícola el uso de las mangueras de cloruro de polivinilo (PVC) también contribuye a la filtración de microplásticos en los suelos.

Composición de los plásticos usados en la actividad agrícola

La composición de estos plásticos es principalmente a base de polietileno (PE), un polímero versátil que se presenta en diversas formas, con la fórmula química $(C_2H_4)_n$. Aunque muchos de los tipos de polietileno comparten esta fórmula, pueden variar en su densidad, estructura y propiedades. El PE se clasifica según su densidad. Al tener una baja densidad se le denomina LDPE, y con alta densidad, se le nombra HDPE (Figura 3). Una de las características del polietileno es su resistencia química, lo que lo hace ideal para múltiples aplicaciones. Sin embargo, esta misma propiedad también lo convierte en un contaminante persistente y resistente a la descomposición cuando se abandona a la intemperie. La mayoría de las partículas plásticas identificadas en los suelos son polietileno, este reconocimiento se realiza mediante espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier, siguiendo la huella dactilar de este compuesto.

Cuando el plástico HDPE se descompone en partículas más pequeñas, se convierte en contaminantes diminutos como los MPs o NPs, que se incorporan fácilmente al suelo y se acumulan en la matriz de este.

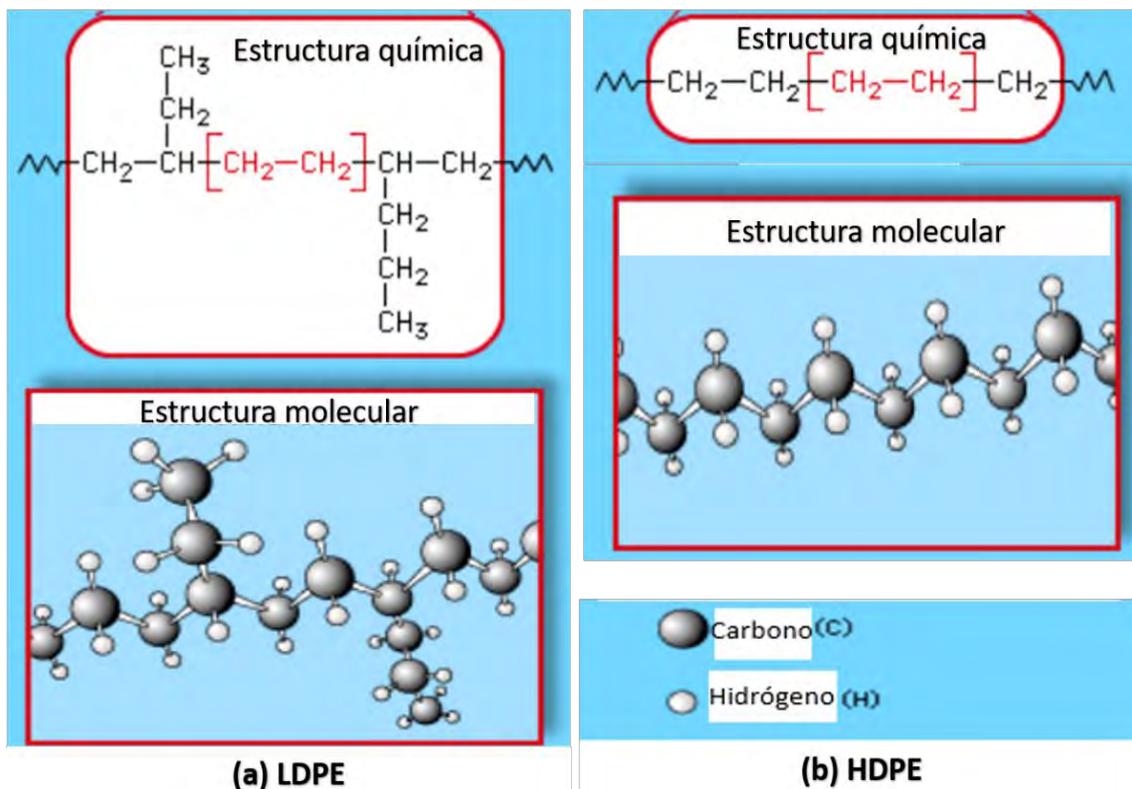


Figura 3. Compuestos de polietileno, de baja densidad (a, LDPE) y de alta densidad (b, HDPE), presentes en los contaminantes plásticos.

Efectos de los plásticos al ecosistema del suelo

Los MPs llegan a los suelos agrícolas a través de diferentes vías; por medio del uso de fertilizantes orgánicos, los cuales se producen a partir de residuos biológicos y pueden contener MPs. Un estudio encontró que la cantidad de microplásticos varía según el método de pretratamiento y el tipo de planta. Estos MPs pueden ingresar en la red alimentaria y potencialmente convertirse en alimento humano. Los agrotexiles, como tejidos y mallas, se fabrican a base de plásticos; son materiales innovadores en agricultura y jardinería, ofrecen protección integral a cultivos y mejoran condiciones de crecimiento. Sin embargo, también son una fuente de contaminación plástica.

El agua residual tratada utilizada para el riego de cultivos puede contener MPs, pese al proceso de tratamiento. Estos microplásticos pueden originarse en diversas fuentes, como la ropa sintética y textiles, que se desprenden durante el lavado y llegan al sistema de aguas residuales.



Una vez en el suelo, los microplásticos pueden modificar la composición y por lo tanto su estructura, ya que, al ser retenidos en la matriz, pueden formar agregados y generar una alteración que conlleva a un impacto negativo en el microbiota, dañando así a los microorganismos (hongos micorrízicos) y la fauna del suelo (lombrices) y causando cambios en el ecosistema.

De igual manera, la retención de plásticos en los suelos presenta alteración en el transporte de fluidos como el agua y nutrientes (Figura 4). Estos contaminantes también pueden ser absorbidos por las plantas y ser transportados a distintas partes de los cultivos, incluyendo las raíces, tallos, hojas y frutos. Cuando esto sucede, puede generar un estrés oxidativo en las plantas, que altera e inhibe el ciclo celular de las células vegetales, afectando sus procesos bioquímicos; por lo tanto, se modifica la tasa de germinación y crecimiento.



Figura 4. Efectos negativos de los plásticos en el ciclo de las plantas y del ecosistema del suelo.

En este contexto, todos los residuos plásticos tienen efectos adversos sobre el suelo, y por ende en todo organismo viviente presente en él, afectando desde plantas hasta fauna (Figura 5). Por ejemplo, estudios en los cultivos de fresa han documentado que la presencia de microplásticos tiene un efecto en su crecimiento. En comparación con los cultivos de control (sin contaminantes), la presencia de MPs reduce la altura de las plantas en un 27%, la longitud de los tallos y la superficie de las raíces hasta en un 21% cuando se cultivan en presencia de MPs y nanopartículas de cobre.



De forma similar, estudios realizados en el cultivo de algodón, con la prevalencia de MPs en concentraciones en el suelo a partir de 37,5 kg/ha, han demostrado efectos nocivos, generando reducciones en la producción de hasta 19 % dependiendo de las concentraciones de MP.



Figura 5. Afectaciones en los suelos por la contaminación plástica.

Reportes sobre productos agrícolas como zanahorias, manzanas y lechugas en condiciones de contaminación por MPs han descubierto que pueden contener hasta 100,000 partículas de MPs por gramo. Lo cual implica una contaminación muy preocupante que, además de comprometer la calidad nutricional de los alimentos, también puede introducir sustancias químicas tóxicas en la cadena alimentaria, ya que la presencia de MPs puede adsorber otras sustancias como metales pesados, contaminantes orgánicos o antibióticos, creando condiciones para un aumento de la toxicidad en los cultivos.

Un estudio reciente sobre las bolsas de té reveló una aportación importante sobre la contaminación generada por los plásticos. Las bolsitas de té que se utilizan de manera habitual, hechas de nylon-6, polipropileno y celulosa, liberan micro y nanoplasticos en las infusiones. Utilizando técnicas avanzadas de caracterización, como espectroscopia infrarroja y microscopía electrónica, los investigadores detectaron la presencia de estos plásticos en las bolsas de té. Lo que es aún más preocupante es que muchas de estas bolsas se agregan a las compostas para producir biofertilizantes.



El acolchado plástico es ampliamente utilizado en las regiones agrícolas para mejorar la rentabilidad de los cultivos.

Sin embargo, al liberar cantidades significativas de plásticos, estas bolsas pueden contaminar el suelo y el medio ambiente.

Reciclaje y alternativas al uso de plásticos agrícolas

Como se ha mencionado, el empleo de materiales plásticos de un solo uso en la agricultura genera enormes cantidades de desechos. Por ejemplo, en México, la norma NMX-E-232-CNCP-2014 establece y describe los símbolos de identificación que deben tener los productos fabricados de plástico, en función del tipo de material, con la finalidad de facilitar su selección, separación, acopio, recolección, reciclado y/o reaprovechamiento. Con base en datos de la ECOCE, se estima que, en el año 2024, en México se reciclaron cerca del 64 % de los envases de empaque de PET; sin embargo, no se tienen datos oficiales del reciclado de plásticos de uso agrícola. Se considera que, a nivel mundial, la recuperación de plásticos de esta índole aún se encuentra en una etapa incipiente.

Gran parte de los residuos plásticos agrícolas son quemados, enterrados, abandonados en campo abierto o dispuestos en vertederos, dañando así los ecosistemas y la biodiversidad del suelo. El reciclado mecánico y químico son los dos principales métodos de recuperación de residuos plásticos; en este sentido, es fundamental evaluar los costos económicos y ambientales inherentes a cada uno de ellos. Por ejemplo, el reciclado químico (especialmente el uso de disolventes) es altamente contaminante y los retos técnicos para llevarlo a escala industrial han sido uno de los factores que han limitado su uso.

La bioeconomía sostenible y circular se ha planteado como una alternativa promisoriosa para la producción de plásticos biodegradables, utilizando de forma racional recursos naturales como plantas, algas, hongos y bacterias. Desde esta perspectiva, se han desarrollado materiales opcionales, como los plásticos 'oxo-degradables', biodegradables y compostables, los cuales pueden ser degradados rápidamente por microorganismos del suelo, reduciendo así el impacto ambiental.

En diversos estudios se ha propuesto la transformación de plásticos agrícolas en productos de valor agregado como hidrocarburos y diferentes productos químicos a través de una degradación térmica por pirólisis.



La gestión de residuos plásticos agrícolas es un tema multipolar que atañe a los sectores públicos y privados, en temas de investigación, políticas públicas y cuestiones económicas. Además, es esencial que los productores comprendan los riesgos de la presencia y acumulación de microplásticos en los cultivos. Por ello, además de la advertencia, se requiere una labor de concientización y la difusión de información accesible, junto con la oferta de soluciones económicamente viables y biodegradables que reemplacen en gran medida los plásticos sintéticos de uso tan extendido en la agricultura.

**Una vez en el suelo,
los microplásticos
pueden modificar
la composición y
por lo tanto su
estructura.**

Conclusión

El uso de todo objeto plástico genera contaminación, lo cual tiene efectos negativos tanto en sistemas acuáticos como en terrestres, lo cual implica un gran daño a los organismos vivos. En particular, las grandes ciudades han impulsado reemplazar las bolsas de plástico de un solo uso por opciones ecológicas; con ello, una fracción de desechos podría minimizarse. En las actividades agrícolas, el polietileno es el residuo plástico derivado de la técnica del acolchado y su degradación es extremadamente lenta. La mayoría de los plásticos presentes en las zonas agrícolas poseen propiedades mecánicas que hacen posible su reciclaje. En este contexto, a nivel mundial se han realizado reformas en aras de modificar las normas y leyes, para regular el uso de plásticos y promover mejores prácticas para la gestión de sus residuos.

Si bien se ha logrado identificar la presencia de microplásticos en el suelo, aún existen muchos desafíos y oportunidades para abordar este problema con el fin de proteger el ecosistema y la biodiversidad. En resumen, es necesario seguir investigando para desarrollar tecnologías y abordar este problema emergente. Es por esto que debemos tener consciencia sobre los productos que desechamos, ya que, además de impactar en nuestros océanos, también se afectan los suelos y, por lo tanto, los campos agrícolas. Se requieren medidas de emergencia para mitigar la contaminación del suelo por plásticos y orientar hacia una producción agrícola sostenible.



Literatura recomendada

V.-H. Hoang, M.-K. Nguyen, T.-D. Hoang, M. C. Ha, N. T. T. Huyen, V. K. H. Bui, *et al.* (2024). Sources, environmental fate, and impacts of microplastic contamination in agricultural soils: A comprehensive review. *Science of The Total Environment*, 950, 175276.

J. M. Casso-Gaspara, O. A. Acevedo-Sandoval, S. Martínez-Hernández. (2022). Contaminación del suelo por microplásticos: panorama actual. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 19, 55-60.

Sobarzo, C., Lloret, E., Navarro, V. S., Schoebitz, M., Calviño, D. F., Rubio, J. R., & Belmonte, R. Z. (2023). Evaluación de la presencia de microplásticos y plaguicidas en el suelo de un cultivo de fresa y su efecto en la salud y en el microbioma del suelo. *XXXIII Reunión Nacional de Suelos: Pamplona-Iruña*, 142-143.

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5383089&fecha=24/02/2015#gsc.tab=0.

Página web consultada en mayo 2025

Semblanzas de autores

Dra. Berenice González Santiago. Doctorada por la Universidad de St. Andrews, Reino Unido. Licenciada y Maestra en Química por la UAM-Iztapalapa. Investigadora SNII I, con enfoque en el diseño de materiales funcionales para aplicaciones en remediación ambiental.



Dra. Ana Adela Lemus Santana. Profesora investigadora del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Legaria, del IPN. Química de formación, con Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas por la UNAM. Cuenta con reconocimiento SNII II, sus áreas de investigación son en nanomateriales, síntesis de materiales adsorbentes y sus aplicaciones, participación activa en proyectos de energías renovables.

Dr. Jonathan Osiris Vicente Escobar. Realizo estudios de Licenciatura en Química Farmacéutica Biológica en la UAM-Xochimilco. Ha trabajado para el sector industrial alimenticio y en gestión de laboratorios. Es maestro y Doctor en Ciencias Químicas por la UAM-Iztapalapa.

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





Riego automatizado: una tecnología accesible y amigable con el suelo

Josafat Alvarado-Camarillo^{1*}
Álvaro Morelos Moreno²
Jose Antonio Huertos Ramírez¹

¹ Doctorado en Ciencias en Agricultura Protegida. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Saltillo, Coahuila, México, C.P. 25350.

² SECIHTI-. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Saltillo, Coahuila, México, C.P. 25350.

*Autor para correspondencia: +52 8712317739. E-mail: josafat_666@hotmail.com

La automatización está presente en nuestra vida diaria y la podemos encontrar desde lo más simple como un contador de tiempo hasta lo más complejo como un sistema de selección de tomate con variables como peso, color y tamaño.

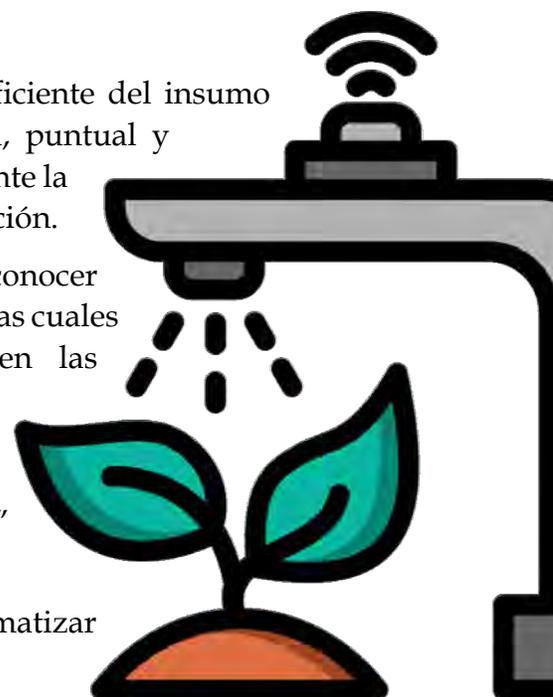
Para esto es necesario saber que la automatización se acopla a necesidades agrícolas tan básicas como el riego y así cuidar el importante insumo agua-suelo y tener una agricultura sustentable y amigable con el medio ambiente acompañada de tecnología.

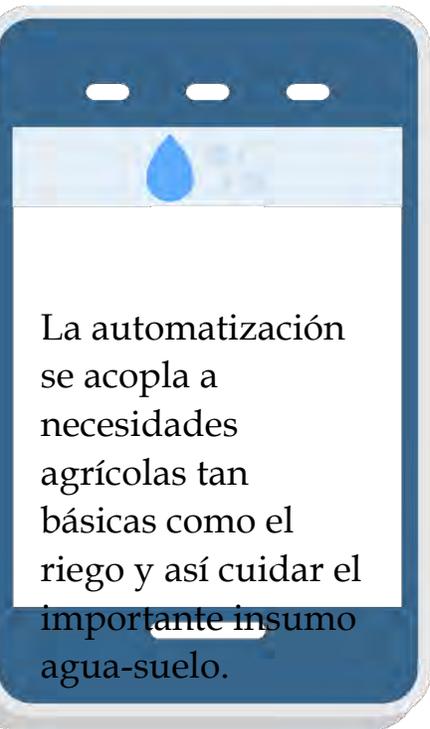
Introducción

La automatización del riego contribuye al ahorro y uso eficiente del insumo hídrico, ya que permite aplicar el agua de forma precisa, puntual y controlada, evitando desperdicios y suministrando únicamente la cantidad que la planta requiere para su desarrollo y producción.

Para comprender la automatización del riego, es necesario conocer desde las aplicaciones más simples hasta las más complejas, las cuales pueden implementarse en diversas escalas y hasta en las aplicaciones más complejas y en diversos tamaños. Desde el tamaño de un chip de celular o en tamaños de pizarrones, existen los microcontroladores o tarjetas de automatización que nos permiten programar, “automatizar” y poder controlar procesos en diferentes ámbitos.

En el caso de la agricultura, uno de los procesos clave a automatizar es el riego mediante sensores de humedad del suelo.





Esto con el fin de poder efficientar el uso del recurso agua y evitar el mínimo de lavado de suelos, lixiviación de fertilizantes y contaminación del suelo.

Hoy en día, la importancia del agua dulce para su uso en la agricultura mundial representa el 72 % del total de esta, por lo que su preservación resulta fundamental. Este cuidado debe ser acompañado de acciones que prevengan la contaminación y la degradación del suelo, para evitar su deterioro.

Dado que el agua es esencial para la producción agrícola y a su vez para la seguridad alimentaria, es crucial considerar las proyecciones del Banco Mundial, que estiman que para el año 2050 la población mundial será de más de 10,000 millones de habitantes; esta deberá de contar con alimento suficiente para sobrevivir, ya que la producción agrícola deberá de aumentar un 70 % más de lo que se produce actualmente, por consecuencia, es de suma importancia el cuidado del suelo-agua.

Afortunadamente, es posible aplicar y transferir tecnología de automatización al riego del suelo a bajo costo; solo hay que conjugar conocimientos básicos de programación, electrónica básica y edafología.

De este modo, al desarrollar un sistema automatizado de riego, no solo se reducen los costos de producción, sino que también se optimiza la aplicación de agua y fertilizantes.

¿Qué son las tarjetas programables y sensores de humedad de suelo?

Son tarjetas programables con un microcontrolador, comúnmente atm128 en la que se programa en lenguaje C/C++ en la plataforma de entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino. Estas tarjetas funcionan con voltajes de 3.3, 5 y 12 volts y funcionan con electrónica digital y analógica con pines de entrada y salida para poder dar órdenes a conveniencia a los actuadores.

Las tarjetas están divididas en pines de entrada y salida analógica y digital que funcionan únicamente de esa forma o con pines de salidas que pueden funcionar de cualquiera de las dos formas anteriores.

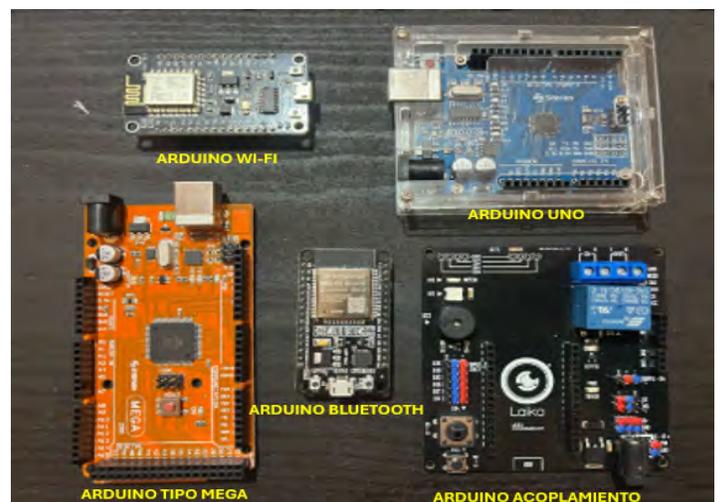


Figura 1. Tipos de tarjetas programables de Arduino.



Hay diferentes tipos de tarjetas (Figura 1), y el tipo depende de 2 características principales, como el tamaño de la tarjeta (número de pines de entrada y salida, ya sean analógicos/digitales o que funcionen de las dos formas) y sensores y actuadores ya integrados en la tarjeta programable.

En cuanto a los sensores de humedad del suelo, los más comunes son de tipo resistivo y capacitivo.

Ambos proporcionan una señal analógica que se puede leer desde la tarjeta (Figura 2) y solicitar arroje lecturas. Estos valores se interpretan y escalan para representar un porcentaje de humedad de 0% (suelo seco) a 100% (suelo saturado) de humedad en el suelo en forma de señal analógica y así poder decidir en qué porcentaje de humedad activar el riego y en qué porcentaje de humedad apagar la bomba de riego.

¿Cómo se programa una tarjeta? Conozcamos el ambiente de programación IDE (plataforma de entorno de desarrollo integrado) de ARDUINO con el lenguaje C/C++, para poder activar el equipo de riego.

El lenguaje de programación de la tarjeta es C/C++ y se programa en una plataforma gratuita llamada IDE (integrated development environment). Este ambiente es muy amigable y se programa por líneas; a su vez, los sensores se programan con bibliotecas que ayudan a que su programación sea más sencilla, optimizando líneas en el programa.

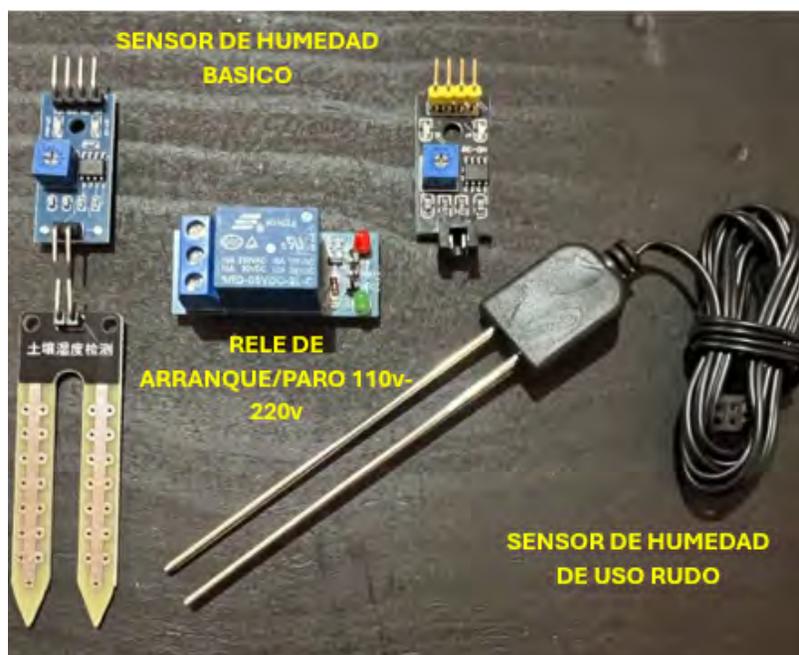


Figura 2. Tipos de sensores programables de lectura de humedad de suelo y relé.



El programa consta de 2 partes principales para programar e introducirle instrucciones: el void setup (donde se definen los sensores a usar y el tipo), ya sea analógico o digital y en qué pin conectarse, y el void loop, que es donde se programan las indicaciones a los sensores, además de qué parámetros, con qué frecuencia, a dónde enviarán las lecturas y cuántas veces se repetirá ese trabajo de lectura, y qué sensor se activará si cumple con alguna de las indicaciones específicas.

En la transferencia de tecnología será prender una bomba de riego y apagarla dependiendo de los porcentajes de humedad que contenga el suelo a regar.

Para evitar confusión de cómo se prende una bomba de 110 V o de 220 V, se usa un sensor llamado relé. Este actuará como un interruptor que dependerá del sensor de humedad, que, al indicar un % de humedad menor al 75-%, activará el relé y la bomba iniciará el riego, hasta así poder llegar al 87-% de humedad; ahí el relé actuará como un cortacorriente, pues ya se alcanzó el porcentaje de humedad máximo programado de 87-%.

A continuación, se muestra un diagrama de flujo que ilustra el funcionamiento básico del programa para el sistema de riego automatizado (Figura 3).

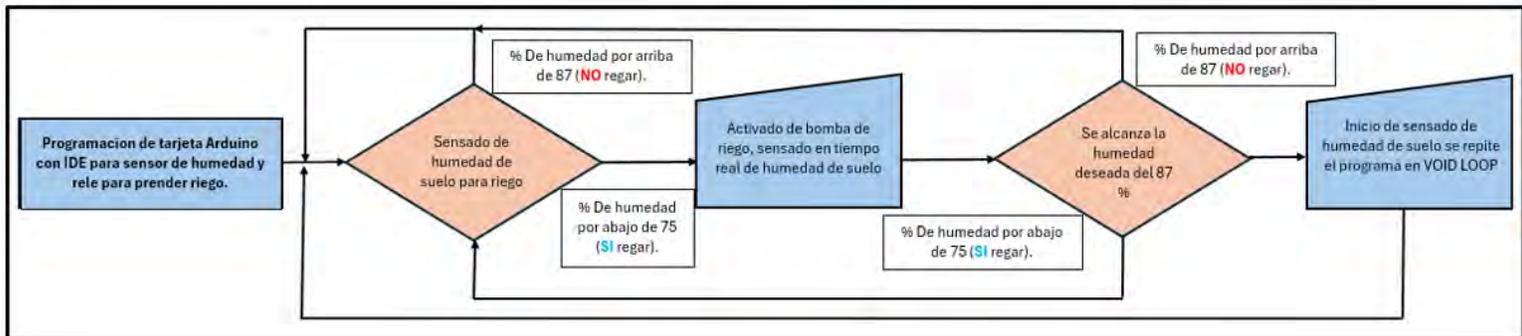


Figura 3. Diagrama de flujo de programa de riego en suelo, con sensor de humedad y parámetros dados.

Perspectiva del uso de tecnología de riego automatizado en cultivos establecidos en suelo.

El uso de la tecnología antes descrita de automatización a base de un sistema de automatización basado en microcontroladores de código libre puede aplicar a cualquier cultivo cuyo establecimiento sea suelo, ya sea desnudo o acolchado, mientras este no se requiera inundar por requerimientos del cultivo.



Para esto debemos de tomar en cuenta que, para cada uno de los cultivos y variedades, debemos de calibrar el sensor de humedad al requerimiento hídrico necesario, capacidad de campo y de punto de marchitez permanente, para que este se active cuando la planta necesite el recurso hídrico y se desactive cuando la cantidad de agua sea suficiente y necesaria para el cultivo elegido.

Asimismo, esta tecnología se puede aplicar a hidroponía haciendo el análisis necesario de caracterización de sustrato, para así saber la cantidad de agua que se necesita para el cultivo a colocarse, ya sea en maceta, slab o bolsa.

Conclusión

El escrito anterior busca que el lector de cualquier edad interesado en el tema, así como el agricultor comercial y/o de autoconsumo vea el potencial que tiene la automatización en la agricultura, específicamente en el riego de cultivos en suelo. Además, se busca quitar el paradigma de que la automatización es muy costosa y difícil de aplicar e instalar. Sin embargo, si se

llegara a adoptar y a crear nuestra propia tecnología, se abriría una oportunidad de incursionar en esta área que es dominada por empresas extranjeras; por ende, los costos son muy elevados y, al mismo tiempo, el mantenimiento del sistema solo lo pueden realizar sus técnicos.

Así que, combinando la tecnología de la automatización de sensores en cultivos instalados en suelo, tenemos la oportunidad de tenerlos monitoreados las 24 horas; pudiendo agregar más sensores que nos podrían ayudar a tomar mejores decisiones sobre el manejo del cultivo. Ejemplos de sensores que se pueden incorporar pueden ser de temperatura de suelo, pH o conductividad eléctrica. Esto a una fracción del costo del mercado, instalados por empresas extranjeras.

Y aunado a esto, se tendría una mejor información y, por ende, un mejor manejo de los recursos suelo-agua al hacer nuestro sistema más preciso y accesible; esto nos ayudaría también en una disminución en la lixiviación de fertilizantes al no lavar los elementos del suelo y hacer nuestro cultivo-sistema mucho más sustentable.

La automatización del riego nos ayuda a ahorrar y eficientar el insumo agua ya que al regar automáticamente solo se aplica de manera precisa, puntual y controlada al cultivo.





Literatura recomendada

Anthony, G., & Mori, S. (2018). Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ingeniería Agrícola, "Implementación, Control y Monitoreo de un sistema".
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/5c4f8ac6-1d4b-41fe-8d8f-a38ca2881d15/content>

Negrete, C. J. (2018). Junta Directiva de Arduino en el Régimen de la Agricultura en México, Revista Internacional de Horticultura, Vol. 8, No. 6, pp. 52-68. DOI:
<http://dx.doi.org/10.5376/ijh.2018.08.0006>.

Segovia-Cardozo, D. A.; Franco, L., and Provenzano, G. (2021) Detecting crop water requirement indicators in irrigated agroecosystems from soil water content profiles: An application for a citrus orchard. *Science of the Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150492>

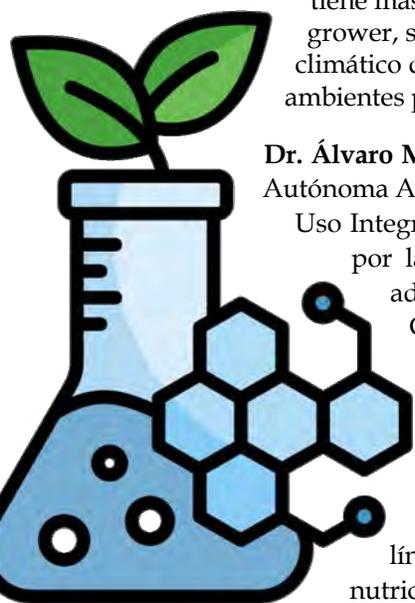


Semblanzas de autores

M.C. Josafat Alvarado Camarillo. Estudiante del Doctorado en Ciencias en Agricultura Protegida en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN); tiene estudios de Ingeniería Mecánica por la UAAAN y de maestría en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), tiene más de 13 años en manejo de cultivos hortícolas en ambientes protegidos como grower, sus líneas de investigación se centran en la automatización de invernaderos, manejo climático de invernaderos hortícolas y manejo optimo-integral de cultivos hortícolas en ambientes protegidos.

Dr. Álvaro Morelos Moreno. Con estudios de Ingeniería Mecánica Agrícola por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), y de maestría y doctorado en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua por la Universidad Autónoma Chapingo. Es Investigador por México por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), con adscripción en los posgrados de Maestría en Ciencias en Horticultura y Doctorado en Ciencias en Agricultura Protegida en la UAAAN, y es Nivel 1 del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) del SECIHTI. Sus líneas de investigación versan sobre ingeniería agrícola, biofortificación de cultivos, y modelización y control de cultivos agrícolas y sistemas biológicos.

M.C. José Antonio Huertos Ramírez. Estudiante de doctorado en ciencias en agricultura protegida en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Sus líneas de investigación se centran en la aplicación de nanotecnología en la agricultura, nutrición de cultivos hortícolas, manejo agroecológico de cultivos hortícolas y biotecnología agrícola. Actualmente sus estudios se enfocan en el aprovechamiento de microalgas como bioestimulantes en hortalizas.





¿Sabías que la CDMX produce alimentos que aportan a tu nutrición?

Horacio Medina-Sánchez¹
Mariela H. Fuentes-Ponce^{1*}
Cristian A. Reyna-Ramírez¹

¹ Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, México

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



El escrito presenta información sobre la producción de alimentos en la Ciudad de México (CDMX) con el objetivo de dar a conocer la relevancia de la agricultura urbana, centrándose en el análisis de la producción agropecuaria del año 2023 y su aporte nutricional. Si toda la producción agropecuaria de la CDMX, fuese consumida por su población, aportaría significativamente a su nutrición en particular en vitamina C, calcio, hierro y vitamina A, siendo nopales y la leche los principales aportadores de nutrientes.

| Sección II: Procesos de Formación del Suelo |
| Subsección IIB: Transformación |

La Ciudad de México, con 9,307,750 habitantes, tiene una densidad poblacional de más de 15,000 habitantes por kilómetro cuadrado, lo que la hace una de las zonas urbanas más densamente pobladas del mundo.

Introducción

La Ciudad de México (CDMX) es la 7^a ciudad más poblada del mundo y aunque representa únicamente el 0.08 % del territorio nacional (148,500 ha), concentra aproximadamente el 7.5 % de su población. Este territorio conserva el 59% de su superficie (88,442 ha) con zonas forestales, rurales y una fracción importante de suelo con producción agrícola (Figura 1). El 41% restante (60,058 ha) representa el suelo urbano, donde se

habita casi la totalidad de la población, que para 2023 fue de 9,307,750 habitantes, lo que implica una densidad poblacional de más de 15,000 habitantes por kilómetro cuadrado, haciéndola una de las zonas urbanas más densamente pobladas del mundo y con grandes retos para satisfacer la demanda alimentaria.

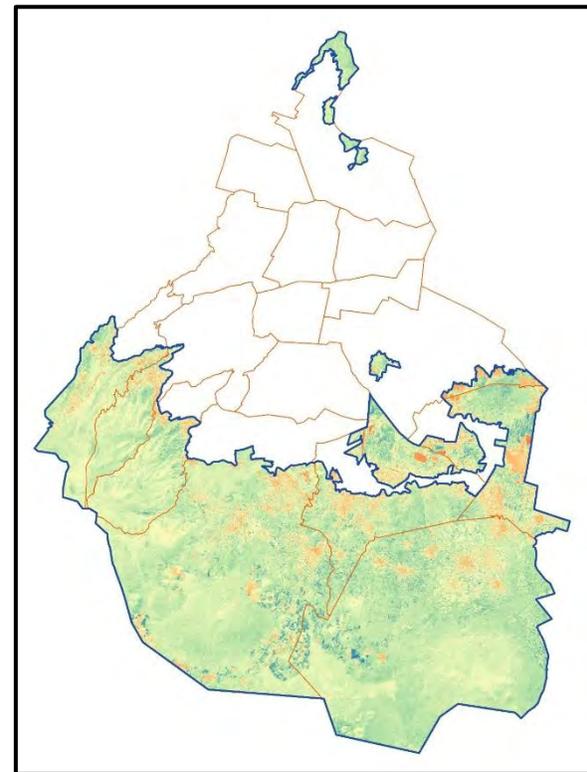
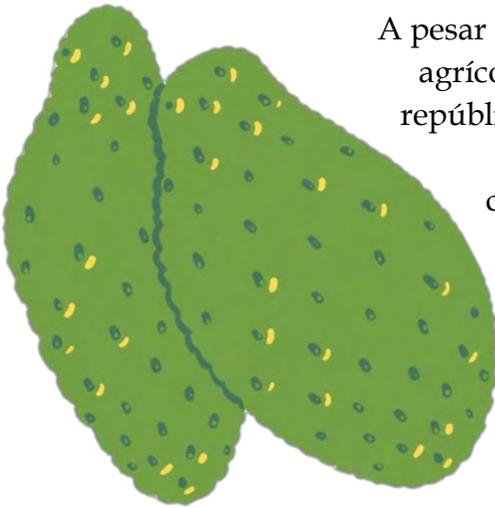


Figura 1. El suelo de conservación de la Ciudad de México, en contorno azul.



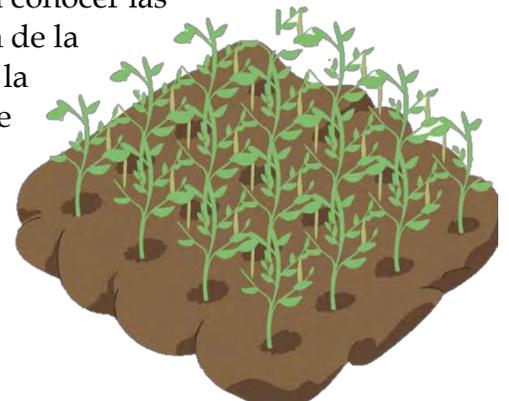
A pesar de no ser un territorio con alta producción agrícola en comparación con otros estados de la república, ocupa el segundo lugar en producción de nopal en México (casi el cuarenta por ciento). Además, cuenta con una superficie de casi cuatrocientas hectáreas de árboles frutales, y un importante sistema lacustre y chinampero en la zona oriente que presenta una producción eficiente con alta productividad, de tres a cuatro cosechas al año, principalmente de hortalizas y plantas ornamentales, con importante valor económico.

La Ciudad de México es el segundo productor de nopal del país, aportando casi el 40% del total de la producción de este alimento en México.

Esta urbe tiene un territorio de casi 15,000 hectáreas dedicado a la siembra de productos agrícolas y pecuarios, que aportan importantes servicios a los habitantes.

Desarrollo

Se analizó la producción agropecuaria de la CDMX del año 2023 y su aporte nutricional a la población de esta urbe. Se determinó la producción agrícola y pecuaria por Alcaldía, superficie sembrada en hectáreas y el volumen de cada uno de los productos agrícolas y pecuarios utilizando los datos de producción agropecuaria de 2023 generados por el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) del país. La producción agrícola se clasificó en tres grupos: alimentos para consumo humano, forrajes y ornamentales. Para calcular el aporte nutrimental de lo producido, se consideró la composición de cada uno de los agroalimentos, utilizando las tablas elaboradas por el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, y se multiplicó por el volumen total de producción de cada uno. Para conocer las necesidades nutricionales de la población de la CDMX, se obtuvo de las mismas tablas la ingesta diaria recomendada por rango de edad y se multiplicó ese valor por el total de la población.





En la CDMX se sembraron 14,876 ha en 2023, en siete Alcaldías: Álvaro Obregón, Cuajimalpa, La Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco. Para darnos una idea de la dimensión, esta superficie equivale a 17 veces el Bosque de Chapultepec, que, con sus casi 700 ha, es uno de los parques urbanos más grandes del mundo.

De la superficie total agrícola sembrada, el 60.9% se dedicó a la siembra de alimentos para consumo humano, 37.6% para forrajes, y 1.5% para ornamentales. A pesar de que el mayor porcentaje corresponde a alimentos para consumo humano, la avena forrajera fue el cultivo más extendido, sembrándose un total 5,353 ha, que corresponden al 36% de la superficie total. Respecto a los alimentos para consumo humano, los que presentan una mayor superficie sembrada con respecto a la superficie total agrícola para 2023 es el maíz, con 4,348 ha (29.3%), los nopales con 2,047 ha (13.8%), las hortalizas con 1,322.35 ha (8.89%) y la papa con 791 ha (5.3%) (Figura 2).

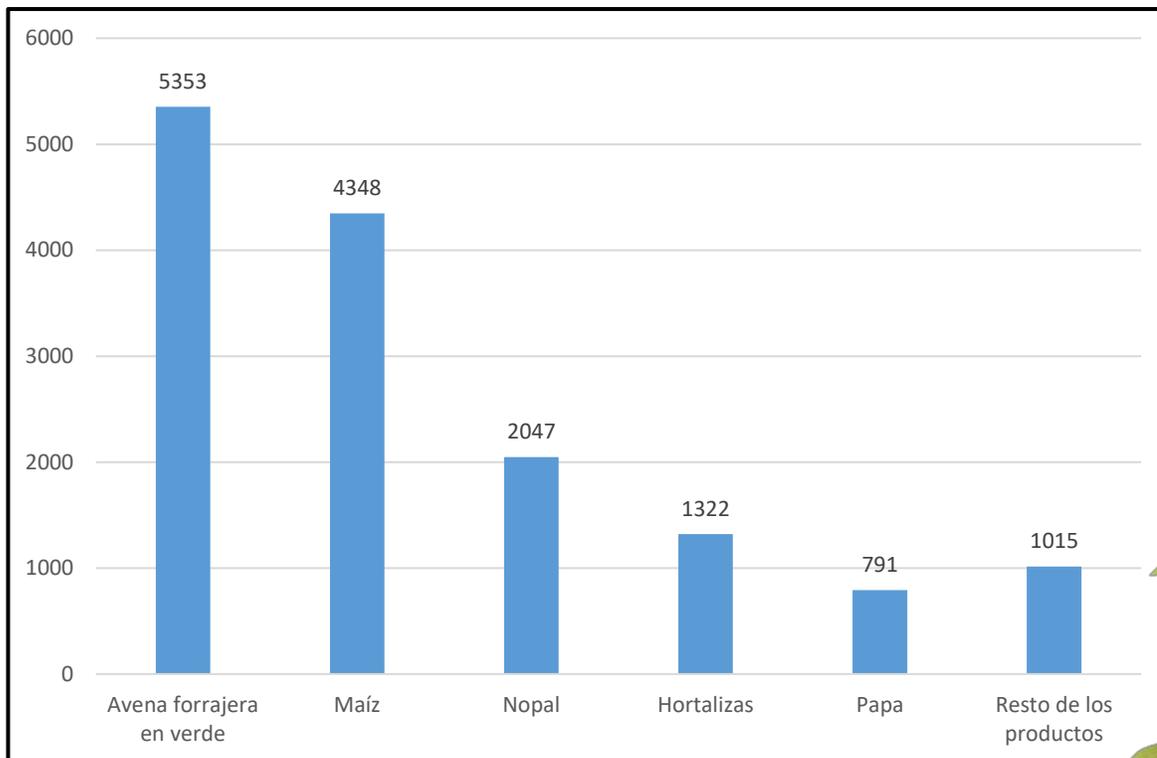


Figura 2: Superficie sembrada (hectáreas) en la CDMX 2023.

En esta ciudad se conservan razas nativas de maíz como el cacahuazintle, que forma parte de una gran diversidad de alimentos que nos identifican como mexicanos.

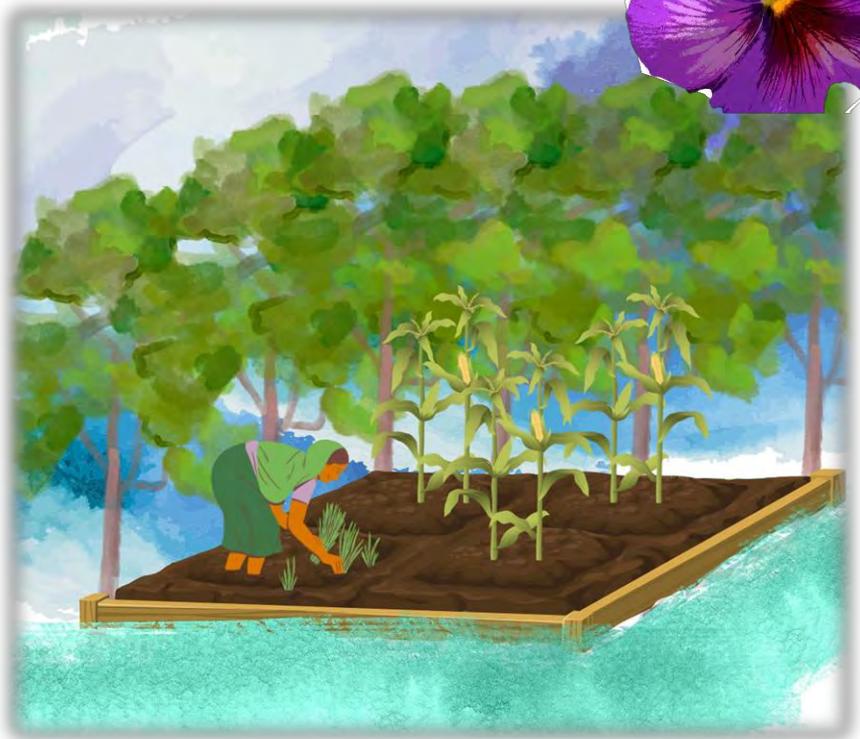




La Alcaldía Tlalpan, fue la que mayor superficie agrícola tuvo en comparación a las demás, con 5,806 ha sembradas. De esta superficie, dos terceras partes (65.7%) se utilizaron para la siembra de forrajes, el resto (33.6%) fue para la siembra de alimentos para seres humanos, principalmente maíz y papa, y 0.7% para ornamentales.

La alcaldía de Milpa Alta fue la que le siguió a Tlalpan con 5,528 ha. De esta superficie, tres cuartas partes (75.65%) se dedicaron a la siembra de alimentos para consumo humano, con 2004 ha de producción de nopal. Ésta es una de las zonas del país con más alta producción de este alimento.

Aunque en Xochimilco parece poca la cantidad de hectáreas sembradas, 1,587.6 ha, allí en la misma superficie se tienen de tres a cuatro cosechas al año porque hay agua con que regar, debido al sistema chinampero que nos heredaron los pueblos originarios, lo cual no sucede en Milpa Alta y Tlalpan. Muchas de las hortalizas como lechuga, acelga, espinaca y algunas que se empezaron a consumir hace poco tiempo como kale o arúgula se producen en las chinampas. Además, en Xochimilco es donde existe la mayor producción de



plantas ornamentales de toda la ciudad (65.1%), que seguramente alguna vez has visto en los mercados de la CDMX.

La producción de alimentos en chinampas, sistema tradicional de la Ciudad de México es un referente cultural, además de ser un sistema altamente productivo.



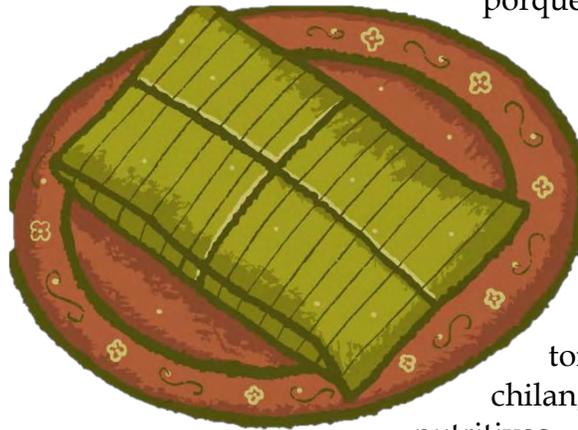


Tláhuac se ha caracterizado por sembrar hortalizas, aunque se ha ido perdiendo y es necesario rescatar, aquí se siembran 1,519.1 ha, y dedica el 91.8% de estas a la siembra de alimentos para consumo humano.

Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Cuajimalpa concentran el 2.9% de la superficie agrícola total de la CDMX, dedicando la mayor parte de ella a la producción de alimentos para consumo humano, sobre todo maíz, y frutas como durazno, manzana, pera y tejocote, entre otras. Parece muy poco lo que estas tres alcaldías aportan a la producción de alimentos de la Ciudad, pero si piensas que este pequeño porcentaje equivale a 610 campos de fútbol, quizá tu perspectiva cambie.



El nopal es el alimento que más se produce en la CDMX, con 185,045 toneladas, representando más de tres cuartas partes (75.26%) del volumen total de productos sembrados de la Ciudad. El segundo producto con mayor volumen de producción es la papa, con 28,963.27 toneladas, que equivale al 11.78%. Aquí hay que poner mucha atención, porque esto no es un alimento de la dieta básica de la población mexicana. Esta producción ha aumentado en los últimos 20 años en un 500% pero por la demanda de productos no muy buenos para la salud como son las botanas empaquetadas.



Por otro lado, en México el maíz es un alimento básico y en la CDMX no es la excepción, ya que es el tercer producto en volumen de la Ciudad con 13,084.4 toneladas, y otro dato sorprendente es que el campo chilango produce casi 16,000 toneladas de nutritivas hortalizas como lechuga, brócoli, verdolaga, romerito, zanahoria y calabacita por mencionar a las más importantes y más de 1,400 toneladas de frutas como pera, manzana, durazno y ciruela, además de un volumen de más de 500 toneladas de haba, lo que equivale al peso de 90 elefantes africanos adultos.





Además, seguramente no sabías que también se producen 11,347 toneladas (miles de litros) de leche y 2,440 toneladas de carne de cerdo, res, ovino y pollo (Figura 3).

Antes hablamos de cuántas hectáreas fueron sembradas por Alcaldía, pero eso no significa que necesariamente se produzca más o menos, ahora hay que ver cuántas toneladas de productos agrícolas se obtienen en cada Alcaldía.

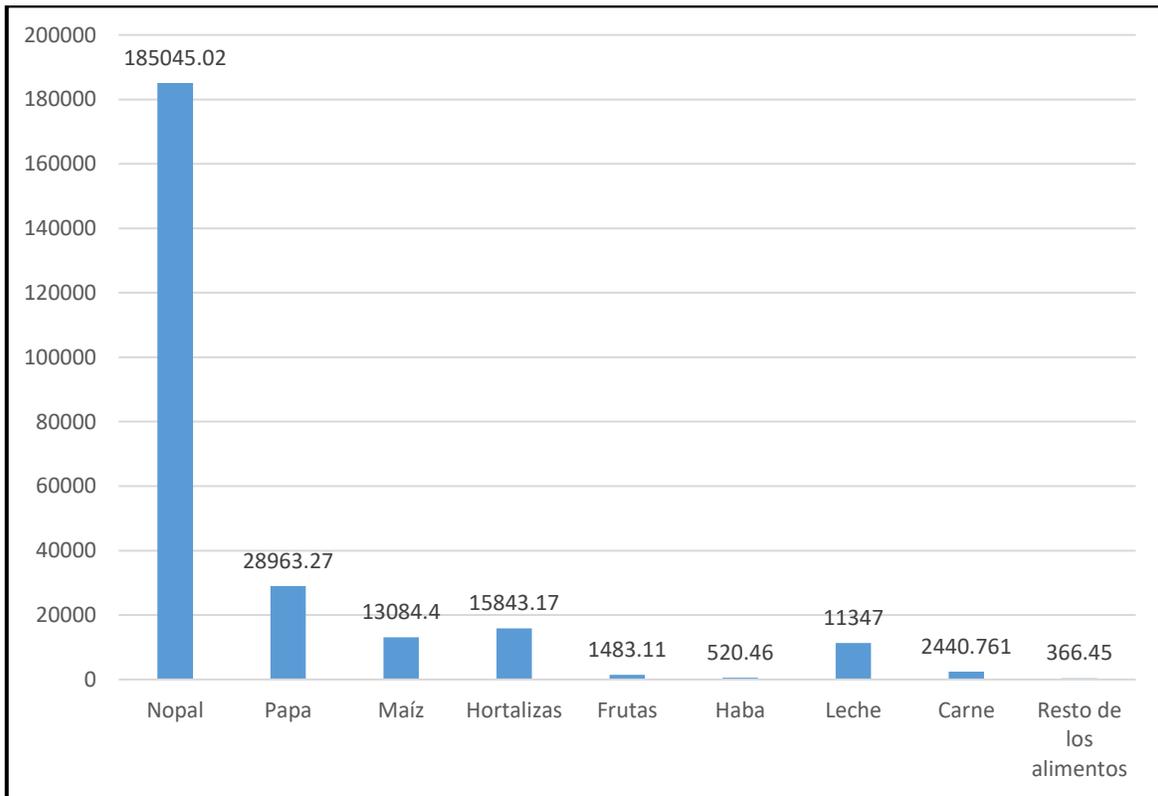
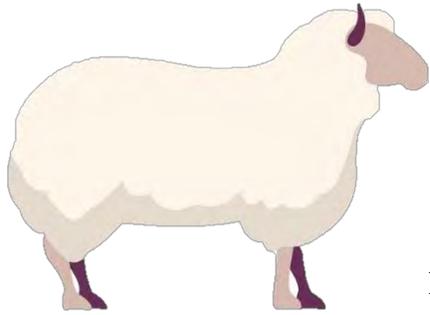


Figura 3: Producción de alimentos (toneladas) en la CDMX 2023

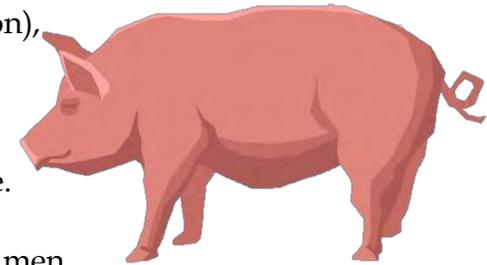
La Alcaldía con mayor volumen de producción agrícola es Milpa Alta con el 80.82% del volumen total de la CDMX, destacando el nopal, que representa el 91.24% del volumen total de producción agrícola de esta Alcaldía, seguido de la papa, con el 5.74%. La alcaldía que le sigue es Tlalpan, con 10.42% del total de la producción, con altos volúmenes de producción de papa (68.47%) y maíz (26.45%). La Alcaldía Tláhuac ocupa el tercer lugar de producción agrícola, con el 4.98% del volumen total, produce principalmente hortalizas (78.63%), destacan el brócoli, la lechuga y los romeritos.





La alcaldía de Xochimilco produce el 3.35% del volumen total, con mayor producción de hortalizas de hoja (41.38%), nopales (30.61%) y maíz (24.16%). Las Alcaldías La Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Cuajimalpa, producen 0.43% del volumen total, con valores altos de maíz y frutas.

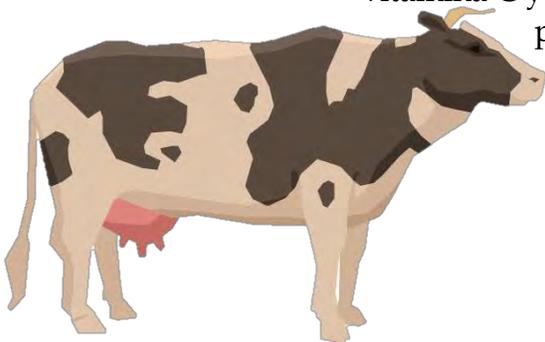
Respecto a la producción de alimentos de origen animal, el producto con los mayores volúmenes es la leche. Se producen más de 11 millones de litros por año, ¡el equivalente en volumen a cuatro piscinas olímpicas! Por eso es tan importante la producción de forrajes en la CDMX para alimentar al ganado vacuno. En las Alcaldías Xochimilco y Tlalpan se produce el 83.25% de la leche de la ciudad. En Xochimilco se concentra la mayor producción de carne de cerdo, con el 50.48% de la producción total de la Ciudad (1,616.34 ton). Tlalpan tiene la producción más alta de carne de borrego 52.84%, que es de 217.23 ton al año. El 81.24% de la producción total de carne de res (556.23 ton), se produce en las Alcaldías Tlalpan, Milpa Alta y Xochimilco.



En cuanto a la carne de pollo y huevo, Milpa Alta es la alcaldía que más produce con 48.99% y 34.72% respectivamente. Los volúmenes de estos productos son de 50.95 ton de carne de pollo y 78.78 ton de huevo. La CDMX también produce un volumen importante de miel, 85.41 ton. Las Alcaldías Xochimilco y Milpa Alta juntas suman el 71.99% del total de la miel producida.

Como puedes ver, la cantidad y diversidad de alimentos producidos en la CDMX es grande y variada, y eso nos lleva a preguntarnos, ¿qué tanto aporta a la nutrición de su población y a la salud de ésta? Te lo contamos a continuación.

Para saber lo que todos estos alimentos producidos en el suelo de conservación de la CDMX aportan en nuestra nutrición, se consideraron 14 nutrientes esenciales: 1) carbohidratos, 2) proteínas, 3) ácidos grasos, 4) zinc, 5) hierro, 6) tiamina, 7) riboflavina, 8) ácido fólico, 9) calcio, 10) potasio, 11) vitamina B6, 12) niacina, 13) vitamina C y 14) vitamina A. Esto se relacionó con las necesidades de la población para el año 2023, que fue de 9,307,750 habitantes, para saber qué tanto de la producción podría aportar a las necesidades nutricionales de la población de esta gran ciudad, donde por increíble que parezca, todavía hay ruralidad, que nos regala importantes beneficios.





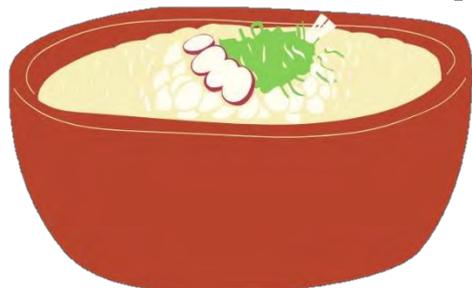
Considerando el total de nutrientes provenientes de la producción agropecuaria de la CDMX para 2023, y las necesidades nutrimentales de la población de la Ciudad para ese mismo año, se identificó que la producción total de alimentos de la CDMX podría aportar un porcentaje superior al 10% de las necesidades nutrimentales de la población, en cinco de los nutrientes mencionados: vitamina C - 44.3%, calcio - 16.03%, hierro - 14.75% y vitamina A - 12.13%. En relación con la población menor de 10 años, la producción agropecuaria de la CDMX podría aportar cantidades superiores al 15% en 12 de los 14 nutrientes, incluso en algunos de ellos como es el caso del zinc, hierro, tiamina, calcio, vitamina B6, vitamina C y vitamina A, los porcentajes son superiores a las necesidades de este sector de la población.

En el segmento de personas adolescentes, que va de 10 a 19 años, la producción agropecuaria 2023 de la CDMX presentaría una aportación mayor al 15% en 11 de los 14 nutrientes evaluados y superior a las necesidades de este segmento de la población en hierro, vitamina C y vitamina A. Para el segmento de personas adultas mayores a 20 años, solamente en tres nutrientes la aportación es superior al 15% que son hierro, calcio y vitamina C, y en ninguno de los 14 nutrientes se alcanza la cobertura total de necesidades.

Discusión

Como podemos ver, la CDMX no es solo edificios, personas y automóviles, ya que tiene ecosistemas de bosque y pastizal que nos dan muchos beneficios y logran amortiguar los impactos de los casi 7 millones de viajes diarios que se realizan en automóvil en esta importante Ciudad, además de una gran superficie agrícola que nos da muchos alimentos y otros productos. En una ciudad grande y densamente poblada es prioritario tener más de la mitad del territorio como suelo de conservación.

En el suelo agrícola de la CDMX se produce principalmente nopal, con rendimientos superiores a la media nacional, pero también importantes volúmenes de maíz, hortalizas, papa y plantas ornamentales, y en menor medida frutas. Además, por ejemplo, en el caso del maíz, se conservan razas locales como el cacahuazintle, elemento indispensable en nuestro delicioso pozole, y también en tamales, esquites y otros alimentos que nos identifican como mexicanos.



En 8 de los 14 nutrientes esenciales analizados, la producción de alimentos de la Ciudad de México podría cubrir la demanda total de la población infantil.



Todos estos productos además de su importancia nutricional son un referente cultural importante para la población de la CDMX, así como algunas plantas ornamentales como el cempasúchil, y agro-sistemas heredados de los pueblos originarios como las chinampas.



La zona agrícola de la CDMX, representa un área importante para proveer en general más del 10% de 14 nutrimentos esenciales, y en el caso de algunos de ellos más del 40%, además si se canalizará esta producción a la población infantil por medio de desayunos escolares, se estaría consumiendo local, con menos huella de carbono por la reducción del traslado y se podría cubrir el 15% en 12 de los 14 nutrientes, y en algunos el 100% como en el zinc, hierro, tiamina, calcio, vitamina B6, vitamina C y vitamina A.

El nopal, uno de los productos con un alto valor nutricional, podría destinarse a comedores y estancias infantiles, que, cocinado con otros productos de origen animal o vegetal, como huevo o carne y otros vegetales u hongos, podría aportar la mayor parte de los nutrientes esenciales para el sector infantil de la población de la CDMX.



La leche es otro de los productos que podrían incorporarse como parte de la dieta de la población de la CDMX, en particular ligado a la población de personas menores de 10 años, cuyas necesidades de este alimento son altas.

Conclusiones (Cierre)

Como puedes ver, la producción agropecuaria de la CDMX es relevante en dos sentidos, por un lado, tiene la posibilidad de cubrir una parte importante de las necesidades nutricionales de algunos sectores de la población y por otro lado se encuentra su valor en términos de conservación de la biodiversidad y contención de la mancha urbana, así como la preservación de la cultural rural y los pueblos originarios.

Para ello es imperante dignificar y visibilizar el quehacer campesino en la gran ciudad a la par de desarrollar estrategias para fomentar sistemas agroalimentarios diversos que incluyan producción de hortalizas, leguminosas y amaranto, ricos en nutrientes esenciales para la población. El volumen de producción permite el intercambio comercial de la cosecha de alimentos de los agricultores en la Ciudad, además del autoconsumo.





También es importante analizar los sistemas de producción de papa y nopal, con rendimientos muy por encima del promedio nacional, e identificar y en su caso mitigar los impactos que este aumento de rendimiento puede traer como consecuencia en los suelos, el aire y la biodiversidad del suelo de conservación de la CDMX.

Finalmente, se propone que la política pública esté encaminada a incorporar en el mercado local la producción agropecuaria de la CDMX, en primera instancia para la alimentación de la población vulnerable en comedores populares y sistemas de desayunos escolares, y en una segunda fase abrir nichos de compraventa directa entre productores y habitantes de la Ciudad.

Literatura recomendada

Ávila-Sánchez, H. (2019). Agricultura urbana y periurbana: Reconfiguraciones territoriales y potencialidades en torno a los sistemas alimentarios urbanos. Investigaciones Geográficas. Instituto de Geografía. UNAM. Núm. 98. Abril 2019.

Dirección general de comunicación Social de la Universidad Nacional Autónoma de México. (2021). Habitar en urbes, tendencia mundial. Boletín UNAM-DGCS-917 en: http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2021_917.html

Gobierno de la Ciudad de México. (2019). Programa de Gobierno 2019-2024. Ciudad de México, México.

FAO, Rikolto y RUAF. (2022). *Urban and peri-urban agriculture sourcebook – From production to Food Systems*. Rome, FAO y Rikolto.

Olivera, G., Zavaleta, K. (2020). La agricultura urbana y periurbana como segundo mejor uso del suelo en la ciudad. Retos frente a la urbanización y las políticas urbanas: Cuernavaca, México. QUID 16. Revista del Área de Estudios Urbanos. Universidad de Buenos Aires. Núm. 13, 216-242.

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

Semblanzas de autores

M. en C. Horacio Medina-Sánchez. Biólogo egresado de la UNAM, con maestría en Geografía. Estudiante del Doctorado en Ciencias Agropecuarias en la UAM. Cuenta con diplomados en Política Pública y Economía Circular. En 2019 realizó una estancia en Japón ligada a Gestión de Residuos. Ha sido servidor público, consultor y actualmente se desempeña como docente.



Dra. Mariela H. Fuentes-Ponce. Profesora Licenciada en Agronomía por la UAM. Maestra en Edafología (COLPOS). Doctora en Ciencias Biológicas (COLPOS-Universidad de Salamanca). Pertenece al SNII y cuenta con reconocimiento PRODEP. Tiene más de 25 publicaciones en diferentes medios. Pertenece al comité editorial de la revista Terra Latinoamericana. Editora asociada de Frontiers in Sustainable Food Systems.

Dr. Cristian A. Reyna-Ramírez. Licenciado en planeación Territorial, maestro en Ciencias Agropecuarias y Doctor en Ciencias Biológicas y de la Salud (UAM). Ha colaborado con el Ministerio de Agricultura de Cuba, UNCCD, Instituto de Hidrología-UNAM y CIMMyT. Pertenece al SNII y es Profesor-Investigador en la UAM con líneas de investigación en re-diseño de sistemas agropecuarios.

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

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

TERRA
Latinoamericana



ISSN Electrónico 2395 - 8030

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



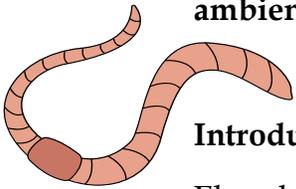
Pequeños habitantes del suelo: las lombrices, ingenieras del suelo

Daniel Alejandro García-López*

¹ TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Libres, Departamento de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. Camino Real S/N, Barrio de Tetela, C.P. 73780, Libres Puebla., México.

*Autor para correspondencia: daniel.gl@libres.tecnm.mx.

Debajo de nuestros pies habita un ejército silencioso que transforma y da vida al suelo: las lombrices, las ingenieras del suelo. Estos organismos, a menudo subestimados, son clave en la salud del ecosistema al reciclar residuos, airear la tierra y generar humus fértil. En especial, la lombriz roja californiana destaca por su rol en el vermicompostaje y la agricultura sustentable. Criarlas no solo mejora el suelo, también contribuye al manejo de residuos, la educación ambiental e incluso la alimentación del futuro.



Introducción

El suelo es más que solo el material sobre el que caminamos. Seguramente sabes que allí crecen nuestros alimentos y las plantas que nos brindan oxígeno. Pero quizá no sepas que también es el hábitat de una inmensa cantidad de organismos que van desde los diminutos, imposibles a ver a simple vista, hasta otros más grandes, como los que quizás viste de niño al jugar en el lodo. Debido a esta diversidad de tamaños, los habitantes del suelo suelen clasificarse como; 1) microflora, compuesta de microorganismos que solo es posible verlos con ayuda de un microscopio; 2) microfauna, organismos de un tamaño menor a los 0.2 mm; 3) mesofauna, que se compone de organismos de entre 0.2 a 2 mm; 4) macrofauna, donde encontramos organismos mayores a los 2 mm como insectos y por supuesto a los organismos que nos interesa conocer el día de hoy.

El suelo alberga una inmensa variedad de organismos, desde microscópicos hasta visibles como las lombrices.



Todos estos pequeños habitantes del suelo son vitales para el ecosistema. Aunque no los veamos, regulan la salud del suelo mediante diferentes funciones como el consumo de desechos, la incorporación de nutrientes y el control de plagas, por tan solo mencionar algunas. Gracias a ellos nuestros bosques y selvas se mantienen verdes sin necesidad de fertilizantes ni pesticidas. Por ello, en ambientes donde estos organismos escasean, el suelo suele ser infértil y pobre en vida.



A pesar de la vasta riqueza biológica del suelo, en esta ocasión nos centraremos en un grupo muy especial: las lombrices del suelo. Estos gusanos rosados que cada vez vemos menos, pero que aún recuerdo ver con curiosidad durante mi niñez como salían mágicamente del suelo tras una lluvia intensa. Estos pequeños, que lamentablemente muchos miran con desagrado, han sido injustamente desestimados. Por ello, deseo hacerles justicia compartiendo algunos beneficios que nos brindan para devolverles el reconocimiento que merecen.

La labor de las lombrices

Para sorpresa de muchos, desde tiempos antiguos ya se había reconocido la importancia de las lombrices. Aristóteles, las comparaba como los intestinos del suelo por su labor en la formación de la tierra fértil. Por su parte, Charles Darwin, padre de la teoría de la evolución, quedó tan fascinado con ellas que dedicó años a investigarlas e incluso escribió un libro titulado "*La formación de la capa vegetal a través de la acción de las lombrices*".

¿A qué se debe tanta fascinación hacia las lombrices? Pues bien, debemos mencionar que se trata de organismos denominados detritívoros, es decir, al igual que un vegetariano que come vegetales, un organismo detritívoro come detritos o materiales orgánicos en descomposición, como hojas secas, residuos vegetales o estiércol, e incluso animales en diferentes estados de descomposición. Esta función es esencial en nuestros ecosistemas, ya que, sin organismos como ellas, los desechos se acumularían a montones en la naturaleza. Además, al procesar estos materiales, excretan un producto estabilizado llamado humus o vermicomposta, el cual se trata de un "*súper alimento*" para el suelo, es rico en nutrientes y microorganismos benéficos que restituyen su salud.



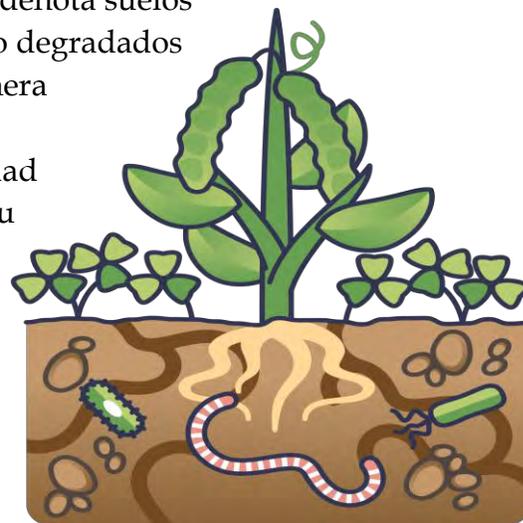
Las lombrices son consideradas ingenieras del suelo, ya que cumplen funciones vitales como la aireación, el reciclaje de nutrientes y la formación de humus.



Se debe mencionar también que, durante su búsqueda de alimento, las lombrices excavan galerías subterráneas que airean el suelo, mejoran la infiltración del agua, evitan su compactación y facilitan el crecimiento de raíces. Por todo esto, se han ganado con justicia el título de "ingenieras del suelo".

En definitiva, la presencia de lombrices es un indicador de un suelo sano. En cambio, su ausencia denota suelos secos, compactados, contaminados o degradados

por prácticas agrícolas intensivas; lo que genera pérdida de biodiversidad, menor captación de agua y nutrientes, así como una disminución en la productividad del suelo. Por lo tanto, si aún encuentras lombrices en tu jardín o macetas, alégrate: ¡tienes un suelo saludable!

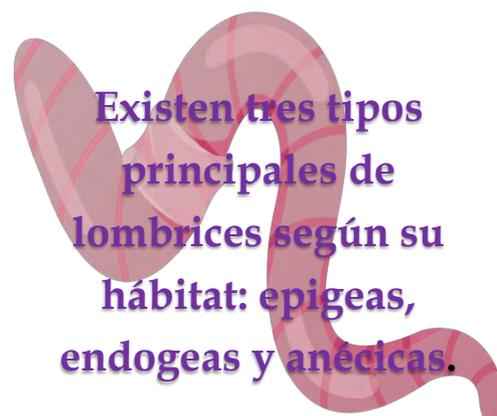


Diferentes tipos de lombrices

Debemos aclarar que al hablar de lombrices del suelo hacemos referencia a todas aquellas que pertenecen al phylum *Annelida* de la clase *Oligochaeta*. Es decir, se trata de un grupo específico que ha sido clasificado por biólogos y que distingue a estos organismos. Dentro de esa clasificación también existen divisiones por género y especies.

Sin embargo, para facilitar su comprensión convengamos clasificarlas por sus hábitos y donde habitan en el suelo (Fig. 1). Es así que podemos clasificarlas como:

- Lombrices epigeas: Son las que viven en la superficie del suelo y se alimentan de materia orgánica en descomposición.
- Lombrices endogeas: Habitan en profundidades a partir de los 30 cm, crean galerías que permiten la aireación del suelo.
- Lombrices anécicas: Pueden habitar entre la superficie y la profundidad, cavan galerías profundas y arrastran materia orgánica desde la superficie, facilitando la incorporación de nutrientes en los horizontes inferiores del suelo.





Como pueden notar existen diferentes hábitos entre las lombrices; mientras unas prefieren habitar la superficie del suelo, otras se encuentran más cómodas en la profundidad, ocultas de la luz y de la actividad en la superficie. Sin embargo, las lombrices epigeas, han sido fácilmente domesticadas para su uso en sistemas de vermicompostaje. Dos de las especies más utilizadas son *Eisenia fetida* y *Eisenia andrei*, conocidas como lombrices rojas californianas.



Figura 1. Clasificación de las lombrices por sus hábitos y donde habitan en el suelo

Características y cuidados de la lombriz roja californiana

El ciclo de la lombriz roja californiana (Fig. 2) comienza con un huevo o cocón, del cual nacen hasta diez lombrices. Estas tras salir se alimentarán constantemente hasta alcanzar la madurez sexual tras 60 a 90 días, evidenciada por la aparición del clitelo, estructura que contiene sus órganos reproductivos.

Estas lombrices son hermafroditas incompletas, lo cual significa que a pesar de contener los dos órganos sexuales no son capaces de auto fecundarse, por lo cual buscan una pareja para reproducirse. Tras la fecundación la lombriz colocará nuevamente huevos para iniciar el ciclo reproductivo. Una sola lombriz es capaz de generar hasta 500 nuevas lombrices por año y es capaz de vivir de entre 4 a 6 años. Es decir, en poco tiempo, un pequeño grupo puede multiplicarse hasta miles o cientos de miles.



La lombriz roja californiana es ampliamente utilizada en vermicompostaje por su eficiencia en descomponer materia

Las lombrices prefieren habitar en ambientes oscuros y húmedos (>70%), con temperaturas entre los 18 y 25 °C, teniendo la mayor tasa de reproducción en valores cercanos a los 25 °C; aunque son capaces de tolerar en un rango de temperatura entre los 8 y 40 °C. Si deseas criarlas, imagina que recreas las condiciones similares a un suelo de un bosque de montaña: fresco, con materia orgánica y lleno de humedad.

Respecto a su alimentación, las lombrices no tienen dientes, por lo que solo consumen partículas pequeñas. Por eso, lo ideal es ofrecerles estiércol de animales herbívoros o residuos orgánicos de cocina en pequeñas cantidades, preferiblemente precomposteados. También es importante cuidar el pH del alimento, ya que, como nosotros, prefieren un entorno ni muy ácido ni muy alcalino (pH 6.5–7.5). Criar lombrices es todo un arte; recuerda mantenerlas como se hace mención en la frase, "*feliz como lombriz*".

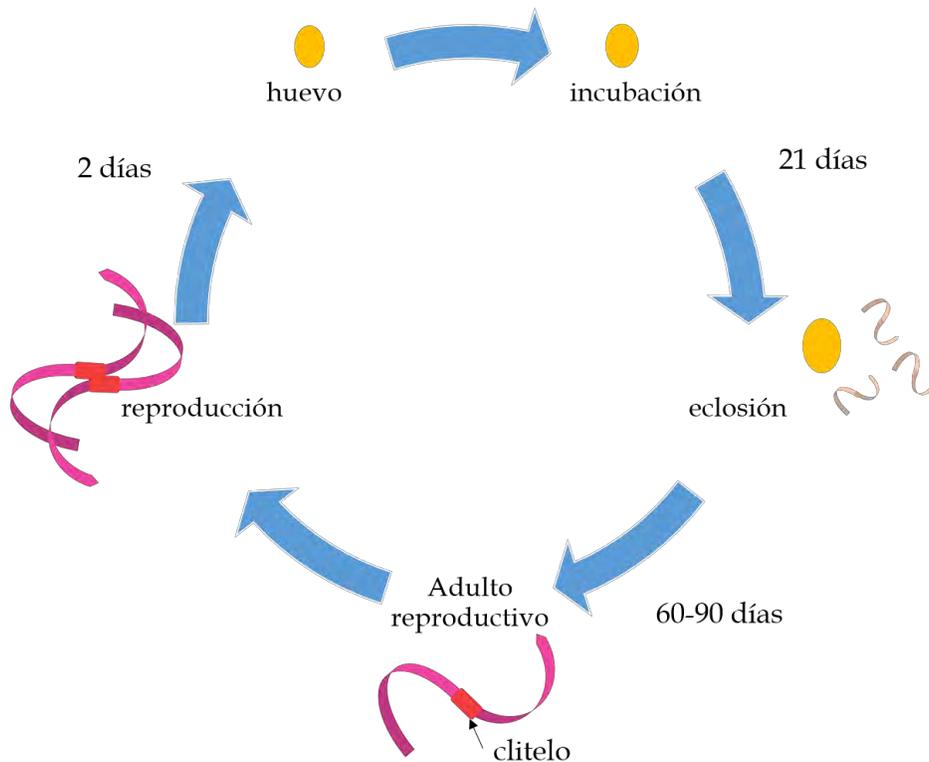
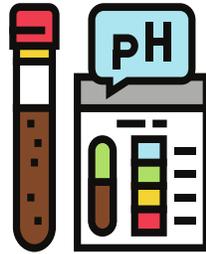


Figura 2. Ciclo de vida de la lombriz roja californiana



Lombriz roja californiana y sus beneficios

Si te preguntas, ¿para qué criar y cuidar lombrices? Déjame comentarte que el uso de la lombriz roja californiana es popular en todo el mundo, principalmente por permitir el desarrollo de diferentes actividades como agroecológicas, educativas, biorremediación y de manejo sustentable de residuos:

a) *Producción de vermicomposta*: el mayor interés de criar la lombriz roja californiana es en la producción de vermicomposta (Fig. 3). Este es un abono orgánico de alta calidad que resulta del proceso digestivo de los residuos orgánicos que consumen. Este producto mejora la estructura del suelo, aumenta la retención de agua y aporta nutrientes esenciales para las plantas, como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. Además, contiene fitohormonas y microorganismos benéficos que favorecen el crecimiento vegetal.

b) *Manejo sustentable de residuos orgánicos*: las actividades humanas generan una gran cantidad de residuos, y se sabe que hasta un 50% son de origen orgánico. La lombriz roja californiana puede transformar restos de comida, estiércol animal, hojas secas y subproductos de actividades agropecuarias en abono. De esta forma, podemos evitar la acumulación de estos residuos y contribuimos a la reducción de gases de efecto invernadero (GEI).

c) *Uso en agroecología y agricultura orgánica*: la vermicomposta generada por la lombriz roja californiana se utiliza como fertilizante natural en cultivos orgánicos y agroecológicos, promoviendo prácticas agrícolas libres de químicos sintéticos. Este abono se encuentra aprobado internacionalmente como enmienda en los suelos agrícolas en remplazo de fertilizantes químicos.

d) *Alimento para animales*: gracias a su alto contenido nutricional, las lombrices pueden ser utilizadas como fuente proteica en la alimentación de aves, peces y reptiles. Este uso, se está explorando cada vez más como una alternativa sostenible para la formulación de alimentos balanceados para animales.

Además de su uso agrícola, las lombrices se emplean en educación ambiental, alimentación animal y biorremediación de suelos contaminados.



e) *Educación ambiental*: en programas educativos, las lombrices rojas se emplean como herramienta didáctica para enseñar sobre el reciclaje, el ciclo de los nutrientes, la descomposición de la materia orgánica y la importancia del suelo. Su fácil manejo permite la implementación de vermicomposteros escolares y comunitarios que fomentan la conciencia ecológica desde edades tempranas.

f) *Biorremediación*: algunas investigaciones han demostrado que la lombriz roja californiana puede contribuir a la degradación o inmovilización de ciertos contaminantes orgánicos en suelos y residuos, como hidrocarburos y metales pesados, mediante procesos de bioacumulación y estimulación de la actividad microbiana.

g) *Alimento del futuro*: aunque ya se ha comprobado su potencial para alimentar animales, también es prometedor el consumo de carne o harina de lombriz para producir alimentos humanos. Debido a su alto contenido en proteína, la lombriz podría en un futuro reemplazar el consumo de otras carnes que generan alto impacto ambiental por la cría de grandes animales de ganado.

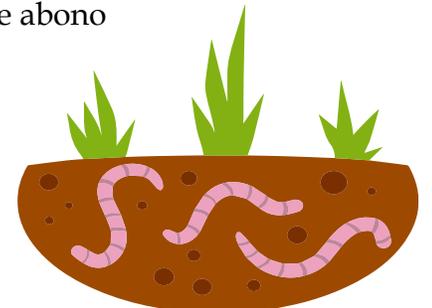


Figura 3. Elaboración de vermicomposta con lombriz roja californiana a partir de residuos orgánicos.



Conclusiones

Se espera haber despertado en ti lector, una nueva admiración por estos pequeños habitantes del suelo. No olvides que nos aportan múltiples beneficios sin que lo notemos, como la producción de abono orgánico, el manejo sustentable de residuos, la biorremediación, la educación ambiental, y además tienen potencial como fuente de alimento para animales y humanos. A partir de ahora, si ves lombrices en el jardín o en tus macetas, no las dañes: son aliadas silenciosas de un suelo sano.





Literatura recomendada

David Santoya, J.J.E. (2015) ¿Un mundo sin lombrices? Ecofronteras, 19(54), 30-31.

García López, D.A. (2023). Lombrices: un mundo bajo nuestros pies. Vórtice. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Recuperado de <https://vortice.uaem.mx/lombrices-un-mundo-bajo-nuestros-pies/>

Huerta Lwanga, E., López Argoytia, L. (2013). Lombrices. Las ingenieras de la de la tierra. El Colegio de la Frontera Sur.

Ortíz-Gamino, D., Gregorio, J., Barois, I. (2021) ¿Las lombrices de tierra tienen potencial biotecnológico? Elementos, 123, 71-77.

Pérez Pérez, M., Herrera López, K. (2022). Vermicompostaje: un camino a la sustentabilidad. RD-ICUAP, 8(24), 70-82.
<https://doi.org/10.32399/icuap.rdic.2448-5829.2022.24.987>



Semblanza del autor



Dr. Daniel Alejandro García López: Doctorado en Ciencias (2021) por el Instituto de Ecología (INECOL) y miembro de Sistema Nacional de Investigadores nivel candidato (2023-2026) y perfil deseable PRODEP. Actualmente, adscrito como docente de tiempo completo del Sistema Tecnológico Nacional de México en la carrera de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable e investigador de la Línea de Investigación “Agricultura e Innovación Sustentable” en el TecNM Campus Libres.



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

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





SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO A.C
49° Congreso Mexicano de la Ciencia del Suelo



International Soil Security Congress
y 3rd International Conference on Soil Sustainability and Innovation

"El Suelo: Pasado, Presente y Futuro de La Vida"



¡AVISO!

Se amplía la fecha para recibir postulaciones al Premio Nacional de la Ciencia del Suelo hasta el 05 de septiembre de 2025.



Más información



del 13 al 17 de octubre 2025



Universidad Autónoma Chapingo

CONGRESO MEXICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

EL SUELO: PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE LA VIDA

<https://suelos.chapingo.mx/>

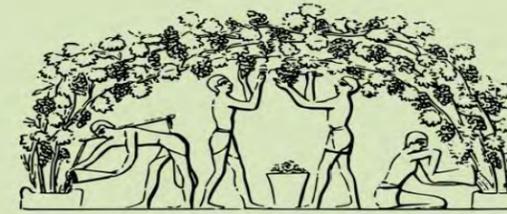


Uso de marcadores moleculares en estudios de la Vid

Karen Navarro Rivero
Joel Uber Calzadillas Pinedo



1
La vid (*Vitis vinífera* L.) es originaria de las regiones meridionales del Mar Caspio. Se cultiva en Oriente y Egipto desde hace más de 3000 años.



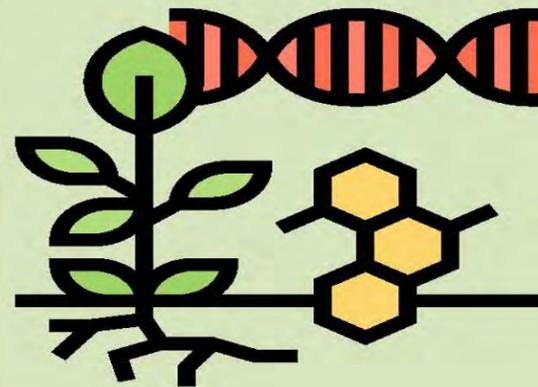
2
A través de la aplicación de mejoramiento genético tradicional, junto con técnicas de cultivo *in vitro*, se ha logrado seleccionar una cantidad significativa de variedades de uva para vino.



Polimorfismo de Longitud de Fragmentos de Restricción

Isoenzimas

4
Los marcadores moleculares se han empleado en la caracterización genética de germoplasma, relaciones genéticas entre cultivares y especies y para la construcción de mapas genéticos.



Polimorfismo de ADN Amplificado al Azar

RFLPs

Repeticiones Simples en Secuencia

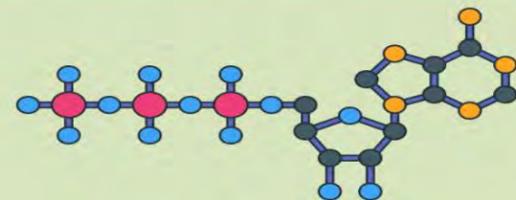
RAPDs

SSRs

Polimorfismo de Longitud de Fragmentos Amplificados

3
Estos marcadores moleculares se han vuelto una herramienta fundamental en el mejoramiento genético.

AFLPs





Información relacionada con la infografía publicada en las páginas 100 y 101

Uso de marcadores moleculares en estudios de la Vid

Joel Uber Calzadillas Pinedo
Karen Navarro Rivero*

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

*Autor para correspondencia: karennavarro159@gmail.com

Literatura recomendada

- Prieto, J. A., Hinrichsen, P., Palazzo, M. E., Grinbergs, D., Chilian, J., Fanzone, M., & Tornello, S. (2021). Vinos y variedades patrimoniales: Resumen de las Primeras Jornadas Latinoamericanas. Ediciones INTA; Centro Regional Mendoza San Juan.
- Prieto, H. (2011). Líneas de trabajo en torno a la vid y la uva. Tierra Adentro, (96). <https://hdl.handle.net/20.500.14001/5277>.

Semblanzas de autores

Joel Uber Calzadillas Pinedo. Ingeniero Horticultor egresado de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Laboró en Unifrut con 2 años de experiencia en el área de financiamientos, analizando y evaluando huertas sujetas a crédito. Actualmente estudia la Maestría en Ciencias Hortofrutícolas.

Karen Navarro Rivero. Ingeniero Horticultor egresado de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Laboró en ASES-ECO un año como responsable técnico de proyectos de reforestación. Artículo publicado en la Revista Peruana de Divulgación Científica en Genética y Biología Molecular titulado "Recursos genéticos vegetales de México para una alimentación y agricultura sostenibles". Actualmente estudia la Maestría en Ciencias Hortofrutícolas.



Beneficios de los huertos escolares

Marco Antonio Piñón Balderrama Sayra Lizeth Talamantes Martínez



Los huertos escolares preservan las bondades de la agricultura al ser un factor de unión y convivencia entre los seres humanos.

Tienen un gran número de beneficios:

Sociales; Trabajo en equipo, responsabilidad, salud mental, bienestar general.

Pedagógicos; Aprendizajes prácticos sobre biología, ecología y nutrición.

Medioambientales; Fomento a la biodiversidad, respeto por la naturaleza, concientización.



| Sección III: La Arcilla |



Interdisciplinariedad: participan estudiantes y profesionales de las áreas de pedagogía, agronomía, nutriología e investigación, además de todos los interesados en mejorar las condiciones de su comunidad.



En el suelo hay un aumento en la microbiología, mejoras en la estructura, la retención de agua y la disponibilidad de nutrientes





Información relacionada con la infografía publicada en las páginas 103 y 104

Beneficios de los huertos escolares

Marco Antonio Piñón Balderrama*
Sayra Lizeth Talamantes Martínez

¹Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, 31350, México.

*Autor para correspondencia: pibamarco@gmail.com; Tel: 6142023857

Literatura recomendada

FAO. (2019). The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture. FAO.

<https://doi.org/10.4060/CA3129EN>.

López, I. G. (2020). Desarrollo sostenible. Editorial Elearning, SL. ISBN: 978-84-18214-98-1.

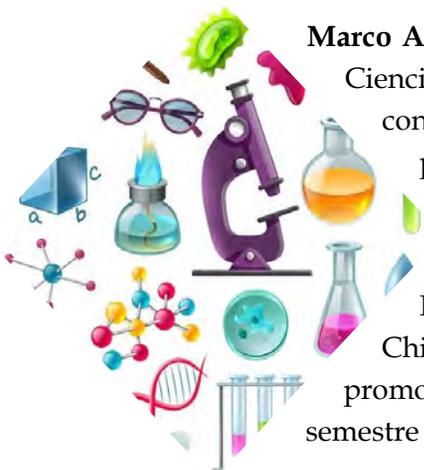
Orellana, I. (2001). La comunidad de aprendizaje en educación ambiental. Una estrategia pedagógica que abre nuevas perspectivas en el marco de los cambios educacionales actuales.

Tópicos en educación ambiental, 3(7), 43-51.

Semblanzas de autores

Marco Antonio Piñón Balderrama. Ingeniero horticultor egresado la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua, titulado con mención honorífica, con tesis de licenciatura en sustratos alternativos para plantas ornamentales, actualmente es estudiante de cuarto semestre de la Maestría en Ciencias Hortofrutícolas de la misma Facultad.

Sayra Lizeth Talamantes Martínez. Ingeniero Horticultor egresado la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua, con tesis de licenciatura en extractos de cáscara de nuez como promotor de crecimiento en *Lactuca sativa*, actualmente es estudiante de cuarto semestre de la Maestría en Ciencias Hortofrutícolas de la misma Facultad.





Acocoxóchitl

“Flor de tallos huecos con agua”

DALIA (*Dahlia spp.*)

Fue declarada símbolo nacional en 1963 por el Pdte. Adolfo López Mateos.

Originaria de México y domesticada por los mexicas.

4 de agosto: Día Nacional de la Dalia

Uso ornamental, medicinal y gastronómico.

Fuente segura y beneficiosa de alimento desde la época prehispánica.

Con 43 especies donde 36 son endémicas de nuestro país.

¡No solo soy hermosa!

Represento la belleza, la fortaleza y la diversidad en México.

Tengo ácido benzoico utilizado para infecciones de oídos, ojos y piel.

Mis camotes (raíces tuberosas) son ricos en fibra favorecen a la digestión y absorción de los alimentos.

Contengo inulina, la cual reduce los niveles de glucosa en sangre.

Soy utilizada contra la tos crónica y como tónico diurético.

Florezco abundantemente en junio y termino en octubre.

Ing. Orlanda Tanahiri
García González



Información relacionada con la infografía publicada en las páginas 106 y 107

Dalia

Orlanda T. García-González

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

*Autor para correspondencia: tanahiri14@gmail.com

Literatura recomendada

- Rodríguez-Ortega, L., Rodríguez-Ortega, A., Castañeda-Vildózola, Á., Hernández-Guzmán, F. J., Zúñiga-Estrada, E. A., & Estrada, M. A. Z. (2024). Principales características morfológicas de la *Dahlia coccinea* del Estado de Hidalgo. XAHNI Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 6, 1(2), 24-27.
- Thakur, P., Shah, A. H., Adhikari, Y., Kumar, M., & Verma, S. (2022). Dahlia cultivation in India and abroad: A review. *Int. J. Plant Soil Sci*, 34, 240-251.
- Hernández-Epigmenio, F., García-Mateos, M. D. R., Sosa-Montes, E., Mejía-Muñoz, J. M., Fernández-Pavia, Y. L., Cruz-Álvarez, O., & Martínez-Damián, M. T. (2022). Phenolic profile and nutritional value of *Dahlia x hortorum* flowers. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 28(3), 161-174.

Semblanzas de autores

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





En la ciencia del suelo la forma es fondo: habla bien para aprender más y mejor

Francisco Bautista¹



¹Laboratorio Universitario de Geofísica Ambiental, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México. Morelia 58190, Michoacán, México.

*Autor para correspondencia: Francisco Bautista leptosol@ciga.unam.mx

Se identifican algunos errores de palabras o frases utilizadas por la comunidad de edafólogos mexicanos (“hice un perfil”, “clasifiqué un suelo”, “suelero”, “bicho”, “suelo Vertisol”, entre otras) se argumenta por qué se les considera errores y de la importancia de hablar y pensar con las palabras o frases correctas.

Introducción

En los dos últimos congresos de las ciencias del suelo en México, si, en plural, me he percatado del lenguaje corriente y erróneo usado por los mismos congresistas, lo cual me ha motivado a escribir este texto, palabras o frases, como “hice un perfil de suelo”, “evalué un suelo”, “clasifiqué un perfil de suelo”, “el suelo vertisol”, “capa arable cuando se habla de árboles con raíces más allá de los 30 cm de profundidad”, “suelero” y “bichos”, entre otras. Antes de explicar los errores en las palabras y frases, haré algunas observaciones sobre la relación entre lenguaje y conocimiento.



El lenguaje es un elemento de la cognición y sirve para afianzar el conocimiento. Se explica que un individuo ha aprendido cuando sabe dar razones de lo que conoce. Por un lado, la palabra es el vehículo que transmite el pensamiento y, por el otro lado, no podemos pensar sin lenguaje. El emisor debe hacer un buen uso del lenguaje para que su mensaje sea comprendido por los receptores (Figura 1).

Figura 1. Profesor enseñando a sus alumnos usando un lenguaje apropiado. A través del dominio del lenguaje el hombre se adentra al mundo para conocerlo, entenderlo y, en consecuencia, comprenderse a sí mismo. El lenguaje no está aislado del conocimiento,

un buen manejo del lenguaje propicia un conocimiento mayor y más complejo. Un mayor conocimiento también genera un uso correcto del lenguaje, el mejoramiento de ambos genera profesionales más calificados. Es por esa razón que en las ciencias y, particularmente en la ciencia del suelo, se debe insistir en el uso correcto del lenguaje.



Los errores al hablar

El perfil del suelo es un corte vertical desde la superficie hasta la roca madre de manera que podemos observar su morfología, sus horizontes y analizar sus propiedades. La naturaleza, los factores formadores del suelo y el manejo agrícola propician los procesos que dan origen a los suelos, a su morfología. Los científicos y estudiantes del suelo hacemos en campo una calicata, el hoyo, el pozo pedológico, es decir, el hombre no hace el perfil del suelo (Figura 2). El perfil del suelo es analizado en campo por estudiantes y profesionales, a esa actividad se le denomina descripción del perfil del suelo.

En México, país con grandes sierras en los cuatro puntos cardinales, donde las placas de las rocas chocan, hay muchos casos en los que las rocas quedan inclinadas o verticales (los geólogos los llaman anticlinales), los suelos que se forman en esas rocas heredan la inclinación o verticalidad, entonces las capas o horizontes del suelo no siempre son horizontales, los podemos tener en diagonal y en algunos casos extremos en vertical. ¿Cómo les llamaríamos entonces? ¿Vertizontes? ¿Diagonalzontes? Preguntas que dejaremos para la reflexión porque aún no hay nombres científicos para estas situaciones.

Existen varios grupos de científicos creadores de la clasificación de suelos, los más destacados son los de Norteamérica con su famoso esquema de clasificación llamado “*Soil taxonomy*” y los europeos con la “Base de referencia del recurso suelo” más conocida como WRB



proviene (World Reference Base). La palabra clasificación del latín *classis* (“clase”) y *facere* (“hacer”), por lo que puede entenderse como “hacer clases”, o sea, establecer los grupos u ordenes distintos de objetos, suelos en nuestro caso. La taxonomía de suelos, su nombre proviene de los vocablos griegos *táxis* (“ordenamiento”) y *nomos* (“norma, saber”), es la ciencia de la clasificación de suelos que practican los expertos, esos que diseñan un esquema clasificatorio, que proponen o crean los grupos de referencia (WRB) o los órdenes de suelos (*Soil Taxonomy*). Un taxónomo de suelos es un profesional que se dedica a la ciencia de la clasificación y nomenclatura de los suelos, así como también existen los biólogos que son taxónomos de plantas, animales, hongos, bacterias y virus.

Figura 2. Los edafólogos describen, estudian el perfil del suelo, no lo hacen.

En el caso de la ciencia del suelo, la taxonomía incluye la clasificación más el otorgamiento de un nombre. Es por esta diferencia sutil que una cosa es clasificar y nombrar

y otra solo nombrar los suelos, por lo que la mayoría de las veces nombramos los suelos, no los clasificamos. El capítulo 2 de la WRB (2022) se titula “las reglas para nombrar los suelos y crear las leyendas para los mapas de suelo”.



Ya que les hemos dado nombre a los suelos estudiados, con ello viene el entendimiento de su morfología para deducir los procesos de formación del suelo y su función. Este conocimiento es importantísimo; sin embargo, el conocimiento de los procesos edáficos es semicuantitativo, pero como es solo un punto en el espacio, en el terreno, es insuficiente para el manejo porque falta conocer la extensión, la superficie.

Los nombres de suelos son nombres propios y esta es la razón por la cual se escribe la primera letra de la palabra con mayúscula, Leptosol, Vertisol, Andosol entre otros. Los nombres de los suelos son palabras compuestas de dos o más términos, así como las palabras de uso común, como girasol, piedemonte, hierbabuena. En el caso de los suelos, *Lepto* se refiere al escaso espesor, *sol* significa suelo, ambas palabras dan origen al término Leptosol cuyo significado es suelo somero. *Verti* se refiere a *vertere* que se revuelve, *sol* significa suelo y ambas palabras dan origen al nombre Vertisol que significa suelo que se autoinvierte. Andosol es suelo oscuro, Cambisol es suelo que cambia, entre otros, por esta razón es cacofónico y erróneo decir suelo Vertisol, suelo Leptosol, suelo Andosol, etc.

Con respecto a la persona que estudia el suelo hay un poco de controversia, algunos se llaman pedólogos (la escuela europea más orientada a la génesis, clasificación y geografía de suelos), otros edafólogos (los hablantes del castellano más orientados al manejo agrícola), los angloparlantes se dicen “científicos del suelo” donde junan todo y los nuevos edafólogos que hacen uso de la tecnología se autodenominan *pedometricians* o “medidores de suelos” (claro, viene de Europa) (Figura 3). En México coloquialmente se les llama, y se hacen llamar, “sueleros”, algo así como trabajadores artesanales del suelo que no llegan a ser científicos, esa situación no da ninguna aportación, ningún aprendizaje. Del mismo modo como los biólogos les llaman “bichos” (animal pequeño según la RAE) a los organismos, esto es, al menos inexacto.

Edafólogos, Pedólogos, Soil scientists, Pedometricians y Amantes del suelo

Grupo público · 12.7 mil miembros



Figura 3. En este grupo de Facebook están los científicos del suelo e incluso los aficionados o amantes del suelo, no hay sueleros.

Por otra parte, los estudios en maceta no investigan sobre la fertilidad del Luvisol, ni del Gleysol porque al sacar un poco de tierra fina de la superficie del suelo no están usando el perfil del suelo que ha sido nombrado como Gleysol o Luvisol. Lo más propio, es decir, estudié el horizonte A de un Luvisol o un horizonte A de un Gleysol o de otro suelo. El nombre técnico del suelo hace referencia a la morfología del perfil de manera que al sacar una muestra superficial de cualquier suelo ya no tiene caso usar el nombre del perfil del suelo, en todo caso mencionar el horizonte de dicho perfil. Por otro lado, hablar de capa arable cuando el cultivo es de árboles no es preciso, las raíces de los árboles pueden alcanzar metros de longitud y de profundidad, por lo que llamarle capa arable al suelo donde se cultiva un árbol es inexacto.



Vivas-Herrera, J.A. (2016). ¿Por qué el estudio del lenguaje es fundamental para la cognición? *Sophia*, colección de Filosofía de la Educación, 20(1), pp. 65-84.

Bautista, F., Gallegos, A., García, N. (2023). Manual para el muestreo y descripción de perfiles de suelo en campo con objetivos múltiples. CIGA, UNAM. Morelia, Michoacán, México. 112p.

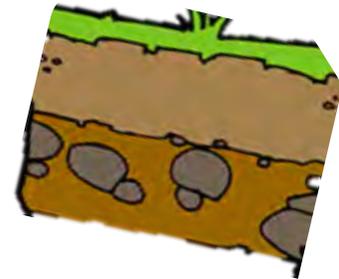
IUSS Working Group WRB. 2022. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria.

Semblanza del autor

Dr. Francisco Bautista: Investigador Titular C de TC. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. Universidad Nacional Autónoma de México.

<https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Bautista-2>.

Museo virtual de geografía de suelos. Museo virtual de geografía de suelos. Edafología aplicada



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

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

TERRA
Latinoamericana



ISSN Electrónico 2395 - 8030

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



LA SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A.C. TE INVITA A PARTICIPAR EN EL



DEL 13 AL 17 DE OCTUBRE 2025

**Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco,
Estado de México, México**





SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO A.C
**49° Congreso Mexicano de la Ciencia
del Suelo**



**International Soil Security Congress
y 3rd International Conference on Soil Sustainability and
Innovation**

"El Suelo: Pasado, Presente y Futuro de La Vida"



¡AVISO!

**Se amplía la fecha para recibir
postulaciones al Premio Nacional
de la Ciencia del Suelo hasta el
05 de septiembre de 2025.**



Más información



del 13 al 17 de octubre 2025



Universidad Autónoma
Chapingo

**CONGRESO MEXICANO
DE LA CIENCIA DEL SUELO**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
EL SUELO: PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE LA VIDA

<https://suelos.chapingo.mx/>

| 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