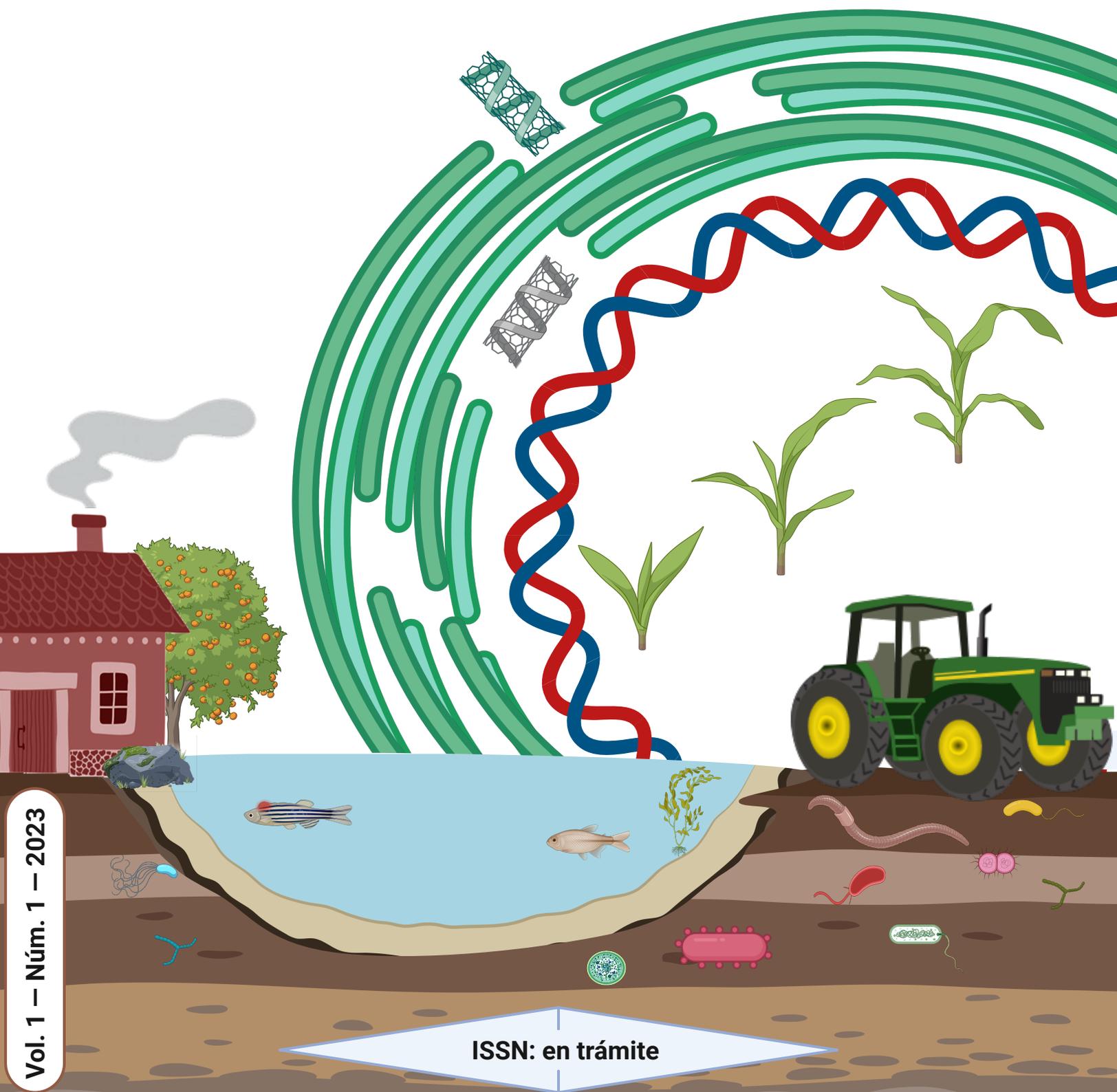




Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente



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



Vol. 1 – Núm. 1 – 2023

ISSN: en trámite

Maestría y Doctorado en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía



Cinvestav Saltillo

Maestría: ingreso en septiembre

Doctorado: ingreso en marzo y septiembre

Ambos programas registrados en el Sistema Nacional de Posgrados del Conahcyt

Líneas de investigación

-  Sustentabilidad de los Recursos Naturales
-  Energía Sustentable

Los aspirantes o estudiantes no cubren cuotas de admisión, inscripción o trámites para la obtención de grado



CONAHCYT

Informes

diana.palacios@cinvestav.edu.mx y

esther.sanchez@cinvestav.edu.mx

Tel: +52 8444389600 ext 8629



@GSRNyE



Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía

Sitio web: <https://srnye.cinvestav.mx>



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

Dr. Fabián Fernández-Luqueño
Presidente
Cinvestav Saltillo

Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda Barrios
Vicepresidente
Universidad Autónoma de Chihuahua

Dra. Yunuen Tapia Torres
Secretaría General
UNAM/ENES Morelia

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

Dr. Bruno Manuel Chávez Vergara
Secretaría Técnica
UNAM/Instituto de Geología

Dr. Julián Delgadillo Martínez
Secretaría de Eventos Nacionales e Internacionales
Colegio de Postgraduados

M. C. Miriam Galán Reséndiz
Secretaría de Relaciones Públicas
Universidad Autónoma Chapingo

M.C. Iris del Carmen Morales Espinoza
Subsecretaría de Fomento a la Integración,
Promoción y Mercado; UAAAN

Dr. Hermes Pérez Hernández
Secretaría de Acción Juvenil
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

M.C. Ricardo González Zavaleta
Secretaría de Promoción de Membresías
Universidad Autónoma de Guerrero

Dra. Rosalía del Carmen Castelan Vega
Secretaría de Educación y Enseñanza
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Dr. Alonso Méndez López
Secretaría de Difusión y Comunicación Social
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

M.C. Sandra Monserrat Barragán Maravilla
Subsecretaría de Creación de Contenido Digital
Colegio de Postgraduados

Dr. José Luis García Hernández
Secretaría de Gestión de Redes de Innovación
Universidad Juárez del Estado de Durango

Comité Editorial de Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente

Editores en Jefe

Dr. Fabián Fernández-Luqueño
Cinvestav Saltillo

Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda Barrios
Universidad Autónoma de Chihuahua

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

Editores Adjuntos

Dr. Edgar Vázquez-Núñez
Universidad de Guanajuato

Dr. Hermes Pérez-Hernández
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

M.C. Langen Corlay Chee
Universidad Autónoma Chapingo

Dr. José Rafael Paredes Jácome
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dr. César Roberto Sarabia Castillo

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

Biol. Mariana Tovar-Castañón
UNAM

Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda-Barrios
Universidad Autónoma de Chihuahua

Dr. Fernando López-Valdez
CIBA-IPN

Dra. Alma C. Hernández Mondragon
Cinvestav Zacatenco

Dr. Julián Delgadillo Martínez
Colegio de Postgraduados

Dra. Mariana Miranda Arámbula
CIBA-IPN

Dra. Rosalía Castelan Vega
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Dr. Fabián Fernández-Luqueño
Cinvestav Saltillo

Dra. Susana González Morales
Investigadora por México-UAAAN

Dra. Yunuen Tapia Torres
UNAM/ENES Morelia

Editores Asociados

M.C. Nayelli Azucena Sigala Aguilar
Cinvestav Saltillo

M.C. Gabriela Guillén-Cruz
Cinvestav Saltillo

M.C. Andrés Torres-Gómez
Cinvestav Saltillo

M.C. Jessica Elizabeth Martínez-Vázquez
Cinvestav Saltillo

M.C. Oscar Fernández-Fernández
Universidad Autónoma Chapingo

M.C. Sarahi Moya-Cadena
Cinvestav Saltillo

Lic. Naomi Shimizu
UNAM

Claudia Sachañas-Zacarias
UNAM

M.C. Rene Juárez Altamirano
Cinvestav Saltillo

M.C. Nallely Jiménez-Taboada
Comisión Nacional para la Mejora Continua de la Educación

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

Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente; Año 1, No.1 octubre 2023 a diciembre 2023, es una publicación trimestral editada por Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS), Domicilio Conocido con Universidad Autónoma Chapingo, S/N, Chapingo, C.P. 56230, 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 en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Fabián Fernández Luqueño, Domicilio Av. Industria Metalúrgica 1062. Parque Industrial Ramos Arizpe, Ramos Arizpe, Coahuila de Zaragoza. C.P. 25900, Fecha de última actualización, diciembre 19 de 2023.

Todos los derechos reservados© 2023 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.



Los Editores de la revista **Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente** agradecen a la Mesa Directiva de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. (2021-2023) por todo el apoyo recibido para que este proyecto editorial se creara y concretara. La Mesa fue integrada por:

Dr. Otilio Arturo Acevedo Sandoval
Presidente
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Dr. Alfredo Madariaga Navarrete res
Secretaría General
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Dr. Miguel Ángel Valera Pérez
Secretaría Técnica
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Dr. Gilberto Vela Correa
Secretaría de Relaciones Públicas
Universidad Autónoma Metropolitana

Dra. Rosalia del Carmen Castelán Vega
Secretaría de Educación y Enseñanza
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Dr. Fabián Fernández-Luqueño
Vicepresidente
Cinvestav Saltillo

Lic. Jorge Luis Araiza Corres
Tesorería

Dr. José Víctor Rosando Tamariz Flores
Secretaría de Eventos Nacionales e Internacionales
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

M.C. Martha Daniela Bobadilla Ballesteros
Secretaría de Acción Juvenil
Universidad Nacional Autónoma de México



Editorial

La Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. (SMCS), fue formalmente constituida el 19 de octubre de 1962. Desde entonces, esta ha sido presidida por 29 notables investigadores quienes han tenido retos particulares y contribuciones destacadas.

En 1983 la SMCS publicó su revista científica *Terra Latinoamericana*, la cual ha tenido ocho distinguidos investigadores como Editores en Jefe. Sin embargo, la SMCS carecía de una revista de divulgación dirigida al público general, incluyendo infantes, jóvenes, profesores, tutores, productores, profesionistas o especialistas.

Por lo anterior, luego de 61 años de la fundación de la SMCS, un grupo de colegas consideraron que era momento de lanzar una revista de divulgación, acorde a diversos cambios que ha enfrentado la sociedad en aspectos políticos, tecnológicos, sociales y de bienestar, entre otros.

En octubre de 2022, veintiocho colegas de diversas universidades o centros de investigación comenzaron a trabajar en el proyecto de esta revista. Discutieron varias propuestas de nombres para la revista, el objetivo, alcance, instrucciones para autor, diseño de página web, convocatoria, formato para arbitraje de manuscritos, entre otros... y de pronto, llegó el momento, aquí está *Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente*.

En este sentido, la SMCS lanza el número inaugural de su revista *Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente* para acercar el conocimiento técnico y científico a la sociedad en general, con el objetivo de brindar un espacio en el que especialistas, productores o divulgadores compartan sus experiencias, enfoques y perspectivas sobre la importancia del suelo, sus funciones y sus servicios ecosistémicos.

Se destaca que la revista *Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente* no está limitada a aspectos de suelo, ya que cuenta con seis Secciones y 18 subsecciones, en las que se podrá encontrar información muy diversa y confiable en un formato fresco y entretenido. Esta información será clara, amena y con rigor (el valor de la verdad, aplicabilidad, consistencia y neutralidad).





El suelo es un elemento fundamental para todos los organismos, aún para aquellos que viven en el agua o aire; su estudio es apasionante, pero casi todo sobre este es poco conocido por aquellos que no lo han estudiado. En este sentido, es necesario difundir y divulgar qué es el suelo, para qué sirve, cómo se estudia, qué proporciona a la sociedad, entre otras. Adicionalmente, esta revista incluye lo relativo a la práctica humana que usa el suelo como principal medio de producción, la agricultura; sin dejar de lado lo referente al medioambiente.

La Unión Internacional de la Ciencia del Suelo (IUSS), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), diversas instituciones, un sinnúmero de especialistas y, la niñez y juventud cuentan con un espacio plural, libre, gratuito y sin fines de lucro para que compartan sus conocimientos y lo que les interesa o preocupa.

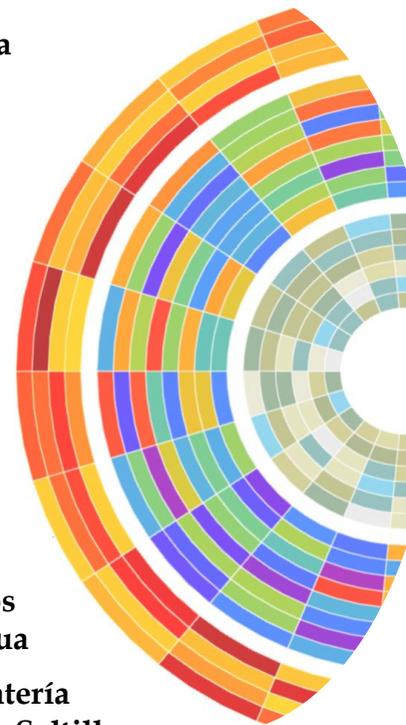
Esta revista de divulgación es para quien quiera enseñar, preguntar, compartir, divertirse o discutir todo lo relativo al suelo, la agricultura y el medioambiente. El suelo, majestuosos y casi infinito está a nuestros pies, nos alimenta y nos envuelve con sus voces.

Editores en Jefe

Dr. Fabián Fernández-Luqueño
Cinvestav Saltillo

Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda-Barrios
Universidad Autónoma de Chihuahua

Dra. Dulce Flores-Rentería
Investigadora por México (Conacyt)-Cinvestav Saltillo





Contenido

SECCIÓN, SUBSECCIÓN, TÍTULO Y AUTORES		Páginas
SECCIÓN I. FACTORES DE FORMACIÓN DEL SUELO		
Subsección IA: Material Parental	Fuego y pastoreo: restaurando la salud del suelo en pastizales Teresa Alfaro Reyna; Carlos Alberto Aguirre Gutiérrez; Josué Delgado Balbuena	1
	Plantas al Servicio de la Comunidad: Heroínas de la Fitorremediación Iris Eunice Serrato-Mireles; Alejandra Pérez-Peña; Nabanita Dasgupta-Schubert	8
	Omeprazol para el aprovechamiento del agua en plantas Carlos A. Ramírez-Estrada; Esteban Sánchez-Chávez; Julio C. Anchondo-Paez; Erick H. Ochoa-Chaparro; Ezequiel Muñoz-Márquez	12
	Silicio: aliado de la remediación del suelo y la salud Julio C. Anchondo-Paez; Esteban Sánchez-Chávez; Carlos A. Ramírez-Estrada; Erick H. Ochoa-Chaparro; Ezequiel Muñoz-Márquez	19
Subsección IB: Clima Sin contribuciones aceptadas		n.a.
Subsección IC: Topografía Sin contribuciones aceptadas		n.a.
Subsección ID: Organismos	Los ciempiés: habitantes desconocidos del suelo Fabio Germán Cupul-Magaña	26
	El chicalote: una ayuda amigable para el tomate enfermo Iridiam Hernández-Soto; Juan Ocampo-López; Celeste Ricardo-Bravo; José Manuel Pinedo-Espinoza; Alma Delia Hernández-Fuentes	34
	¡Desechos a mi provecho! el papel de los bichos del suelo Maira Montejo-Cruz; Margarita Ojeda	40
	El hongo amigo que protege los árboles de manzana Melissa Madrid Molina; Sandra Pérez Álvarez; Esteban Sánchez; César Marcial Escobedo Bonilla	47
Subsección IE: Tiempo	Biofortificación con micronutrientes: Clave para combatir la desnutrición y contribuir a la seguridad alimentaria Esteban Sánchez-Chavez; Sandra Pérez-Alvarez; Ezequiel Muñoz-Márquez; Carlos Abel Ramírez-Estrada; Julio César Anchondo Páez	53
	Nanotecnología en la agricultura: pequeñas soluciones para grandes desafíos Guadalupe Magdaleno-García; Alonso Méndez-López	59
	Estrategias para reducir la contaminación de fertilizantes nitrogenados Ezequiel Muñoz-Márquez; Carlos Abel Ramírez-Estrada; Julio César Anchondo Páez; Erick Humberto Ochoa Chaparro; Esteban Sánchez-Chávez	65
	Drones al rescate de la agricultura y medioambiente Erick Humberto Ochoa Chaparro; Carlos Abel Ramírez-Estrada; Julio César Anchondo Páez; Ezequiel Muñoz-Márquez; Esteban Sánchez-Chávez	70

n.a.= No aplica



Contenido

...continuación.

SECCIÓN, SUBSECCIÓN, TÍTULO Y AUTORES		Páginas
SECCIÓN II. PROCESOS DE FORMACIÓN DEL SUELO		
Subsección IIA: Adición	¿La nanonectología influye en nuestra vida y entorno?: La lombriz de tierra Hermes Pérez-Hernández; Antonio Juárez-Maldonado	76
	Pastoreo no selectivo en el rancho Los Robles Karla Liliana López-García; Dulce Flores-Rentería; Torralba González Francisco	84
Subsección IIB: Transformación	Las chinampas y los dioses Sarahi Moya-Cadena; Fabián Fernández-Luqueño	91
	Subsección IIC: Translocación	Sin contribuciones aceptadas n.a.
Subsección IID: Pérdida	Nacidos de la tierra y destructores de la misma Emmanuel F. Campuzano; Dulce Flores-Rentería; Octavio Monroy-Vilchis	96
	El Rostro de la Tierra: Cambio en el Uso del Suelo Nayelli Azucena Sigala-Aguilar; Sarahi Moya-Cadena; Fabián Fernández-Luqueño	102
SECCIÓN III. LA ARCILLA		
	¿Cómo impacta la agricultura sustentable al suelo y al medioambiente? Dulce Y. Flores-Rentería	108
SECCIÓN IV: HORIZONTES GENÉTICOS MAYORES Y CAPAS		
Subsección IVA: Horizonte O	La importancia del suelo en la expresión artística Karen Judith Barrón Cerda; Héctor Andrés García Alaniz; Marco Antonio Gómez Gálvez; Astrid Iriana Sánchez-Vázquez	110
Subsección IVB: Horizonte L	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IVC: Horizonte A	Documentales geniales para que no te Baneen cuando hablen de suelos Jessica E. Martínez-Vázquez; Fabián Fernández-Luqueño	112
Subsección IVD: Horizonte E	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IVE: Horizonte B	Ciencia en la toma de decisiones: La formación de un nuevo perfil Alma Cristal Hernández Mondragón	116
Subsección IVF: Horizonte C	Sin contribuciones aceptadas	n.a.

n.a.= No aplica



Contenido

...continuación.

SECCIÓN, SUBSECCIÓN, TÍTULO Y AUTORES		Páginas
SECCIÓN IV. HORIZONTES GENÉTICOS MAYORES Y CAPAS		
Subsección IVG:	Crucigrama voces del suelo	
Capa R	Andrés Torres-Gómez; Fabián Fernández-Luqueño	119
Subsección IVH:	Desenterrando las raíces del cambio: suelo, agricultura y medioambiente	
Capa M	César R. Sarabia-Castillo	123
Subsección IVI:	El renacer de las ciencias del suelo	
Capa W	Francisco Bautista	127
Sección V. Ciclos del Suelo	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Sección VI. Entisol	Sin contribuciones aceptadas	n.a.

n.a.= No aplica



Fuego y pastoreo: restaurando la salud del suelo en pastizales

Teresa Alfaro Reyna¹
Carlos Alberto Aguirre Gutiérrez¹
Josué Delgado Balbuena ^{1*}

INIFAP-CENID Agricultura Familiar, Ojuelos de Jalisco, Jalisco, CP 47540

*Autor para correspondencia: delgado.josue@inifap.gob.mx

¿El fuego aplicado de manera intencional en conjunto con el pastoreo pueden contribuir en la salud del suelo? Probablemente es una pregunta que no nos habíamos planteado antes, ya que los pastizales del norte de México enfrentan problemas de deterioro debido a la ganadería y a los incendios forestales que consumen grandes extensiones de tierra, incluso amenazando al ganado. Entonces, ¿cómo el fuego y el pastoreo pueden ser un aliado en la salud del suelo?

Para comprender cómo el fuego y el pastoreo pueden convertirse en aliados para mejorar la salud del suelo, es esencial explorar las ventajas y desventajas de estas prácticas, lo que nos llevará a retroceder en el tiempo para comprender cómo estas prácticas aparentemente contradictorias pueden, de hecho, desempeñar un papel crucial en la revitalización de la tierra.



Introducción

Hasta hace unos cientos de años, enormes manadas de bisontes se alimentaban en las extensas praderas de Norteamérica a medida que viajaban libremente de norte a sur cada año. Así emergió una conexión entre los extensos pastizales y los herbívoros ungulados (animales que tienen patas con pezuñas) que incidían activamente en la estructura de la vegetación y del suelo. Además, era común que estas áreas se incendiaran por la caída de rayos durante las tormentas o por fuegos iniciados por los pueblos originarios, lo que favorecía la renovación de las praderas.

**Hasta hace unos
cientos de años,
enormes manadas de
bisontes se
alimentaban en las
extensas praderas de
Norteamérica a medida
que viajaban
libremente de norte a
sur cada año**



Después de cada incendio, se establecían los nuevos brotes de gramíneas que eran preferidos por los herbívoros debido a la mayor cantidad de nutrientes y sus tejidos menos fibrosos. Este pastoreo ayudaba en la limitación de la intensidad de los incendios por la disminución de la biomasa de hojas consumidas; es decir, el combustible disponible. De esta forma, los herbívoros determinaban la intensidad y alcance de los fuegos subsiguientes, y a su vez, el fuego influía en los patrones de pastoreo. La interacción entre el fuego y el pastoreo tuvo un profundo impacto en la evolución de las comunidades de plantas de los pastizales del centro-norte de México.

Consecuencias del cambio en los patrones de pastoreo y la supresión del fuego

Con la colonización europea, se introdujo el ganado bovino e iniciaron la delimitación de terrenos de uso ganadero, propiciando un cambio en estos ecosistemas. La fragmentación de los terrenos alteró el patrón de migración de los bisontes y en algunos sitios causó su extinción local, generando también un impacto significativo en la distribución de la vegetación. Paralelamente, el fuego, que solía ser un elemento natural en estos ecosistemas, también fue suprimido debido al sobrepastoreo, la conversión de la tierra para la agricultura y otras actividades humanas.

El cambio en los patrones de pastoreo, pasando de los herbívoros nativos con patrones estacionales a un pastoreo continuo realizado por el ganado doméstico, más la supresión de los incendios naturales, ha tenido una serie de consecuencias significativas en la composición vegetal y la salud del suelo en los pastizales semiáridos. Estas consecuencias incluyen:

Cambios en la composición vegetal: El ganado a menudo prefiere ciertas especies de plantas sobre otras, lo que ha resultado en una disminución de la diversidad vegetal y un aumento en la abundancia de especies de plantas que son menos preferidas por el ganado.

Pérdida de cobertura vegetal: El sobrepastoreo conlleva a la pérdida de cobertura vegetal y expone el suelo al viento y la erosión del agua.

Invasión de especies arbustivas: La alteración de los patrones de pastoreo ha creado condiciones propicias para la invasión de especies arbustivas en los pastizales. Áreas que antes eran extensos pastizales con matorrales aislados ahora se han convertido en ecosistemas de matorral con suelos erosionados y algunos relictos de pastizal (Fig. 1).

Esta interacción entre el fuego y pastoreo tuvo un profundo impacto en la evolución de las comunidades de plantas de los pastizales del centro-norte de México



Figura 1. Pastizal natural con invasión de arbustivas

Compactación y erosión del suelo: El pastoreo continuo, sin períodos de descanso, conlleva a la compactación del suelo debido al pisoteo constante del ganado. La compactación reduce la capacidad del suelo para retener agua y disminuye la infiltración de agua, además promueve la erosión del suelo debido a la remoción del mantillo y de la cubierta vegetal que protegen al suelo.

Cambios en la hidrología: La alteración de la vegetación y del suelo generan efectos en la hidrología local, afectando la capacidad del suelo para retener agua, lo que puede llevar a cambios en la disponibilidad de agua en el ecosistema y en los cursos de agua cercanos.

Sin embargo, limitar el pastoreo también acarrea consecuencias negativas para el ecosistema, similares a las que observamos con el fuego. Por ejemplo, si se restringe el pastoreo, los nutrientes presentes en las hojas se incorporan al suelo únicamente después de la muerte de la planta, un proceso que puede tardar varios años especialmente en gramíneas fibrosas que forman macollos y pueden acumular biomasa por varios años sin que esta caiga a la superficie del suelo.

Por lo tanto, un manejo adecuado de los hatos de ganado es determinante para mantener o restaurar los ecosistemas de pastizal. La restauración no solo de la cubierta vegetal, sino de la salud del suelo en los pastizales, es una cuestión vital para el equilibrio del ecosistema; un suelo sano tiene la capacidad de proveer servicios de regulación del agua, de soporte físico y suministro de nutrientes para la vida de plantas y animales, filtración y amortiguamiento de contaminantes, y mantener el ciclo de nutrientes.

Generar una estrategia de restauración que incluya un manejo adecuado del pastoreo y la reintroducción controlada del fuego conlleva una serie de beneficios significativos para la salud del suelo, la biodiversidad y la sostenibilidad del ecosistema



Estrategia de restauración

Recuperar la salud del suelo implica retornar a estados previos o a nuevos estados donde el suelo recupere las capacidades que haya perdido por efecto de actividades agrícolas, ganaderas, o incluso desastres ambientales. Por lo que se plantea imitar los procesos naturales de pastoreo y fuego que ocurrían de manera natural. Para lograrlo, una de las estrategias propuestas es modificar algunas prácticas tradicionales. Por ejemplo, la aplicación de quemas prescritas en parches dentro del paisaje crea puntos de herbivoría y rotación, con lo que se obtiene una gran variedad de parches dentro de un mismo paisaje con diferentes etapas de crecimiento. La reintroducción controlada del fuego puede generar un mosaico cambiante de comunidades vegetales y una mayor heterogeneidad en la estructura. Los parches quemados, rotados estratégicamente, generan diversidad estructural y promueven una dinámica sucesional cambiante.

A diferencia de los sistemas de pastoreo fijo, esta aproximación permite variar el tamaño y la ubicación de áreas pastoreadas, promoviendo la diversidad en tiempo y espacio. Así mismo, el pastoreo y el fuego pueden usarse en combinación para eliminar gramíneas menos deseables. Por medio de quemas tempranas y fuertes presiones de pastoreo inmediatamente después de la quema, cuando se presentan los rebrotes, es posible reducir la cobertura de gramíneas fibrosas que de otra

manera no son consumidas por el ganado. Sin embargo, debemos tomar en cuenta que esta idea no es aplicable en todas las praderas. La interacción pastoreo-fuego es clave para pastizales con larga historia de pastoreo y que buscan un aumento de la biodiversidad y aumentar hábitats diversos, con la finalidad de promover la restauración de la salud del suelo. Esto no solo beneficiará a los pastizales y la biodiversidad local, sino que también tendrá un impacto positivo en la producción ganadera.



Beneficios de generar una estrategia de restauración

Generar una estrategia de restauración que incluya un manejo adecuado del pastoreo y la reintroducción controlada del fuego conlleva una serie de beneficios significativos para la salud del suelo, la biodiversidad y la sostenibilidad del ecosistema. Aquí se describen algunos de estos beneficios clave:



Suelo más saludable y resistente: Esto se traduce en suelos más fértiles, con una mayor capacidad para retener nutrientes y agua, lo que a su vez favorece el crecimiento de pastos y otras especies de herbáceas y arbustivas.

Forraje de mayor calidad: Un suelo saludable y bien equilibrado proporciona forraje de mayor calidad para el ganado. Esto se traduce en una dieta más nutritiva que mejora la salud y la productividad del ganado (Fig. 2).



Figura 2. Vista aérea de un pastizal natural con pastoreo extensivo de ganado bovino. La diferencia en el verdor entre potreros se debe al efecto inmediato del pastoreo (izquierda). Ganado bovino en pastoreo extensivo en un pastizal semiárido del centro de México (derecha).

Reciclaje de nutrientes: La combinación de pastoreo controlado y el fuego promueve el reciclaje de nutrientes en el ecosistema. Los desechos del ganado y las cenizas de la biomasa vegetal quemada liberan nutrientes esenciales que vuelven a estar disponibles para las plantas (Fig. 3). Este proceso es fundamental para mantener la fertilidad del suelo.

Aumento de la biodiversidad: La reintroducción controlada del fuego ayuda a recrear patrones naturales de disturbios que favorecen la biodiversidad en los pastizales. Diferentes especies de plantas y animales pueden coexistir en un ambiente con alta variabilidad estructural y de hábitat.

Regulación del agua: Los suelos saludables tienen una mejor capacidad de regulación del agua. Esto significa que pueden retener y liberar agua de manera más eficiente, lo que contribuye a mantener un flujo constante de agua en los arroyos locales y evita la erosión del suelo.



Sostenimiento de la vida: Un suelo saludable y bien equilibrado es fundamental para el sostenimiento de la vida en el ecosistema. Provee el soporte físico necesario para que las plantas crezcan y sirve como hábitat para una variedad de microorganismos beneficiosos que participan en procesos biogeoquímicos esenciales.

Filtrado y amortiguamiento de contaminantes: Los suelos saludables actúan como filtros naturales y amortiguadores de contaminantes. Pueden retener y degradar sustancias contaminantes antes de que lleguen a los cuerpos de agua subterránea y superficial, lo que contribuye a la calidad del agua.

Ciclo de nutrientes: La restauración del suelo a través de la gestión del pastoreo y el fuego también ayuda a mantener el ciclo de nutrientes en equilibrio. Los nutrientes esenciales como el nitrógeno y el fósforo se reciclan en el ecosistema, lo que beneficia tanto a las plantas como a los animales.

Debemos asegurarnos de que el suelo siga cumpliendo con todas estas funciones. Esta es una responsabilidad de todos, no únicamente de los productores, sino también de los consumidores. Recordemos que el suelo es el soporte para la vida. Dentro y sobre él, y en muchos ecosistemas aún debajo de este, ocurren los procesos que sustentan la vida. Es aquí donde se producen los alimentos; desafortunadamente tanto la agricultura como la ganadería han sido las principales actividades humanas causantes de su degradación. Por tal motivo, es necesario implementar nuevas prácticas que sean sostenibles a lo largo del tiempo, de tal forma que aseguremos la provisión de alimentos para las generaciones presentes y futuras.



Figura 3. Restos de material vegetal calcinados después de la aplicación de una quema prescrita (izquierda), y vista aérea de un potrero tres meses después de haberse realizado el tratamiento de quema (derecha).



Conclusiones

El manejo del fuego y el pastoreo son herramientas eficaces y de bajo costo para restaurar la salud del suelo en pastizales semiáridos, pero su uso debe ser planificado y monitoreado cuidadosamente para obtener resultados positivos tanto para el ecosistema como para la producción ganadera. Al adoptar procesos naturales, como la aplicación de quemas prescritas y el pastoreo rotacional, se pueden lograr una serie de beneficios, desde suelos más fértiles hasta una mayor biodiversidad y una gestión más sostenible de los recursos naturales. Sin embargo, es importante destacar que se necesita una gestión adecuada para evitar efectos negativos como una degradación todavía mayor del suelo debido al exceso de pastoreo o la propagación de incendios descontrolados.



El sobrepastoreo conlleva a la pérdida de cobertura vegetal y expone el suelo al viento y la erosión del agua.

Literatura recomendada



Hoth, J., 2012. Buenas prácticas ganaderas en México/Beneficial Livestock Management Practices in Mexico. Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA). Montreal. 30 pp.

Jurado-Guerra, P., Velázquez-Martínez, M., Sánchez-Gutiérrez, R. A., Álvarez-Holguín, A., Domínguez-Martínez, P. A., Gutiérrez-Luna, R., ... & Chávez-Ruiz, M. G. (2021). Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 12, 261-285.

Vega-Cofre, M. V., Williams, W., Song, Y., Schmidt, S., & Dennis, P. G. (2023). Effects of grazing and fire management on rangeland soil and biocrust microbiomes. *Ecological Indicators*, 148, 110094.

Semblanzas de autores

Dra. Teresa Alfaro Reyna. Es bióloga por el Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Maestría en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad y Doctorado en Ecología Terrestre con énfasis en Cambio Climático, su experiencia se centra en la dinámica y ecología de las poblaciones en ecosistemas tropicales, áridos y templados y su interacción con el clima.

Dr. Carlos Alberto Aguirre Gutiérrez. Es Doctor en Ciencias Ambientales, su área de investigación se centra en comprender las interacciones suelo-biosfera-atmósfera, específicamente en la dinámica de los flujos de vapor de agua y energía en ecosistemas áridos y semiáridos. Paralelamente estudia los mecanismos y vías de absorción foliar y su potencial de aplicación en la agronomía.

Dr. Josué Delgado Balbuena. Es biólogo egresado de la Escuela de Biología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, y Doctor en Ciencias Aplicadas en la opción en Ciencias Ambientales por el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A. C. Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores, SNI, con nivel I. Realiza investigaciones sobre flujos de carbono y agua en el continuo suelo-planta-atmósfera en ecosistemas áridos.





Plantas al Servicio de la Comunidad: Heroínas de la Fitorremediación

Iris Eunice Serrato-Mireles¹
Alejandra Pérez-Peña²
Nabanita Dasgupta-Schubert^{3*}

¹ Doctorado en Ciencias Biológicas. Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

² Universidad Tecnológica del Oriente de Michoacán.

^{3*} Laboratorio de Biofísicoquímica y Estudios de Radiación. Facultad de Ciencias Físico Matemáticas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

*Autor para correspondencia: nabanita.schubert@umich.mx, +52 4434094612

La fitorremediación es un proceso natural realizado por plantas para la remoción de contaminantes orgánicos e inorgánicos dispersos en agua, aire y suelo. Es una herramienta biotecnológica importante debido a que su costo de operación es bajo, solo se necesita emplear plantas adecuadas a cada tipo de clima y un plan de manejo óptimo para retirarlos del medio a descontaminar, en este artículo se describe este proceso con más detalle.

Introducción

Desde hace décadas se ha hablado de la contaminación ambiental y su importancia para la sociedad; se han pintado escenarios catastróficos y se han realizado campañas para el cuidado del ambiente ¿Pero realmente está en nuestras manos salvaguardar los recursos naturales?

A través de los años el planeta ha sufrido grandes cambios a consecuencia de las actividades que sustentan la vida, la economía y el confort de los seres humanos, tales son actividades industriales, la agricultura y la ganadería; además, sumado a estos el casi nulo tratamiento de los desechos y la falta de educación ambiental, han repercutido directamente en la contaminación de los suelos, el agua y el aire.

Fitorremediación, del griego *fito*=planta o vegetal y del latín *remediar*= poner remedio al daño.





Es un hecho de que en nuestras manos está cuidar de los recursos naturales. Sin embargo, también la naturaleza afortunadamente es capaz de ofrecer sus propias alternativas, las cuales los científicos han estudiado desde ya hace varias décadas. Estas alternativas naturales actualmente se consideran como procesos de la biotecnología, la cual se encarga del uso de seres vivos, como plantas, insectos, microorganismos, entre otros, en beneficio del hombre; lo que nos lleva al uso de plantas acuáticas y plantas terrestres para reducir y eliminar la contaminación tanto del agua, suelo o aire, lo que se ha llamado fitorremediación.

Fragmentando la Fitorremediación

La fitorremediación, del griego fito=planta o vegetal y del latín remediar= poner remedio al daño; ha sido considerada como una técnica de bajo costo por el hecho de utilizar plantas que son capaces de limpiar el agua, el suelo y el aire.

En fitorremediación se utilizan plantas capaces de extraer contaminantes como metales pesados, por ejemplo residuos de pesticidas, fertilizantes químicos, fármacos, entre otros; esta capacidad de extracción los investigadores la asocian a que las plantas al ser “sésiles” (que no se pueden mover), generan su propio sistema de protección ante insectos, aves, u hongos, entre otros; y se les clasifica como acumuladoras, hiperacumuladoras o exclusoras. El nombre de hiperacumuladora se otorgó porque este tipo de plantas suelen acumular el doble o triple de contaminantes que una acumuladora que llega a captar hasta 1000 mg/kg y exclusoras por que permiten una asociación con microorganismos en las raíces para evitar que los contaminantes ingresen al sistema de la planta.

Las plantas generan su propio sistema de protección ante insectos, aves u hongos, entre otros.

Las estrategias de las plantas dentro de la fitorremediación, es otra manera de definir la captación de contaminantes, y es de acuerdo en cómo se concentran dentro de las partes de la planta, ya sea en raíces, tallos u hojas.

¿Qué tipo de plantas se pueden utilizar?

La eficacia de la remoción de contaminantes durante el proceso de fitorremediación dependerá principalmente de la especie de planta utilizada, el estado de crecimiento, su estacionalidad y el tipo de contaminante a remover.

Todas las plantas son fitorremediadoras, en alguna medida.



Aunque todas las plantas son de alguna manera fitorremediadoras, las plantas más convenientes son las de tamaño que se puedan retirar fácilmente del lugar contaminado, además que una vez utilizadas para fitorremediación, no sean utilizadas para alimento de animales de granja o para consumo humano. Y las más apropiadas son las plantas plaga debido a que se han adaptado naturalmente a través del tiempo a cambios climáticos, contaminación excesiva, entre otros.

¿Pero por qué usar plantas plaga?

**El lirio acuático
remueve más de
1000 miligramos de
contaminantes del
agua por cada
kilogramo de
biomasa seca.**

Te daremos un ejemplo con una planta muy conocida, el “Lirio Acuático” (Figura 1) con nombre científico *Eichhornia crassipes* (Mart). Esta planta ha sido utilizada principalmente como decoración por sus diferentes tonalidades y formas. Pero más allá de la belleza de sus flores, es una planta muy estudiada en fitorremediación y aunque se le ha considerado como una de las 10 plantas plaga en el mundo, porque es una planta de fácil reproducción y se adapta fácilmente al clima, con un manejo adecuado se vuelve útil para la remediación.

El lirio acuático tiene una capacidad para remover del agua contaminada elementos, que llegan a ser tóxicos, en más de 1000 mg/kg; Algunos de los estos elementos son cadmio, plomo, cromo, mercurio, entre otros y los acumula en sus tejidos. Esto quiere decir que por un kilogramo de lirio acuático seco se concentra un gramo de elementos. Por ello, el uso de lirio acuático es cada vez más aceptado para emplearlo en la recuperación de cuerpos de agua contaminados.



Conclusiones

Finalmente podemos concluir en este artículo que conocer las diferentes especies de plantas y las distintas variedades, más allá de servir como una simple decoración, pueden ser utilizadas como filtros naturales de gran eficiencia para retirar contaminantes de los ecosistemas que han sido irrumpidos por la mano del hombre.



Además a nivel mundial se ha demostrado que las plantas hiperacumuladoras son grandes captadores de diversos elementos de valor comercial (cobre, oro, plata, entre otros) que llegan a ser contaminantes por la cantidad en que se encuentran dispersos en el agua o suelo y no pueden ser recuperados por sistemas físicos o químicos debido al costo de aplicación que estos generan. Por lo que actualmente se están realizando diversas investigaciones para el uso de plantas fitorremediadoras en la recuperación de metales de valor a lo cual se le ha nombrado biominería, pero esa, es otra historia...



Literatura recomendada

- Delgadillo-López, A. E., González-Ramírez, C. A., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J. R., & Acevedo-Sandoval, O. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(2), 597-612.
- Martelo, J., & Borrero, J. A. L. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte. *Ingeniería y ciencia*, 8(15), 221-243.
- Vargas, J. P., Esquivel, G. G., & García, F. E. (2002). Papel ecológico de la flora rizosférica en fitorremediación. *Av Perspect*, 21, 297-300.

Semblanzas de autores

Iris Eunice Serrato Mireles. Michoacana, originaria de la comunidad indígena de Naranja de Tapia. Egresada de la Universidad Tecnológica de Morelia como Ingeniero en Biotecnología. Trabajó algunos años en la industria y posterior a esto realizó la Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental y actualmente candidata a Doctor en Ciencias Biológicas.

Alejandra Pérez Peña. Nació en Maravatio Michoacán, Egresada de la Universidad Tecnológica del Oriente de Michoacán. Trabajó en el laboratorio de Biofísicoquímica y Estudios de Radiación donde destacó con su participación en varios eventos de divulgación y congresos, es amante de la danza folclórica y actualmente trabaja en la industria.

Nabanita Dasgupta Schubert. Originaria de la India, Doctora en Ciencias con especialidad en Química nuclear. Profesora Investigadora Titular C, Miembro del SNI nivel 2. Trabaja en las áreas de Biofísicoquímica Ambiental, Interacción Radiación-materia, Espectrometría de Fotones de Alta Energía y Fisicoquímica de Materiales Avanzados/Nanomateriales.





Omeprazol para el aprovechamiento del agua en plantas

Carlos A. Ramírez-Estrada
Esteban Sánchez-Chávez*
Julio C. Anchondo-Paez
Erick H. Ochoa-Chaparro
Ezequiel Muñoz-Márquez

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

*Autor para correspondencia: esteban@ciad.mx, +52 639 549 4681

El agua es un recurso cada vez más escaso para el sector agrícola. Por suerte, sustancias conocidas como bioestimulantes, pueden mejorar la eficiencia de uso de agua en plantas a dosis bajas. El omeprazol, un medicamento en humanos, podría contribuir a resolver este problema, por lo que, en este artículo presentamos avances en el uso de omeprazol como bioestimulante.

Introducción

El cambio climático que se vive actualmente en el mundo ha traído un conjunto de alteraciones en el ambiente. Las alteraciones que más afectan la agricultura son el aumento en la temperatura, la falta o exceso de agua y las variaciones en el patrón de lluvias. Además, el aumento de la población demanda un incremento en el rendimiento de cosechas para satisfacer la alimentación. Sin embargo, uno de los recursos más importantes para las plantas, el agua, atraviesa por un periodo de escasez y cada vez está menos disponible. Por lo tanto, un objetivo central en las naciones hoy en día es aumentar el uso eficiente del agua en los cultivos, con el fin de producir más alimento con la misma o menor cantidad de agua. Esto se podría lograr con el uso de bioestimulantes en plantas, que ayuden a hacer más eficiente el uso del agua.

¿Qué es el uso eficiente del agua?

El término de uso eficiente del agua nació hace aproximadamente 100 años con los investigadores estadounidenses L. Briggs y H. Shantz, quienes lo definieron como la cantidad de masa vegetal producida por cantidad de agua utilizada.



A pesar de que en su momento no era un tema de preocupación, hoy en día la disponibilidad de agua para sus diferentes usos, y en particular, el uso agrícola, es prioritario. Según datos del banco mundial, se estima que para el 2050, cerca del 40% del agua destinada a la agricultura tendrá que ser reasignada a actividades relacionadas con el crecimiento urbano. Este escenario afectaría a los países menos desarrollados y con menor tecnología en el uso eficiente del agua.

Las plantas utilizan el agua como medio para la absorción de los minerales que necesitan para su desarrollo, además de ser el medio de transporte de savia elaborada. Otra de las importantes funciones del agua es mantener la rigidez, así como garantizar el proceso de fotosíntesis. Debido a esto, la disminución de agua para los cultivos puede afectar el crecimiento al provocar un estado conocido como estrés vegetal. El estrés puede ser moderado y afectar el crecimiento normal o, severo y puede llegar a interrumpir el ciclo de vida.

Una alternativa para combatir la falta de agua en la agricultura

Los esfuerzos de distintas disciplinas en efficientar el uso del agua en los cultivos, han propuesto varias alternativas para hacer frente a esta problemática (Figura 1). La ingeniería genética, es decir, manipular los genes de plantas en laboratorio, podría desarrollar especies mejoradas, capaces de mantener alta productividad con menores cantidades de agua. Sin embargo, el rol de la ingeniería genética aún se encuentra lejos del alcance de países en desarrollo y subdesarrollados.

Otra alternativa es el mejoramiento del uso eficiente del agua por medio de lo que se conoce como agricultura de irrigación o bajo riego. La agricultura bajo riego o de irrigación abarca el uso de medios de transporte del agua como tuberías, y su aplicación por medio de aspersores y goteros para llevar el agua hacia las plantas, reduciendo lo más posible las pérdidas. A pesar de que el empleo de irrigación significa una mejora a la hora de hacer más eficiente el uso de agua para la agricultura, su relación con el desarrollo económico de los continentes la hace de difícil acceso para todos los agricultores, debido al alto costo para adquirir esta tecnología. Mientras que, en medio oriente, el 83% de los cultivos están bajo sistemas de irrigación, en América del Norte y Asia solo se alcanza el 59% y en África menos del 5%.

Uno de los recursos más importantes para las plantas, el agua, atraviesa por un periodo de escasez y cada vez está menos disponible.

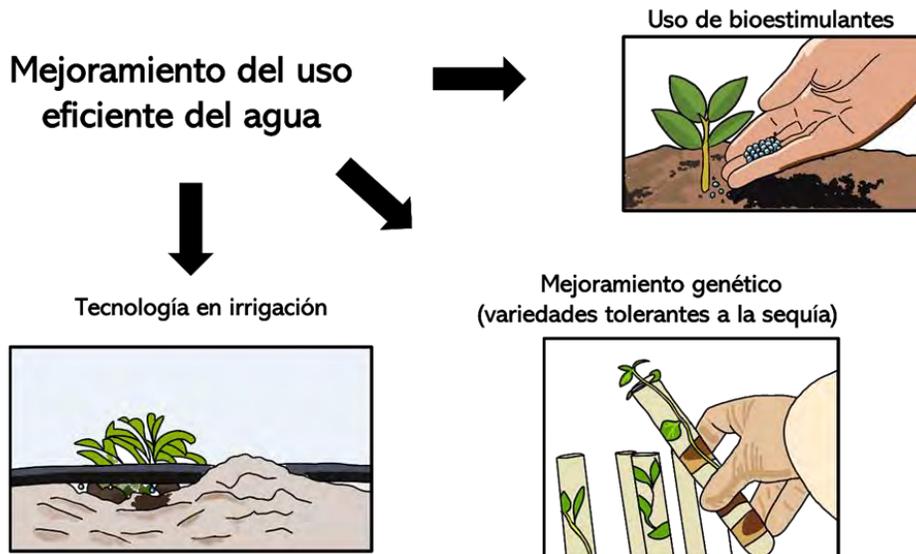


Figura 1. Alternativas para hacer frente a la escasez de agua en la agricultura moderna.

Una alternativa con mayor viabilidad es el uso de productos catalogados como bioestimulantes. Éstos se definen como productos de origen natural o sintético, capaces de provocar el crecimiento de las plantas, aumentar la tolerancia a diferentes tipos de estrés y promover el rendimiento de los cultivos. Actualmente

Con base en datos del banco mundial, se estima que para el 2050, cerca del 40% del agua destinada a la agricultura tendrá que ser reasignada a actividades relacionadas con el crecimiento urbano.

en el mercado hay un gran número de productos destinados a mejorar la tolerancia de estrés por agua, optimizando el rendimiento de los cultivos en condiciones de escasez. Se han observado resultados favorables con el empleo de bioestimulantes como extractos de algas, minerales como el silicio y productos considerados como desechos como la corteza de los crustáceos, llamada quitina. Sin embargo, una molécula que ha llamado la atención por su utilidad y por representar un ahorro de insumos al utilizarse en dosis bajas es el omeprazol.

Omeprazol, ¿medicamento para las plantas?

El omeprazol es comúnmente conocido por su uso como medicamento contra el reflujo estomacal en humanos. Está dentro del grupo de los llamados inhibidores de la bomba de protones, función que le permite controlar la producción de ácido en el estómago.



Su uso está bien estudiado en humanos, sin embargo, recientemente se han encontrado efectos benéficos del omeprazol en plantas de tomate, maíz, lechuga, menta y albahaca al fungir como reductor del estrés y promotor de crecimiento (Figura 2).

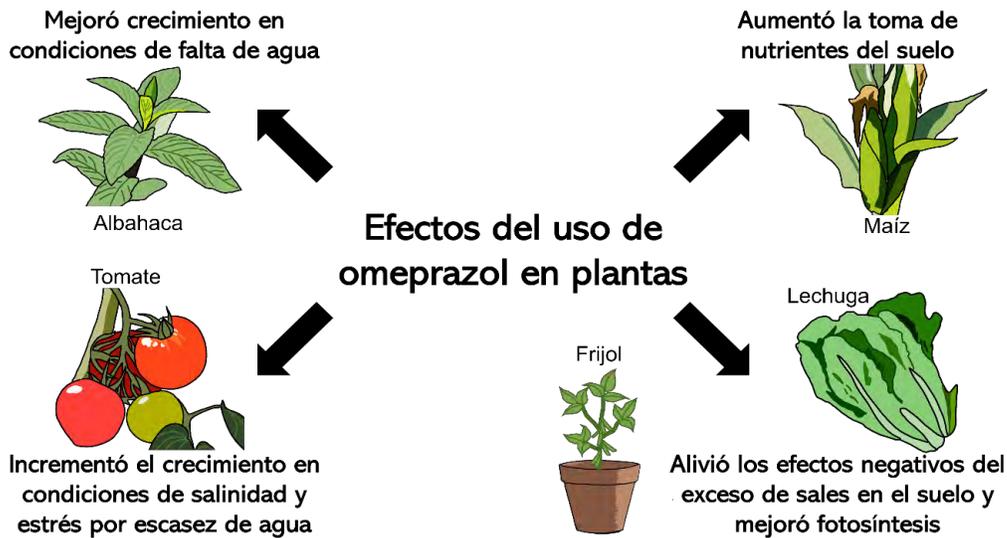


Figura 2. Efecto de la aplicación de omeprazol en algunas especies vegetales.

Algunas de las mejoras obtenidas con la aplicación de omeprazol en plantas se relacionan con una mejor producción interna de hormonas responsables del crecimiento y una mejora en el sistema de protección antioxidante. En conjunto, estos mecanismos ayudan a que la fotosíntesis se lleve de una forma más eficiente. Además, el omeprazol mejora la señalización hormonal, que es el modo a través del cual las plantas responden a estímulos del ambiente. Se cree que esto podría mejorar el control de la apertura de los poros por donde se realiza el intercambio de gases y se transpira agua en las hojas (estomas), disminuyendo la pérdida de agua. De la misma forma, la estimulación de hormonas del crecimiento y la eficiencia fotosintética podría llevar a una mayor producción de masa vegetal, que se ha reportado, se concentra en la raíz, mejorando la absorción de agua.

Los bioestimulantes se definen como productos de origen natural capaces de provocar el crecimiento de las plantas, aumentar la tolerancia a diferentes tipos de estrés y promover el rendimiento de los cultivos.



Recientemente se han encontrado efectos benéficos con la aplicación de omeprazol, como reducción del estrés y promoción del crecimiento en plantas de tomate, maíz, lechuga, menta y albahaca.

Así mismo, otra de las ventajas que llaman la atención de este compuesto es su uso a dosis bajas. Otros bioestimulantes funcionan en dosis que representan la milésima parte de un kilogramo, es decir, un gramo. El omeprazol, catalogado como LWM (molécula de bajo peso por sus siglas en inglés) es capaz de realizar su función en dosis que representan menos de la millonésima parte de un kilogramo, es decir, menos de un miligramo (Figura 3). Esto permitiría reducir costos a los productores, a la vez que obtienen un producto con la capacidad de mejorar el rendimiento de sus cultivos en condiciones desfavorables de escasez de agua.

Dosis de acción de distintos bioestimulantes en plantas



Figura 3. Diferencia en la cantidad de aplicación de compuestos bioestimulantes usados en plantas.

El omeprazol como bioestimulante en plantas podría tener efectos positivos en el uso eficiente del agua, al ser aplicado en los cultivos agrícolas.



Retos para la juventud

Todavía existen algunos retos en cuanto al uso de omeprazol como bioestimulante para eficientar el uso del agua en plantas. Por ejemplo, aun no existe un producto comercial disponible para la adquisición de agricultores. Así mismo, la variedad de especies en las que se han obtenido resultados favorables aun no es extensa. Debido al amplio rango en el cual puede actuar el omeprazol, se requieren más estudios para definir dosis de acuerdo al cultivo.

Hoy en día, los esfuerzos para eficientar el uso de omeprazol como bioestimulante en plantas se centran en el estudio de los procesos dentro de las plantas que son modificados por este compuesto. También se busca mejorar la forma de administrar el omeprazol a las plantas y la dosis más efectiva. Esto permitirá el desarrollo de un producto bioestimulante comercial, con el objetivo de que sea de fácil acceso y aplicación. Finalmente, se podrían mejorar las condiciones de producción agrícola bajo escasez de agua, incluso en países en desarrollo.

Conclusiones

El omeprazol como bioestimulante en plantas ha demostrado resultados positivos en el uso eficiente de agua. También, podría ser una alternativa viable para superar las limitantes de otras alternativas, tales como los altos costos de la elaboración de variedades en laboratorio a través de la ingeniería genética. Por otro lado, el alto costo de las tecnologías de riego que permitan eficientar el uso de agua, las hace de difícil acceso. Por esto, el uso de omeprazol representa una ventaja en la disminución de costo e impacto ambiental a la hora de alcanzar la soberanía alimentaria del mundo.

Literatura recomendada

Elansary, H. O., & El-Abedin, T. K. Z., (2019). Omeprazole alleviates water stress in peppermint and modulates the expression of menthol biosynthesis genes. *Plant Physiology and Biochemistry*. 139, 578-586.

Palacios-Vélez, O. L., & Escobar-Villagrán, B. S., (2016). La sustentabilidad de la agricultura de riego ante la sobreexplotación de acuíferos. *Tecnología y ciencias del agua*. 7(2), 5-16.

Zayas, E. C., Arias, A. G., López, A. G., Miranda, Z. P., & Espinosa, E. J., (2014). Evaluación y propuesta de medidas en diferentes técnicas de riego por aspersión para un uso eficiente del agua. *Revista Ingeniería Agrícola*. 4(1), 22-28.





Semblanzas de autores

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

Esteban Sánchez Chávez. Investigador Titular del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 3, líder del Grupo de Investigación en Fisiología y Nutrición Vegetal. Las líneas de investigación que cultiva son: Biofortificación con micronutrientes en cultivos agrícolas, Nanotecnología aplicada a la agricultura, Nutrición de cultivos hortofrutícolas y Fisiología del estrés en plantas.

Julio César Anchondo Páez. 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 se trabaja son: Nanotecnología aplicada a la agricultura, Nutrición de cultivos hortícolas y Fisiología del estrés en plantas.

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 se trabaja son: Nanotecnología aplicada a la agricultura, Agricultura de precisión, Nutrición de cultivos hortícolas y Fisiología del estrés en plantas.

Ezequiel Muñoz Márquez. Técnico Académico del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) Coordinación Delicias, Chihuahua. Miembro del Grupo de Investigación en Fisiología y Nutrición Vegetal. Las líneas de investigación que cultiva son: Nutrición de cultivos hortofrutícolas, Fitopatología Nanotecnología aplicada a la agricultura.

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>



Silicio: aliado de la remediación del suelo y la salud humana

Julio C. Anchondo-Paez¹
Esteban Sánchez-Chávez^{1*}
Carlos A. Ramírez-Estrada¹
Erick H. Ochoa-Chaparro¹
Ezequiel Muñoz-Márquez¹

¹ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C., Av. 4 sur 3820, Fracc. Vencedores del desierto. 33089, Cd. Delicias, Chihuahua, México.

*Autor para correspondencia: esteban@ciad.mx, Tel: 639-4748400



La contaminación por metales pesados debido a la industrialización afecta la capacidad del suelo para producir alimentos sanos y seguros. La aplicación de nanopartículas de silicio es una propuesta innovadora para mejorar la salud del suelo, disminuyendo la absorción de metales pesados y aumentando la cantidad de nutrientes esenciales en los cultivos agrícolas, ayudando a las poblaciones vulnerables con deficiencias nutricionales.

Introducción

Actualmente, los residuos derivados de la industrialización son un problema de salud pública a nivel mundial. Algunos de estos residuos son los metales pesados como el cadmio, arsénico y plomo, que provocan la contaminación de los suelos y dificultan la toma de nutrientes esenciales para los cultivos agrícolas. Para resolver este problema, se han propuesto diferentes métodos físicos, químicos y biológicos para la remediación del suelo, encontrándose entre ellos la aplicación de silicio. Este elemento se encuentra en gran abundancia en la corteza terrestre y está presente en varios productos usados en la vida diaria (Figura 1). El silicio puede mejorar la salud del suelo gracias a su capacidad para hacer que los metales pesados se queden en el suelo de una manera efectiva y económica, ayudando que las plantas solamente obtengan los nutrientes necesarios.

Las plantas toman los metales pesados del suelo y los movilizan a los frutos y/o granos que después llegan a nuestra mesa en los alimentos que consumimos, lo que causa problemas de salud

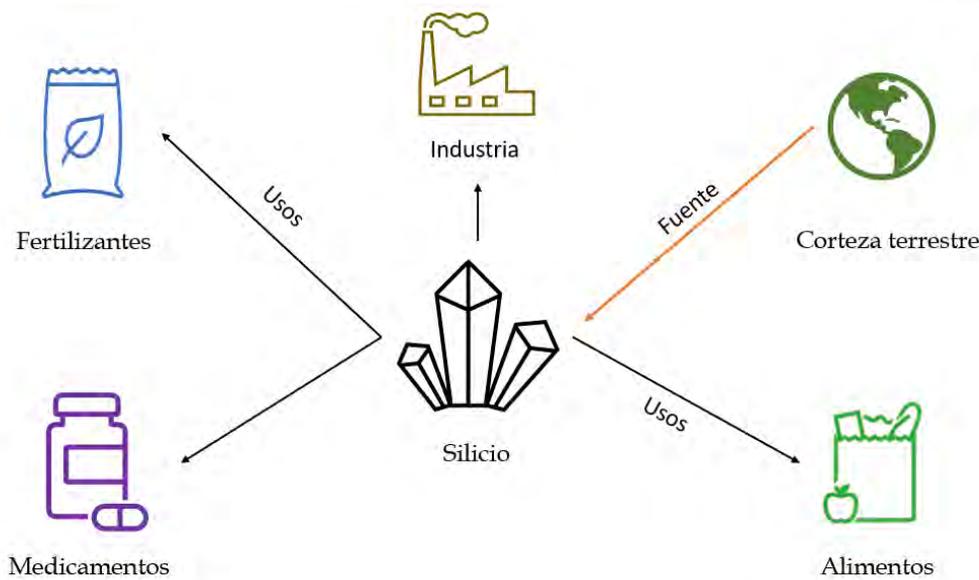


Figura 1. Fuentes y usos del silicio en la vida diaria.

Contaminación del suelo, un problema de salud pública

La contaminación del suelo se da por diferentes razones, siendo una de ellas por metales pesados como el cadmio, plomo y arsénico. Aunque estos se encuentran de manera natural en las rocas, suelo y arena normalmente no representan riesgos para los seres vivos debido a su baja concentración. Sin embargo, la industrialización, el rápido crecimiento de la población y la urbanización son una fuente considerable de metales pesados que son arrojados al suelo, ocasionando la pérdida de fertilidad y calidad de dichos suelos. Además, estos metales pesados pueden durar mucho tiempo antes de degradarse, como es el caso del plomo, que puede durar hasta 150 años en el suelo. Esto repercute en la salud porque cuando las plantas adquieren los nutrientes del suelo también toman los metales pesados y los movilizan a los frutos y/o granos que después llegan a nuestra mesa en los alimentos que consumimos, causando algunas enfermedades (Figura 2).





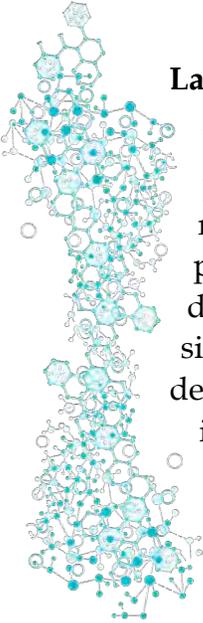
Por ejemplo, la presencia de cadmio en el cuerpo produce efectos tóxicos en los riñones y huesos además de ser cancerígeno. En casos extremos, el cadmio provoca la enfermedad de Itai-Itai, que es la deformación de la columna al presentarse múltiples fracturas y osteoporosis. Por su parte, la intoxicación por arsénico causa problemas en el sistema digestivo, cardiovascular y nervioso, lo que puede llevar a la muerte. Uno de sus síntomas más comunes es la sensación de sabor metálico en la boca y la dificultad para deglutir alimentos. En el caso del plomo, las cantidades elevadas dañan los riñones, causan infertilidad y se moviliza por la sangre, lo que afecta al bebé durante el embarazo.

El otro problema relacionado con la contaminación es la falta de nutrientes como el hierro y el zinc en el suelo. La falta de estos nutrientes en partes comestibles de las plantas genera problemas de salud, ya que se estima que alrededor de 2 billones de personas alrededor del mundo sufren deficiencia de estos elementos. Una enfermedad común de la deficiencia del hierro es la anemia, que es cuando la sangre no puede transportar oxígeno en cantidad suficiente a los órganos del cuerpo. Por otro lado, la disgeusia, causada por la deficiencia de zinc, se caracteriza por la sensación del gusto disminuida, mal sabor de boca y la incapacidad de disfrutar los alimentos adecuadamente. Como se puede observar, la salud del suelo tiene fuerte influencia en la cantidad y calidad de los alimentos. Por ello, es necesario reducir la cantidad de metales pesados en el suelo a la vez que se aumenta la disponibilidad de nutrientes esenciales, para que la planta pueda tomarlos y produzca alimentos seguros y sanos.

● Cadmio ● Hierro ● Zinc ● Aluminio



Figura 2. Transporte de metales pesados y elementos esenciales a través de la cadena alimenticia.



La aplicación del silicio para mejorar la salud del suelo

En los últimos años se ha propuesto el uso de silicio, especialmente en su presentación de nanopartículas, para mejorar la salud del suelo. Las llamadas nanopartículas son muy pequeñas, por lo que requieren de un microscopio para poder observarlas. Gracias a su pequeño tamaño son fácilmente absorbidas y distribuidas alrededor de la planta generando efectos benéficos, sobre todo en situaciones desfavorables o de estrés. Estos beneficios incluyen disminuir las deficiencias nutricionales donde se ha reportado que la aplicación de silicio incrementa el contenido de hierro y zinc en plantas de arroz, al mismo tiempo que redistribuye metales como cobre y zinc hacia las hojas jóvenes y el fruto.

Esto es posible gracias a la acción del silicio, que promueve la fabricación de proteínas de transporte, las moléculas encargadas de transportar los nutrientes desde la raíz hacia las hojas y el fruto. En casos de deficiencia, el silicio impulsa la creación de más proteínas de transporte, con el objetivo de movilizar la mayor cantidad posible del nutriente faltante, aumentando su contenido dentro de la planta. Otro beneficio del silicio es que impide la acumulación de metales pesados en grandes cantidades al incrementar el grosor, el número y tamaño de las hojas a la vez que los redistribuye por la planta, limitando su concentración. La aplicación de silicio también inmoviliza los metales pesados en el suelo al unirse a ellos, dificultando su transporte hacia la planta y provocando que se queden alojados en la raíz (Figura 3). Además, en caso de toxicidad por metales pesados, el silicio reduce la cantidad de proteínas transportadoras, lo que modera su cantidad dentro de la planta.

La salud del suelo tiene fuerte influencia en la cantidad y calidad de los alimentos

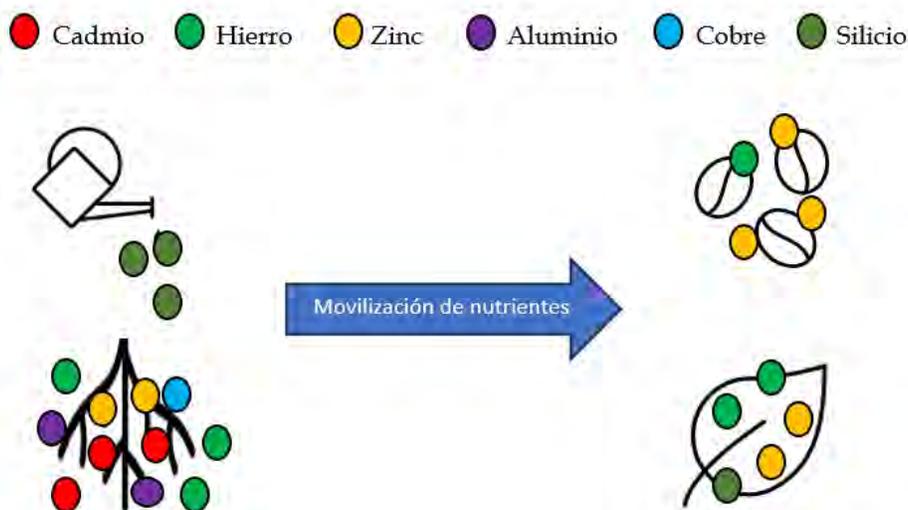


Figura 3. Efecto de la aplicación de silicio sobre la movilización de nutrientes. La aplicación de silicio inmoviliza a los elementos tóxicos en las raíces.



Retos de la aplicación de silicio

Para que un cultivo sea ideal para el consumo humano, este debería contener elementos esenciales en cantidades elevadas pero que también no contenga metales pesados en sus tejidos. Sin embargo, alcanzar este objetivo conlleva una serie de retos.

Uno de los retos es cómo incrementar el acaparamiento de silicio en la planta, ya que para que este realice su función, tiene que ser absorbido en grandes cantidades. La acumulación de silicio es dependiente de su disponibilidad en el suelo, así como, la capacidad de la planta para tomarlo. La fertilización a base silicio es una opción para mejorar la nutrición vegetal en cultivos que tienen dificultades para obtener silicio como el tomate, pepino, fresa y naranjo.

La aplicación de silicio tiene mucho potencial para aliviar la contaminación en los suelos por metales pesados e incrementar la cantidad de nutrientes

Otra área de oportunidad es identificar las plantas con mayor capacidad de producir proteínas transportadoras de silicio. Por ejemplo, el arroz de la variedad japónica acumula más silicio que la variedad índica debido a la cantidad de transportadores disponibles. La identificación de estas plantas permitiría el desarrollo de nuevas variedades capaces de una mayor absorción de silicio, a través de procesos de selección y reproducción.

Otra dificultad que superar es que cuando las plantas absorben los nutrientes esenciales, estos pueden no ser suficientes para cubrir las necesidades humanas, aun con la aplicación de silicio (Figura 4).

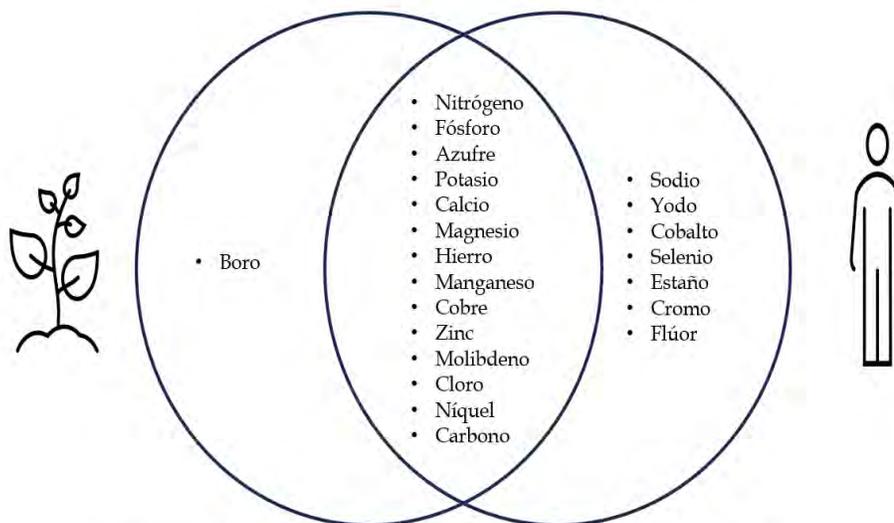


Figura 4. Lista de elementos esenciales para la planta, para los humanos y para ambos.



Las plantas han desarrollado sistemas de transporte de nutrientes esenciales para ellas, pero que no son requeridos para los humanos. A manera de ejemplo, las plantas no tienen un transportador específico para selenio y yodo, estos elementos son movidos por los transportadores del silicio y el cloro. Por ello, es difícil manipular a estos transportadores para elevar el contenido de elementos esenciales para el ser humano, ya que se afectaría a las propias necesidades de la planta.

Conclusiones

El suelo es parte esencial del medio ambiente y es necesario para el crecimiento de los cultivos agrícolas. Sin embargo, la contaminación por metales pesados está extendido por el mundo y representa serios riesgos para la agricultura y la salud humana. La aplicación de silicio es una solución prometedora que tiene mucho potencial para aliviar a los suelos de la contaminación por metales pesados. Esta opción ofrece remediar los suelos contaminados de una manera efectiva y económica, comparados con las otras tecnologías. El silicio inmoviliza dichos metales impidiendo que entren a la planta y provoca cambios dentro de esta, estimulándola para que produzca proteínas de transporte, incrementando la cantidad de nutrientes esenciales tanto para la planta como para el ser humano. Al mejorar la salud del suelo se puede promover una alimentación en cantidad y calidad suficientes para las poblaciones vulnerables alrededor del mundo.



Literatura recomendada



Bhat, J. A., Shivaraj, S. M., Singh, P., Navadagi, D. B., Tripathi, D. K., Dash, P. K., ... y Deshmukh, R. (2019). Role of silicon in mitigation of heavy metal stresses in crop plants. *Plants*, 8(3), 71. <https://doi.org/10.3390/plants8030071>

Octavio-Aguilar, P., y Olmos-Palma, D. A. (2022). Efectos sobre la salud del agua contaminada por metales pesados. *Herreriana*, 4(1), 43-47. <https://doi.org/10.29057/h.v4i1.8630>

Olvera, S. M. R., Merino, F. C. G., Téllez, L. I. T., Aragón, L. H., y Fuentes, L. T (2021) Silicio incrementa el contenido de hierro, cobre y zinc en plantas de arroz. *Agricultura protegida, clonación y germoplasma*, 24(2), 46-59.



Semblanzas de autores

M.C. Julio César Anchondo Páez. 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 se trabaja son: Nanotecnología aplicada a la agricultura, Nutrición de cultivos hortícolas y Fisiología del estrés en plantas.

Dr. Esteban Sánchez Chávez. Investigador Titular del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 3, líder del Grupo de Investigación en Fisiología y Nutrición Vegetal. Las líneas de investigación que cultiva son: Biofortificación con micronutrientes en cultivos agrícolas, Nanotecnología aplicada a la agricultura, Nutrición de cultivos hortofrutícolas y Fisiología del estrés en plantas.

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

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 se trabaja son: Nanotecnología aplicada a la agricultura, Agricultura de precisión, Nutrición de cultivos hortícolas y Fisiología del estrés en plantas.

Dr. Ezequiel Muñoz Márquez. Técnico Académico del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) Coordinación Delicias, Chihuahua. Miembro del Grupo de Investigación en Fisiología y Nutrición Vegetal. Las líneas de investigación que cultiva son: Nutrición de cultivos hortofrutícolas, Fitopatología Nanotecnología aplicada a la agricultura.

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

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

TERRA
Latinoamericana



ISSN Electrónico 2395 - 8030

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



Los ciempiés: habitantes desconocidos del suelo

Fabio Germán Cupul-Magaña ^{1*}

¹ Centro Universitario de la Costa. Universidad de Guadalajara. Puerto Vallarta, Jalisco, México

*Autor para correspondencia: fabiocupul@gmail.com, Tel: 322 1093861



Los ciempiés son animales emparentados con los insectos. Viven en el suelo y su apariencia resulta curiosa porque tienen muchas patas. Son formidables depredadores, por lo que pueden controlar plagas en ambientes naturales y cultivos agrícolas. Cuando cazan, usan su veneno para inmovilizar a sus presas. Los humanos han aprendido a usar este veneno para fines medicinales. Pero, ¿en verdad el ciempiés tiene cien pies? Descúbralo leyendo este texto.

Animales con muchas patas

Al escuchar la palabra ciempiés, de inmediato pensamos en un animalito tan largo como un gusano y que corre rápidamente por el suelo gracias al poderoso impulso de sus cien patas. Pero este ciempiés no es un gusano, pues su cuerpo luce aplanado y claramente se observa que está formado por muchos pedazos o segmentos, casi siempre iguales en tamaño, y cada uno de ellos tiene un par de patas sujetas a sus lados (Fig. 1). Además, el ciempiés es, por mucho, más veloz que un gusano.

La cabeza, adornada con un par de antenas, es lo único que logramos distinguir entre tantos segmentos y patas. Y aunque su nombre refiera a la presencia de cien patas, esto no es exactamente así. Su número puede variar desde 15 pares (30 patas) hasta la fabulosa cantidad de 191 pares (382 patas). Si bien no tiene cien pies, se le llama así para destacar la presencia de muchas extremidades o patas. Su tamaño es igualmente tan variable como su número de patas, pues los hay que miden sólo un centímetro, mientras otros logran alcanzar la impresionante cifra de 30 centímetros.

Gonibregmatus plurimipes,
ciempiés que habita en las islas Fiyi y que mide 15 centímetros, es el quien tiene el mayor número de patas del grupo: 382 patas (191 pares)

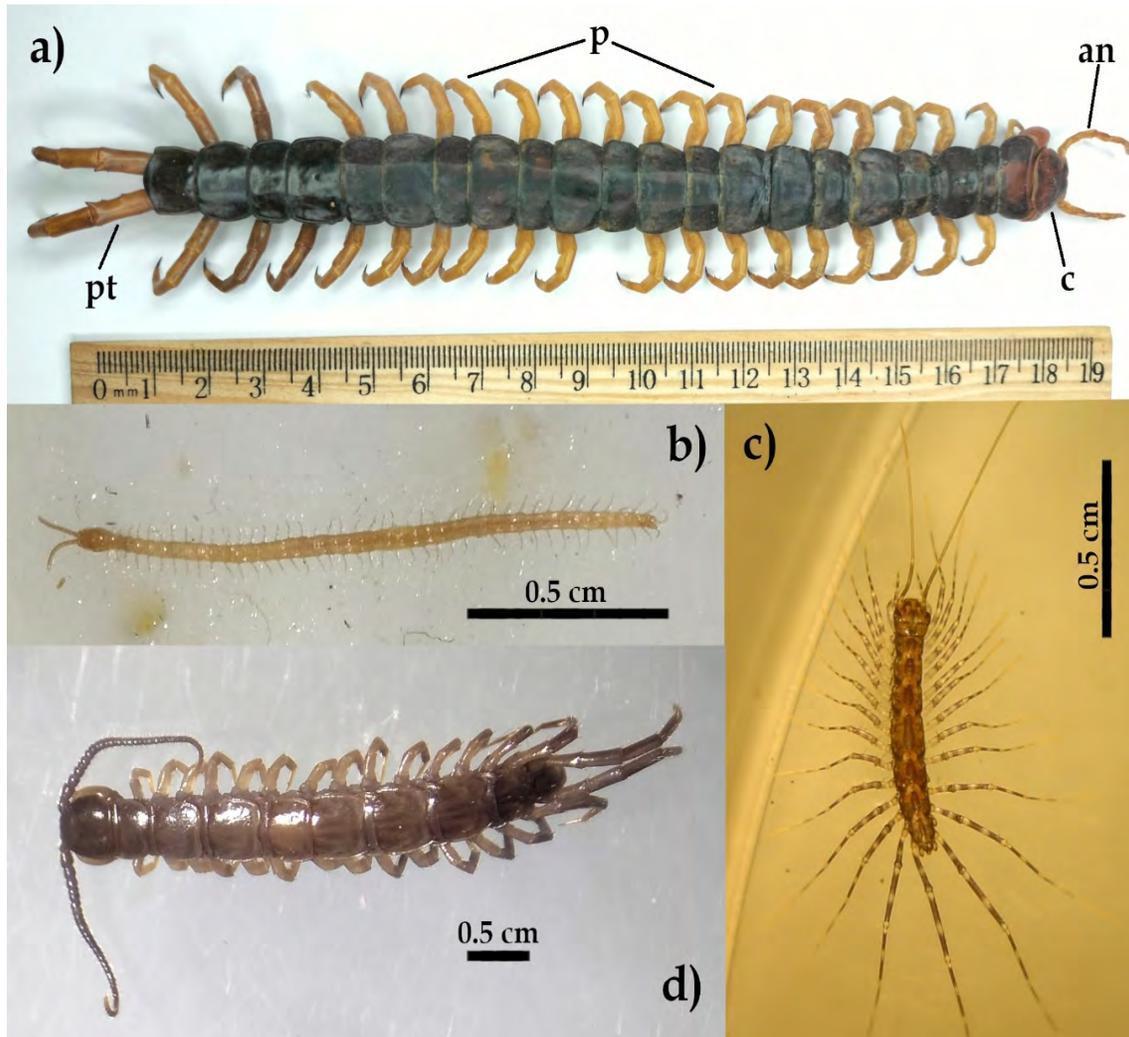


Figura 1. Los cuatro tipos comunes de ciempiés (clase Chilopoda) presentes en México. a) Un gran ejemplar de las llamadas escolopendras, pertenece al orden Scolopendromorpha. b) Ejemplar del orden Geophilomorpha o ciempiés de suelo, son delgados, casi siempre amarillentos y con muchas patas. c) Ciempiés de antenas y patas muy largas, miembro del orden Scutigermorpha. d) Ciempiés de roca del orden de los Lithobiomorpha, son característicos sus segmentos del cuerpo de diferente tamaño. an = antenas, c = cabeza, p = patas, pt = patas terminales o último par de patas. (Fotos del autor).

Riqueza de especies y humedad

Actualmente, los científicos han logrado encontrar 3,327 especies de ciempiés en el mundo. México posee una diversidad importante a pesar que falta mucho por explorar. Por el momento, se han registrado 187 especies. Veracruz, Chiapas, Nuevo León y Guerrero, son los estados donde se han encontrado más especies: 175, 80, 74 y 65, respectivamente.



Los estados menos estudiados son Zacatecas, donde únicamente se han hallado seis especies, Tlaxcala con dos y sólo una especie encontrada en Aguascalientes. Son animales que siempre buscan la humedad para sentirse a gusto. Por esta razón, es mucho más fácil observarlos durante la temporada de lluvias o por las noches, cuando hace menos calor. Así mismo, la humedad favorece su abundancia en las zonas tropicales y templadas del planeta. Además, tanto a las hembras como a los machos de ciempiés les gusta llevar vidas solitarias.

Con patas que se transformaron en colmillos

Los ciempiés forman parte de un grupo más grande de animales llamado artrópodos, por lo que son parientes de los insectos y de los crustáceos (grupo famoso porque aquí encontramos a los camarones, cangrejos y langostas). Los científicos también llaman quilópodos a los ciempiés. Esta palabra es de origen griega (Chilopoda) y significa algo como “el que por labios tiene patas”. La razón que motivó a las personas de ciencia para nombrarlos así fue por la presencia de un par de pinzas o colmillos a los lados de su boca. Estas pinzas, llamadas “forcípulas”, se originaron a partir de un par de patas durante un proceso de adaptación que ocurrió hace millones de años. Así, podemos decir, que, en los quilópodos o ciempiés, un par de patas finalmente se transformó en los colmillos en su boca (Fig. 2).

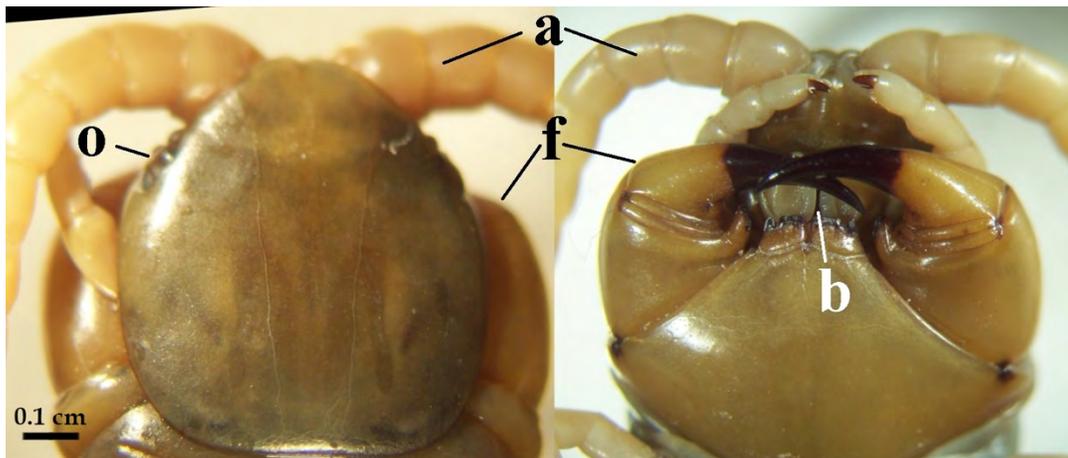


Figura 2. Detalle de la cabeza de un ciempiés. Izquierda: vista dorsal de la cabeza. Derecha: vista ventral de la cabeza para observar las pinzas o forcípulas. a = antenas, b = boca, f = forcípulas, o = ojos. (Fotos del autor).



Las crías, al salir o emerger del huevo, pueden tener el mismo número de segmentos corporales que los adultos o, conforme crecen, van añadiéndolos hasta alcanzar el número definitivo de sus padres

Animales con veneno

Los ciempiés son formidables cazadores; es decir, depredadores. Realizan largas caminatas en busca de otros animales para alimentarse. Durante la cacería, las “forcípulas” (colmillos o pinzas) son utilizadas para pinchar a la presa como si de una mordida se tratase. Además, el potente mordisco sujeta y somete a la presa.

Las “forcípulas” funcionan como una especie de jeringa, pues poseen una glándula productora de veneno neurotóxico en su base. Este veneno es transportado por un conducto hacia la punta del colmillo. El veneno paraliza los músculos de la presa hasta inmovilizarla. Así, el ciempiés puede darse un banquete sin temor a que el alimento se le escape. De hecho, todos los ciempiés tienen veneno, pero muy pocos pueden poner en riesgo la vida humana. Algunas especies conocidas comúnmente como “escolopendras” (Fig. 1a), llegan a alcanzar los 10 centímetros de longitud, y pueden propinar mordeduras muy dolorosas. Las personas que lo han experimentado, dicen que son tan dolorosas como una picadura de alacrán.

Sin embargo, especies de pequeño tamaño (no mayor a tres centímetros), con patas muy largas, o tan delgadas como hilos de un color amarillo brillante a pálido, son totalmente inofensivas (Figs. 1b y 1d). Cuando estos bichos crucen nuestro camino, lo mejor es permitirles el paso sin molestarlos.

Una creencia popular es que los ciempiés pican con las patas. Esto es falso, los ciempiés sólo muerden con sus pinzas, colmillos o “forcípulas”. Sin embargo, como poseen uñas afiladas en la punta de sus patas, pueden pinchar ligeramente la piel de una persona al posarse sobre su cuerpo. Esta sensación se incrementa porque el ciempiés, en su afán de apoyarse para morder, utiliza sus patas para agarrarse con fuerza y no caerse.

Depredador y presa

Quien lea este texto no debe preocuparse ni mucho menos asustarse, si tiene la fortuna de encontrarse con un ciempiés en su camino, pues este bicho no anda rastreando personas para alimentarse de ellas. Por lo común, huyen de la presencia humana y, si se topan con ella, con rapidez se refugian entre grietas o debajo de cualquier objeto. De hecho, si los vemos dentro de las casas o en los jardines, es porque están en busca de ambientes frescos y húmedos.



También, a los ciempiés les gusta ingresar a las casas para aumentar la lista de platillos en su menú. Así, pueden cazar cucarachas, polillas, arañas o hasta alacranes. En su ambiente natural pueden comer pequeñas aves, ranas, sapos y hasta murciélagos. Sin proponérselo, estos animalitos de muchas patas cumplen una función benéfica para la gente al eliminar animales molestos que, en ocasiones, pueden convertirse en verdaderas plagas.



Pueden practicar el canibalismo. De hecho, canibalizan hasta sus propios huevos o crías. Pero, a pesar de esto, las hembras son buenas madres porque cuidan y protegen a sus huevos y crías en sus primeras etapas de desarrollo. Además, es de destacarse que algunas especies logran sobrevivir hasta seis meses sin comer.

De igual forma, así como comen, son comidos por otros animales. Se ha observado que son las presas favoritas de hormigas, serpientes, lagartijas, aves (¡a las gallinas les encantan!), salamandras, tortugas, arañas, sapos, ranas, musarañas, coatíes, ratones y suricatas.

Curiosamente, hasta los humanos son incluidos en esta lista de sus consumidores, pues en algunos países asiáticos los comen como brochetas y hasta los venden embolsados como frituras. En México, más que su consumo, en algunos estados del centro, es costumbre añadirlos en el interior de botellas de bebidas alcohólicas. Se cree que, al introducirlos en el alcohol, éste intensificará su sabor y fomentará la buena salud de quien lo beba; lo cual, es dudoso que funcione.

Los beneficios de los ciempiés

La capacidad depredadora de los ciempiés los tiene en alta estima por los agricultores, pues al comerse a las plagas evitan que éstas sean numerosas y acaben o destruyan sus cultivos. De igual forma, cuando su abundancia disminuye en un ecosistema, ésta es una señal de advertencia de que algo malo está pasando. Así, como si de un “foco rojo” se tratase, la desaparición de los ciempiés nos alerta de problemas con contaminantes o deforestación.

Podría pensarse que el veneno del ciempiés es completamente perjudicial para nuestra salud; sin embargo, esto no es del todo cierto. Se ha descubierto que al administrarlo en pacientes humanos, éste puede calmar sus dolores. De igual forma, se está estudiando su aplicación para combatir tumores cancerosos e infecciones provocadas por bacterias.

Su veneno es utilizado en favor de la salud humana, ya que puede calmar el dolor, evitar infecciones y hasta controlar tumores



El veneno de los ciempiés del orden de los escolopendromorfos es el que más se ha investigado con fines terapéuticos en los últimos 30 años. Al ser este veneno una mezcla de sustancias que son utilizadas por los ciempiés para destruir las células de sus presas, los científicos han logrado identificar y aislar aquellas que pueden ser utilizadas para eliminar células anormales (como las del cáncer). De igual forma, como el veneno afecta el sistema nervioso de la presa para inmovilizarla, estas mismas sustancias activas han sido empleadas para calmar el dolor en una persona.

Su imagen en la cultura mexicana

Por su condición de habitantes del suelo y, en ocasiones de cuevas, los ciempiés cautivaron a los antiguos mexicanos. Su imagen aparece como decorativa en vasijas (Fig. 3), simbólica en códices y asociada con representaciones de deidades de la tierra, agrícolas y del inframundo o mundo de los muertos.

De igual manera, la leyenda yucateca del señor Escolopendra, Ek-chapat, narra cómo un monstruoso ciempiés aguardaba a la orilla de los caminos de la selva por despistados y solitarios viajeros para devorarlos. Eso sí, sólo los devoraría siempre y cuando fallaran en responder acertadamente a sus ingeniosos acertijos o adivinanzas. Como era de esperarse, las personas siempre fracasaban en su intento de ofrecerle una respuesta correcta.



Figura 3. “Vaso del Ciempiés”. Sala 9, Culturas de la Costa del Golfo, Museo Nacional de Antropología de la Ciudad de México. La Vasija procede de la localidad de Los Otates, Veracruz. Su elaboración se atribuye a la cultura Totonaca. Está fechado en el año 750 de nuestra era. Sus dimensiones son 16 cm de ancho por 19 cm de alto. (Foto del autor).



Hoy día, los ciempiés siguen presentes en algunas de las expresiones populares más bonitas y llenas de conocimiento: los refranes. Así, tenemos que “si te pica un ciempiés, en la cama estarás un mes”, o evitar realizar muchas tareas a la vez, pues puede provocar gran agotamiento. Otro es “meter más la pata que un ciempiés”, que sentencia sobre cometer muchos errores por no prestar atención. Finalmente, esta aquel que dice “tener más patas que un ciempiés”, en referencia a tener o desarrollar muchas habilidades.

Así mismo, en todas las cosas que hagamos en nuestra vida, hay que evitar ser como aquel ciempiés del que nos habla el poeta argentino Juan Gelman (1930-2014), al que una arañita lo detuvo en su camino y le preguntó cómo le hacía para caminar, si primero movía los 50 pies derechos o los 50 pies izquierdos. Ante tal interrogante, el ciempiés sólo se quedó pensando para nunca más volver a caminar.

Los antiguos pobladores del centro de México llamaban *petlazolcoatl* al ciempiés; es decir, el animal con forma de serpiente que parece el borde deshilachado de un petate viejo

Conclusiones

Aún falta mucho por descubrir sobre estos interesantes animales. Algunos investigadores estiman que el número de especies que habitan en México es más del doble del que actualmente se ha encontrado. El potencial de su veneno como medicamento, es desconocido en la mayoría de los ciempiés presentes en el país. En otras partes del mundo se ha estudiado a fondo su relación con la salud de los ecosistemas, por lo que debemos poner manos a la obra para saber cómo es en nuestro territorio y cómo están influyendo en esta relación los efectos dramáticos del calentamiento global y el cambio climático.





Literatura recomendada

Cupul-Magaña, F. G. (2013). La diversidad de los ciempiés (Chilopoda) de México. *Dugesiana*, 20(1), 17-41.

Shelley, R. M. (1999). Los ciempiés y milpiés, con énfasis en la fauna de América del Norte (Traducción José G. Palacios Vargas). *Mundos Subterráneos*, 10, 2-16.

Vela, E. (2019). Insectos en Mesoamérica. *Arqueología Mexicana*, 86, 8-90.

Semblanza de autor

Fabio Germán Cupul-Magaña 1*. Treinta años como profesor-investigador en la carrera de biología del Centro Universitario de la Costa. Nivel I del Sistema Nacional de Investigadores. Publicados más de 10 libros de divulgación en la serie la Ciencia para Todos del Fondo de Cultura Económica, y editoriales Gente Nueva (Cuba) y Universidad de Guadalajara.

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>



El chicalote: una ayuda amigable para el tomate enfermo

Iridiam Hernández-Soto¹
Juan Ocampo-López²
Celeste Ricardo-Bravo²
José Manuel Pinedo-Espinoza³
Alma Delia Hernández-Fuentes^{1*}

¹ Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Universidad Km. 1, Rancho Universitario, Tulancingo 43600, Hidalgo, México.

² Laboratorio de Histología e Histopatología, Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

³ Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Agronomía. Zacatecas, Zacatecas, México.

*Autor para correspondencia: almah@uaeh.edu.mx



El tomate enfrenta la amenaza del tizón tardío causado por el hongo *Phytophthora infestans*. Actualmente, se busca una alternativa amigable al uso intensivo de fungicidas químicos, y se ha investigado el uso de la planta maleza *Argemone mexicana*, con el nombre común de chicalote. El extracto de chicalote aplicado directamente a las hojas (foliarmente) en plantas de tomate tiene efectos positivos, promoviendo un mayor crecimiento y reduciendo el daño causado por el tizón tardío.

Introducción

México ocupa el décimo lugar mundial en la producción de tomate con 3,461,766.43 toneladas anuales, siendo uno de los alimentos más populares en todo el mundo. Sin embargo, enfrenta problemas con enfermedades, como el tizón tardío, causado por un hongo llamado *Phytophthora infestans*. Esta enfermedad se propaga rápidamente en condiciones húmedas y temperaturas entre 23 y 27 °C, pudiendo matar las plantas entre los siete y diez días. Para combatirla, se utilizan principalmente fungicidas químicos, pero su uso excesivo tiene efectos negativos en la salud y el medio ambiente. Para resolver este problema, se buscan opciones más amigables con el entorno, como el uso de la planta *Argemone mexicana*, conocida como chicalote. Esta planta, a pesar de ser considerada maleza, ha demostrado en diversos estudios que produce compuestos útiles para controlar enfermedades y mejorar el crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate.





¿Cómo determinamos la efectividad del chicalote?

El tizón tardío en el tomate es causado por un hongo, el cual puede comprometer la producción de 3.4 millones de toneladas al año de tomate en México

Se colectaron muestras de chicalote, posteriormente se hizo un extracto de las hojas completamente secas, para después elaborar una solución líquida y aplicarla de manera foliar en tomate. Se establecieron plantas de tomate en un invernadero. Cuando las plantas tenían un mes de trasplante se inocularon con *P. infestans*. Se consideraron diferentes tratamientos en el cultivo de tomate: (1) plantas sanas con la aplicación foliar de chicalote [Exam]; (2) plantas con el hongo y la aplicación foliar de chicalote [Infest + Exam]; (3) plantas enfermas con aplicación del fungicida comercial captan [Infest + Captan]; (4) plantas con el hongo sin aplicaciones adicionales [Infest]; (5) plantas sanas sin aplicaciones adicionales [Control]. Todas las plantas de tomate recibieron un riego y nutrición constante y acorde a la etapa de desarrollo del cultivo. Las plantas destinadas a la aplicación foliar recibieron cinco aplicaciones de chicalote, con dos semanas entre cada aplicación. Después de tres meses de trasplante, se midió la altura de la planta, se contó el número de flores por planta y se colectaron muestras de hojas para analizarlas en un microscopio óptico y determinar el nivel de daño ocasionado por *P. infestans* en el cultivo de tomate (Fig. 1).

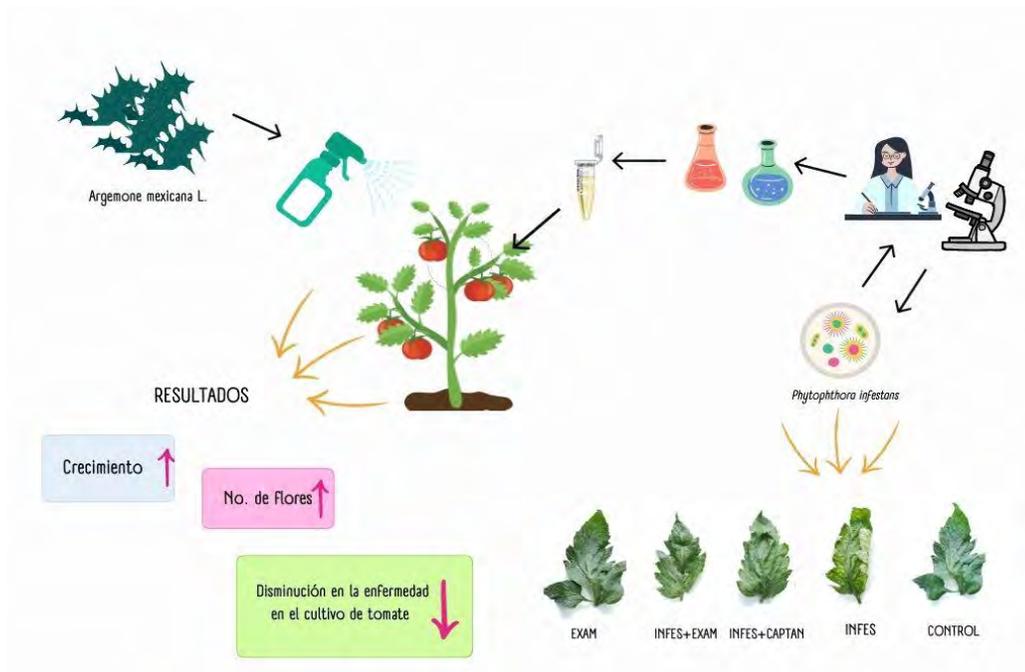


Figura 1. Actividades realizadas para conocer el efecto de la aplicación foliar de chicalote en plantas de tomate.



El chicalote ayuda al crecimiento de las tomateras



Los resultados recabados mostraron que la aplicación foliar de chicalote en las plantas de tomate tiene un efecto positivo en el cultivo, por ejemplo, para la altura (Fig. 2), las plantas sanas que recibieron la aplicación de chicalote crecieron un 34% más en comparación a las plantas enfermas sin aplicaciones adicionales. Incluso las plantas enfermas con aplicación de chicalote y las enfermas con aplicación de captan crecieron 11% y 5% respectivamente. Las plantas enfermas redujeron su crecimiento en un 28% en comparación al tratamiento plantas sanas sin aplicaciones. En el caso del número de flores por planta (Fig. 2), estas se redujeron un 44% en las plantas enfermas si se compara con las plantas que recibieron la aplicación foliar de chicalote y se encontraban sanas. La aplicación foliar de chicalote en plantas sanas incrementó un 20% el número de flores en comparación del tratamiento plantas sanas sin aplicaciones. Plantas enfermas con aplicación de chicalote o de captan presentaron una mayor cantidad de flores con un 41% y 33% respectivamente en comparación con las plantas sanas sin aplicaciones.

Se realizaron experimentos en invernadero para probar el efecto del chicalote en las plantas de tomate y se encontró que aquellas tratadas con chicalote crecieron más y tuvieron más flores

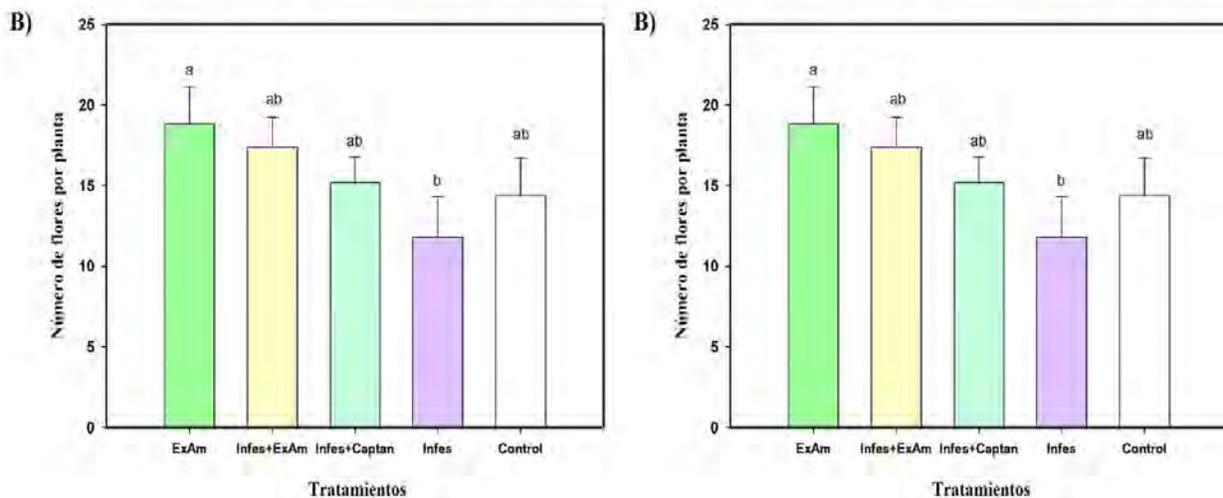


Figura 2. a) Resultados de altura de la planta. b) Resultados del número de flores por planta tras recibir diferentes tratamientos. Letras diferentes en las barras indican diferencias entre los tratamientos.



Las plantas tratadas con chicalote mostraron menos daños causados por la enfermedad en comparación con las plantas no tratadas o tratadas solo con fungicidas químicos

Los resultados obtenidos después de visualizar los signos de la enfermedad en invernadero y en microscopio se muestran en la Figura 3. Las hojas se mantuvieron con ausencia de la enfermedad, los tejidos están completos e incluso hay un mayor contenido de cloroplastos si se compara con el resto de los tratamientos (Fig. 3a). En el caso de las plantas enfermas con aplicación del

fungicida comercial captan, se puede visualizar daños en el borde de la hoja y presencia de esporas en la estructura de las hojas (Fig. 3b), sin embargo, las esporas no desarrollan hifas, si se comparan con el tratamiento plantas con el hongo sin aplicaciones (Fig. 3e). En las hojas de tomate con *P. infestans* y la aplicación foliar de fungicida comercial captan se puede apreciar la presencia de esporas y daños en el resto de los tejidos (Fig. 3c), si bien hubo ausencia de hifas, los daños posiblemente se deban a la aplicación del fungicida comercial, lo cual resulta contraproducente para el cultivo de tomate. En la Figura 3d se aprecian los signos característicos del tizón tardío, así como la presencia de hifas que invaden las estructuras celulares. También se aprecia que las plantas sanas sin aplicaciones, las hojas permanecieron ausentes de la enfermedad que era lo esperado y un abundante contenido de cloroplastos (Fig. 3e).

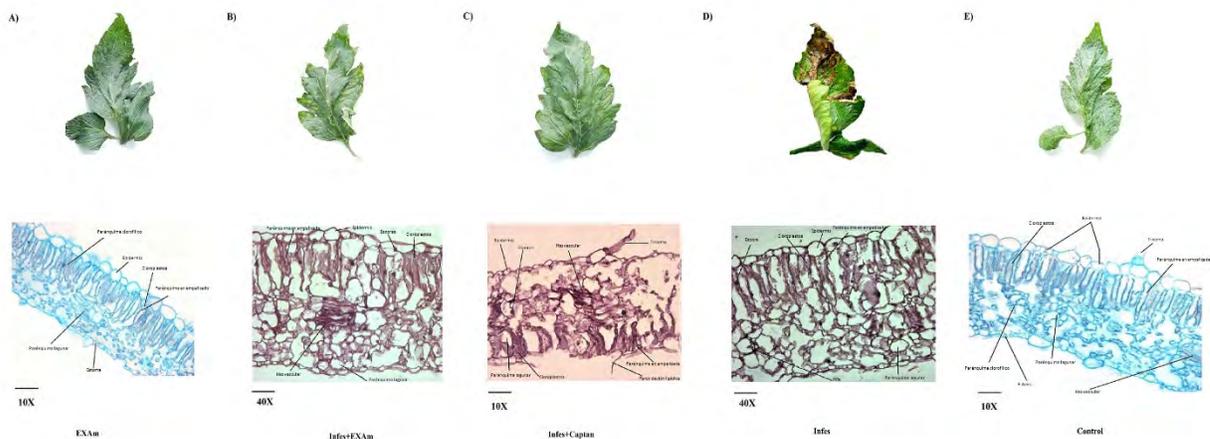


Figura 3. a) hojas de plantas sanas de tomate con aplicación foliar de chicalote. b) hojas de plantas de tomate con *P. infestans* y aplicación foliar de chicalote. c) hojas de plantas de tomate con *P. infestans* y aplicación foliar de fungicida comercial. d) hojas de plantas de tomate con *P. infestans*. e) hojas de plantas sanas de tomate sin tratamiento adicional.



Conclusiones

El cultivo de tomate en México es de gran importancia económica, pero a veces una enfermedad llamada tizón tardío puede hacerle daño. Para protegerlo sin usar cosas perjudiciales para el medioambiente, se utilizó una planta conocida comúnmente como chicalote. La aplicación foliar del chicalote en las plantas de tomate, resultó en un mayor crecimiento y una mayor producción de hojas. Además, cuando se observaron las hojas en un microscopio, a las que se les aplicó chicalote estaban más sanas. Los resultados indican que el uso de chicalote puede ser una buena alternativa para combatir el tizón tardío en las plantas de tomate, menos perjudicial para el ambiente. Sin embargo, se requieren estudios adicionales para confirmar los presentes resultados.

El uso de la planta chicalote puede ayudar a controlar la enfermedad y mejorar el crecimiento del tomate

Literatura recomendada

Benítez, S. V., de León, W., & Hoyos, L. M. (2010). Histopatología De La “Mancha De Aceite” En Gulupa (*Passiflora edulis* Sims). *Fitopatología Colombiana*, 34 (1), 5-9.

Orona-Castillo, I., Del-Toro-Sánchez, C. L., Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P., Espinoza-Arellano, J. J., Rueda-Puente, E., & Cano-Ríos, P. (2022). Indicadores técnico-económicos de la producción del cultivo de tomate bajo agricultura protegida en la Comarca Lagunera, México. *Biotecnia*, 24(3), 70-76.

Semblanzas de autores

Ing. Iridiam Hernández-Soto. Ingeniera Agrónoma y Doctorante en Ciencias Agropecuarias por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Su línea de investigación se enfoca en el uso de extractos vegetales a base de malezas para controlar hongos fitopatógenos y como bioestimulantes en cultivos de interés comercial.

Dr. Juan Ocampo-López. Doctor en Ciencias en la especialidad de Biología Celular, por el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN. Médico Veterinario Zootecnista, por la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (UNAM). Profesor de tiempo completo en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Su línea de investigación: Histología e histopatología de los quirópteros del estado de Hidalgo.





Celeste Ricardo-Bravo: Pasante Médico Veterinario Zootecnista, por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Su línea de investigación se enfoca en Histología e histopatología de tejidos vegetales y animales.

Ing. José Manuel Pinedo-Espinoza. Ingeniero Agrónomo por la Universidad Autónoma de Zacatecas, Doctor en Ciencias en Producción Agroalimentaria por el Instituto Tecnológico De Roque, Profesor de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Zacatecas. Su línea de investigación se enfoca en Compuestos bioactivos y actividad antioxidante durante la maduración de frutos.

Dra. Alma Delia Hernández-Fuentes. Ingeniera Agrónoma Fitotecnista por la Universidad Autónoma Chapingo, Maestra en Ciencias Agropecuarias y Doctora en Ciencias Agrícolas por el Colegio de Postgraduados, Profesora-Investigadora de Tiempo Completo en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo; Su línea de investigación: Fisiología y Tecnología Postcosecha de Frutas, Hortalizas, Granos y Semillas.

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>



¡Desechos a mi provecho! el papel de los bichos del suelo

Maira Montejo-Cruz^{1,2*}
Margarita Ojeda¹

¹ Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, CDMX, México.

² Posgrado en Ciencias Biológicas. Unidad de Posgrado. Edificio D. Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, CDMX, México.

*Autor para correspondencia: maimontejo@outlook.es, 5548651233

En el suelo la descomposición de los desechos orgánicos está dirigida por las interacciones que establecen los bichos; hongos, bacterias y animales, ayudando a la incorporación de nutrientes. Un sistema de compostaje es un entorno apropiado que no solo mantiene a estos actores de la descomposición, sino también a otros que se alimentan de ellos, y que formarán parte del producto final, la composta.

Introducción

El suelo es uno de los sistemas más complejos y menos comprendido en la naturaleza, en él se llevan a cabo distintas funciones esenciales para el mantenimiento de los ecosistemas, como la regulación del clima, el reciclaje de nutrientes y la descomposición de los desechos orgánicos. Por lo cual, no es sorpresa que también sea uno de los lugares con mayor biodiversidad en el planeta.

Se estima que más de 360,000 especies de bichos habitan el suelo, y la mayor parte participa activamente en la descomposición de los desechos (materia orgánica), desempeñando papeles muy variados. Se proporciona un breve panorama sobre la función que tiene los bichos (biota), especialmente ácaros y colémbolos, en la transformación de los desechos orgánicos, las relaciones que se establecen entre ellos y los factores como temperatura, humedad y pH que las modulan, esto con el fin de comparar qué pasa en los sistemas de compostaje.





Desarrollo

La descomposición de los desechos orgánicos, es un proceso fundamental para mantener la productividad y la fertilidad de los ecosistemas. La biota del suelo está compuesta por: bacterias, hongos, protozoarios, nematodos, ácaros, colémbolos, hormigas, lombrices, termitas, entre otros muchos. Todos interactuando entre ellos y dentro del suelo.

Para el reconocimiento de los bichos del suelo se utiliza el tamaño, formando tres categorías generales (Figura 1): microbiota y microfauna, organismos que miden menos de 100 μm ; mesofauna con rangos de tamaño entre 100 μm a 2 mm, y macrofauna, organismos de más de 2 mm.

Se estima que más de 360,000 especies de bichos habitan el suelo.

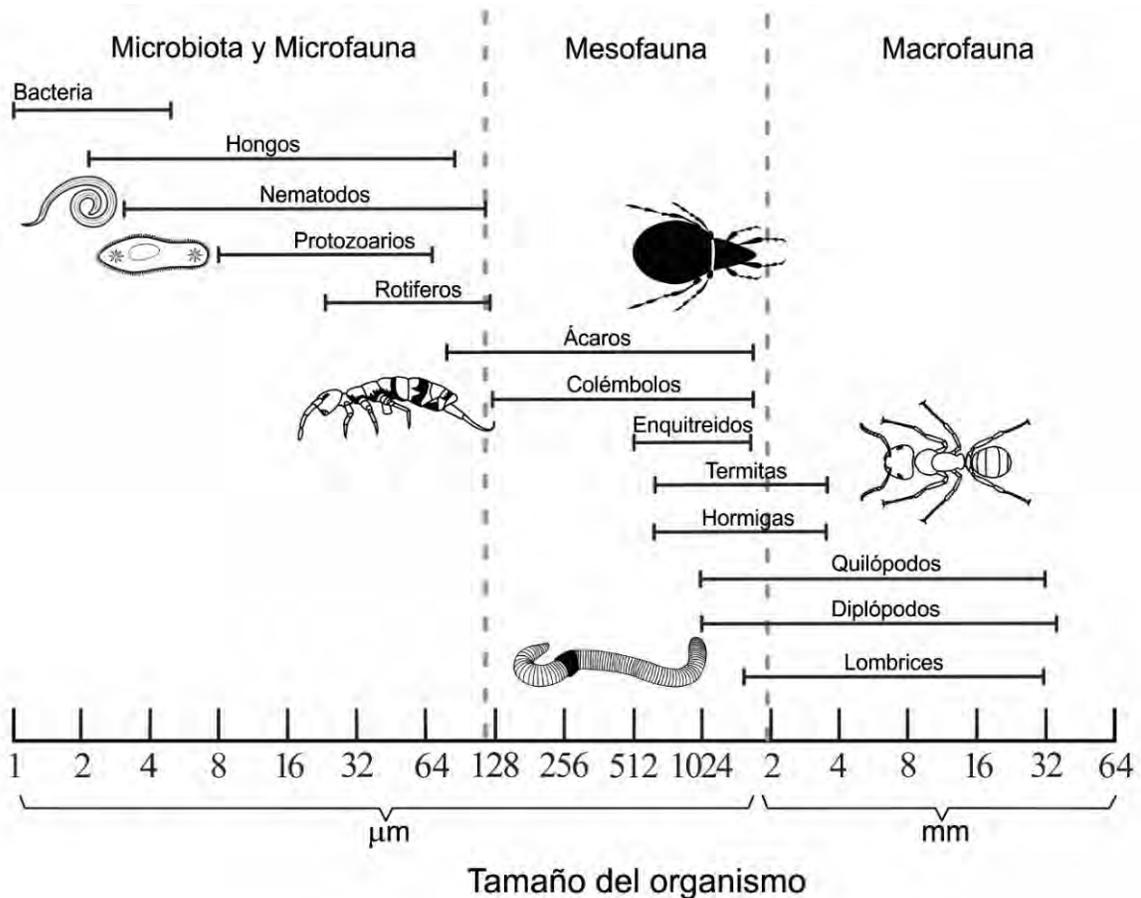


Figura 1. Clasificación de los organismos del suelo de acuerdo con su tamaño.



Hongos y bacterias (microbiota) son los encargados de la modificación química del mantillo actuando como descomponedores primarios. Por su parte, la microfauna, mesofauna y macrofauna regulan las poblaciones de la microbiota, funcionando como descomponedores secundarios. La descomposición de los materiales de desecho está modulada por las interacciones que establece la mesofauna, en especial ácaros y colémbolos, con hongos y bacterias, al igual que factores como el clima, en particular la temperatura y la humedad.

Papel de los bichos del suelo en la descomposición y redes tróficas

La contribución de los bichos del suelo en la descomposición es considerable y ejerce un efecto positivo en el ecosistema. Hongos y bacterias actúan directamente al transformar químicamente los desechos, siendo los descomponedores primarios; indirectamente algunos ácaros oribátidos y colémbolos (descomponedores secundarios), capaces de modificar su dieta dependiendo de los recursos disponibles actúan en la fragmentación y mezcla de estos materiales (Figura 2); y la construcción de galerías y nidos, que modifican la estructura del suelo y la distribución de los recursos mediante los ingenieros ecosistémicos.

El estudio de las interacciones entre todos estos bichos del suelo ha permitido entender el impacto que tienen en los procesos de descomposición y el reciclaje de nutrientes. Los distintos efectos de la biota del suelo dependen de la cantidad y tipo de organismos presentes, y de las condiciones que los rodean, como temperatura y humedad.

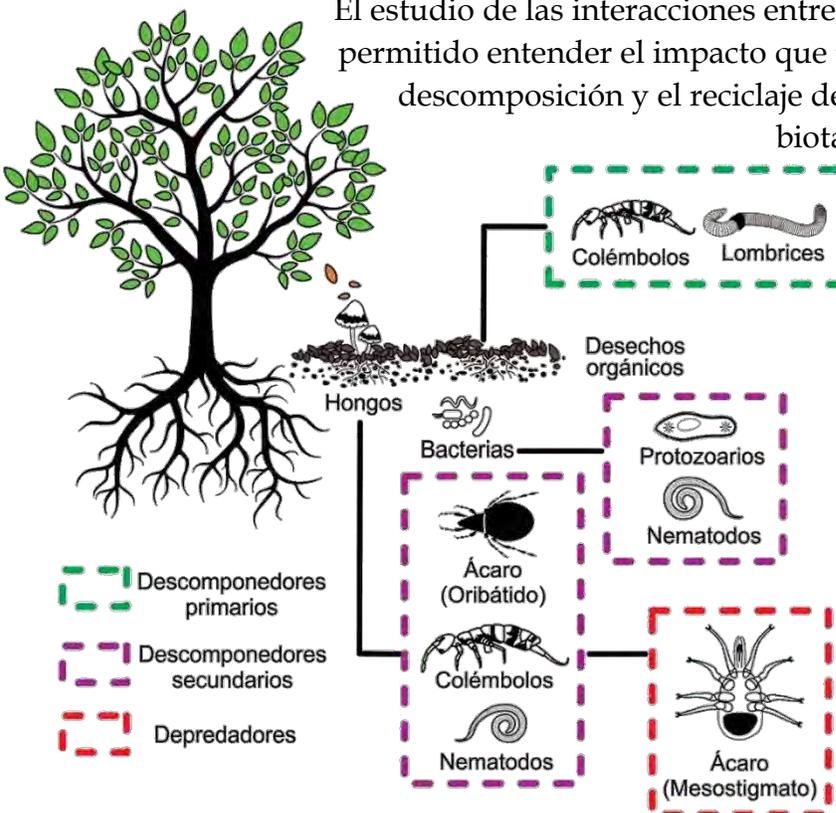


Figura 2. Representación de las interacciones entre los principales grupos asociados a la descomposición de los desechos orgánicos.



Más allá de los bichos, otros factores que intervienen en la descomposición

La biota del suelo está compuesta por: bacterias, hongos, protozoarios, ácaros, colémbolos, lombrices, termitas, entre otros muchos

La descomposición está afectada por tres factores: clima, calidad del material y la biota, siendo los dos primeros quienes explican más del 70% de la variación en la velocidad de la descomposición. La temperatura y la humedad son dos variables del clima esenciales, ya que el aumento de la temperatura (entre los 25-30 °C), incrementa la actividad, lo que acelera la descomposición. Por su parte, la humedad cuando es baja entre el 30-50% en peso seco del suelo esta actividad disminuye. Esto explica por qué en los ecosistemas tropicales, donde hay mayor humedad y temperaturas cálidas, la descomposición es muy rápida en comparación con ecosistemas templados con bajas temperaturas.

Otro sistema de descomposición: La composta

La composta es un abono orgánico que se forma por la acción de la biota en desechos de diverso origen, acomodados en capas y sometidos a un proceso de descomposición controlado. Los bichos que llevan a cabo esta descomposición ocurren de manera natural en el ambiente. El método para producir este tipo de abono es económico y fácil de implementar y es de gran utilidad para los suelos agrícolas ya que mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Su importancia radica en: ayudar al crecimiento de las plantas al ofrecer una fuente de nutrientes, aumentar la capacidad de retención de humedad del suelo, amortiguar los cambios de pH en el suelo y disminuir los cambios bruscos de temperatura. Además se ha observado que logra la descomposición parcial o casi completa de algunos residuos agrotóxicos e incrementa la fertilidad del suelo

El proceso se divide en cuatro etapas mediadas por la temperatura (Figura 3); 1) mesofílica, la etapa inicial donde se comienza la degradación de azúcares y aminoácidos, por bacterias y hongos, y el pH decrece ligeramente; 2) termófila, bacterias, actinomicetos y hongos termófilos (sobreviven en altas temperaturas) comienzan a degradar grasas, celulosa, hemicelulosa y lignina, las temperaturas llegan hasta los 70°C y dura entre una y tres semanas; 3) enfriamiento, se agotan las fuentes de carbono (C) y nitrógeno (N), baja la actividad biológica, la temperatura es de 40-45°C; y por último, 4) la etapa de maduración, puede demorar meses y ocurre a temperatura ambiente.



Se han observado hasta 41,000 colémbolos en una pila de composta.

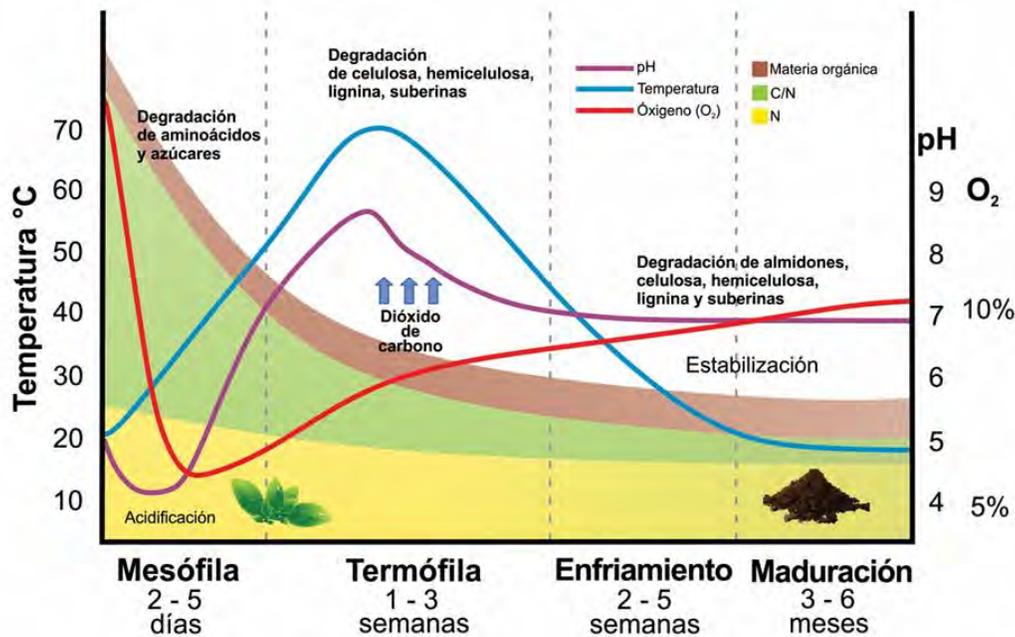


Figura 3. Fases del proceso de compostaje y diversas características asociadas a estas. Relación carbono/nitrógeno (C/N) y nitrógeno (N).

El proceso de compostaje y la calidad de la composta dependen directamente de su composición inicial, por ejemplo, las elaboradas de residuos verdes (hierbas, hojas, ramas, troncos) presentan una relación alta de C:N (más de 30) y pocos nutrientes esenciales, como el potasio (K) y fósforo (P), haciendo que el proceso de compostaje sea prolongado y la composta resultante no sea el mejor fertilizante; para evitar esto se recomienda la adición de otros desechos animales, como estiércol.

Los grupos de bichos predominantes en el material de origen suelen mantenerse a lo largo del proceso, aunque existen fluctuaciones en las poblaciones. Una baja actividad y disminución de estos en conjunto son buenos indicadores de una composta estable y madura, si sólo se observa disminución de la actividad pero no de la cantidad, probablemente se trate de un estado de latencia que puede ser reactivado más adelante, es decir, la composta aún no está madura.

El proceso de descomposición de las compostas es similar a la descomposición de los desechos orgánicos en los ambientes naturales.



Existe poca información acerca de los bichos presentes durante el proceso de compostaje pero al igual como ocurre en los ambientes naturales, en la composta se encuentra a todos los grupos de la biota; microbiota, micro, meso y macrofauna. Se han observado hasta 41,000 colémbolos en una composta municipal, y su relación positiva con distintos nutrientes. Por otro lado, otros bichos, como los nematodos han sido propuestos como indicadores de la maduración, al observar un marcado cambio en sus comunidades.



Aunque faltan estudios sobre los bichos en las compostas podemos hacer ciertas inferencias. Por ejemplo, grupos como ácaros y colémbolos podrían seguir un comportamiento similar al observado en los nematodos. Las especies que se alimentan de hongos (fungívoras) se vuelven dominantes al final del proceso de compostaje. La relación alta de C:N, favorece la proliferación de hongos y por ende de fungívoros; y relaciones bajas de C:N facilitan el crecimiento de bacterívoros (se alimentan de las bacterias) en las primeras etapas de compostaje.

Conclusiones

El proceso de descomposición de las compostas es similar a la descomposición de los desechos orgánicos en los ambientes naturales, ya que participan los mismos grupos de bichos descomponedores, bacterias, hongos y mesofauna. Las diferencias más importantes se encuentran en el tipo y cantidad de estos organismos, ya que pocos resisten la constante manipulación de los desechos y el aumento de las temperaturas que sufre el composteo.

El estudio de la biota en los sistemas de compostaje, es esencial, en especial colémbolos y ácaros, debido a que son excelentes indicadores y elementos para mejorar los procesos de compostaje. Puesto que estos bichos son cosmopolitas, presentan altos números, establecen diferentes relaciones con otros grupos, tienen amplios rangos de sensibilidad a diferentes factores y los métodos de extracción e identificación son económicos y accesibles.





Literatura recomendada

Román P., Martínez M. & Pantoja A. Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; 2013.

Socarrás, A. (2013). Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. Pastos y forrajes, 36(1), 5-13.

Briones MJI. Soil fauna and soil functions: a jigsaw puzzle. Front. Environ. Sci. 2014;2:1-22. doi: 10.3389/fenvs.2014.00007 Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2014.00007>

Semblanzas de autores

Maira Montejo-Cruz. Candidata a Doctora en Ciencias por parte de la UNAM. Pertenece al Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos, Facultad de Ciencias, UNAM desde el 2012. Ha trabajado en la ecología y sistemática de distintos microartrópodos del suelo, en especial con colémbola y díptera.

Margarita Ojeda Carrasco. Doctora en Ciencias por la UNAM. Sus líneas de investigación se enfocan en conocer la diversidad y el papel ecológico de los ácaros del suelo. Actualmente es profesora en la Facultad de Ciencias de la UNAM y miembro del SNI del CONAHCYT.



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>



El hongo amigo que protege los árboles de manzana

Melissa Madrid Molina¹
Sandra Pérez Álvarez^{2*}
Esteban Sánchez³
César Marcial Escobedo Bonilla⁴

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

² Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua, Km 2.5, carretera Delicias-Rosales, Campus Delicias, CD. Delicias, Chihuahua, México, CP. 33000

³ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Unidad Delicias, Av. Cuarta Sur 3828, Delicias, Chihuahua, México, CP. 33089

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

*Autor para correspondencia: spalvarez@uach.mx

El estado de Chihuahua es el principal productor de manzanas en México; sin embargo, las plagas y enfermedades pueden disminuir el rendimiento de este cultivo. *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia* spp. son los géneros de dos hongos patógenos que habitan el suelo cerca de las raíces del árbol y producen pudrición de cuello y raíz. Para el control de estos hongos se suele utilizar el control químico; sin embargo, el uso de organismos antagonistas permite disminuir la aplicación de estos compuestos y protege el ambiente.

Introducción

La manzana (*Malus × domestica* Borkh.) representa un importante cultivo en México. El estado de Chihuahua es el primer productor nacional con un total de 688,788.72 toneladas producidas en 2022.

Los árboles de manzana pueden verse afectados por diversos hongos patógenos que causan enfermedades como marchitez, pudrición del cuello y la raíz. Entre los hongos patógenos mencionados se encuentran *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia* spp.





Los hongos que dañan a los cultivos son comúnmente controlados mediante la aplicación de fungicidas químicos, así como prácticas culturales tradicionales, pero cada vez se están adoptando más enfoques biológicos que son efectivos y respetuosos con el ambiente, como lo es el uso de hongos amigos, dentro de los cuales destacan los del género *Trichoderma*.

Desarrollo

En el suelo vive una gran variedad de microorganismos y muchos de ellos desempeñan roles importantes en los ecosistemas agrícolas. Estos microorganismos incluyen bacterias, hongos, virus y otros organismos unicelulares. Algunos de ellos son benéficos para los cultivos agrícolas, como es el caso de las bacterias fijadoras de nitrógeno y las especies del género *Trichoderma*, mientras que otros son patógenos y causan enfermedades en las plantas como *Fusarium* y *Rhizoctonia*.

Fusarium spp. es un género de hongos patógenos que se asocian comúnmente con enfermedades de raíz en huertos de manzanos y en una amplia variedad de otros cultivos. Estos hongos causan enfermedades del sistema radicular, como la podredumbre de raíz, que afecta negativamente el crecimiento y la salud de los

árboles frutales, incluidos los manzanos. Los síntomas típicos de las enfermedades de raíz causadas por este hongo en manzanos incluyen: Marchitez y debilidad de las hojas y ramas; reducción en el crecimiento y desarrollo del árbol; amarillamiento y caída prematura de las hojas; disminución en la producción de frutos y necrosis y, descomposición de las raíces.

Rhizoctonia spp. es un género de hongos fitopatógenos que incluye varias especies responsables de causar enfermedades en una amplia variedad de plantas, incluidos los árboles de manzana. Una de las enfermedades más comunes en dichos árboles es el ahogamiento de las plántulas y los síntomas incluyen un marchitamiento repentino, seguido de la muerte; las raíces de las plántulas afectadas pueden observarse blancas o marrones lo que evidencia la presencia del hongo.

A



El estado de Chihuahua es el principal productor de manzanas en México; sin embargo, las plagas y enfermedades pueden disminuir el rendimiento.



Otra enfermedad es la pudrición de las raíces, también conocida como "pudrición de raíz *Rhizoctonia*" que afecta las raíces de los árboles de manzana más grandes y maduras y sus síntomas incluyen la pudrición de las raíces, que se tornan marrones y necróticas; esto puede llevar a un crecimiento deficiente, un menor rendimiento y, en casos graves, la muerte del árbol.

El uso de microorganismos amigos o benéficos para el control de plagas y enfermedades en la agricultura, como las especies del género *Trichoderma*, es una estrategia importante y sostenible para reducir la contaminación ambiental causada por el uso excesivo de químicos. Algunas razones por las que las especies de este género son ampliamente estudiadas y utilizadas como biocontrol en la agricultura son:

- Adaptabilidad y versatilidad; facilidad en la manipulación; resistencia al estrés abiótico (sequía y altas temperaturas);
- Compatibilidad con otros métodos de control de plagas como rotación de cultivos y la aplicación de fertilizantes orgánicos, para lograr un enfoque holístico y sostenible en la gestión de plagas y enfermedades;
- Por último, la acción contra hongos patógenos que viven en el suelo mediante la secreción de enzimas y compuestos antimicrobianos que inhiben su crecimiento y desarrollo, como *Rhizoctonia* y *Fusarium*.

Una de las especies del género *Trichoderma* que se puede utilizar para el control de patógenos que afectan los árboles de manzana es *Trichoderma asperellum*. Esta especie forma anillos concéntricos en su crecimiento *in vitro* y es una colonia de color verde (Figura 1) y microscópicamente tiene conidios (estructura asexual) ovalados y redondos con pigmentación de color amarillo

verdoso (Figura 2), además de las hifas (unidades estructurales de la mayoría de los hongos).

El género *Trichoderma* es una herramienta muy prometedora en el campo agrícola y frutícola no solo como agente de biocontrol sino también por:



Figura 1. Colonia de *T. asperellum* en medio Agar Papa Dextrosa.

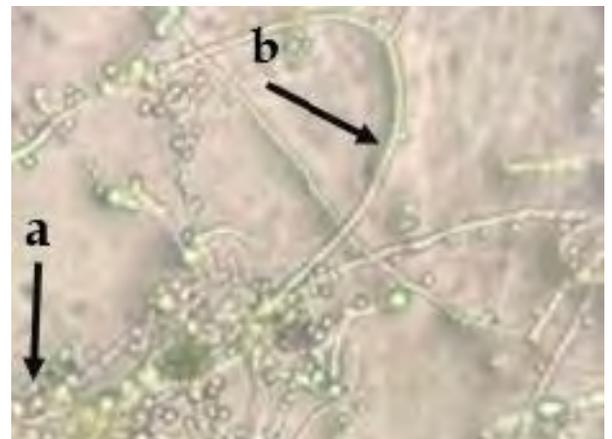


Figura 2. Estructuras microscópicas, a) conidios, b) hifas.

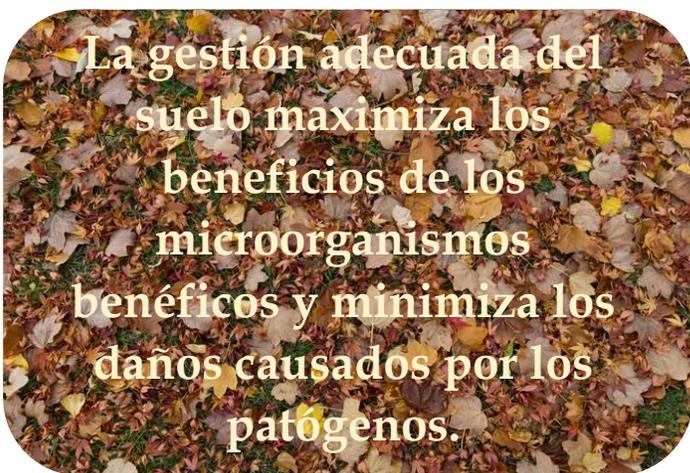


Los manzanos pueden verse afectados por diversos patógenos que causan enfermedades como marchitez, pudrición del cuello y la raíz (*Fusarium* sp. y *Rhizoctonia* sp.)

1. Inductor de Crecimiento: Además de su función como biocontrolador, *Trichoderma* también puede promover el crecimiento de las plantas. Al colonizar las raíces y el sustrato circundante, estimula el crecimiento de este órgano, aumenta la absorción de nutrientes y mejora la salud general de las plantas. Esto puede traducirse en un incremento en la producción de cultivos.
2. Tolerancia a Estrés Abiótico: *Trichoderma* ha demostrado tener la capacidad de mejorar la tolerancia de las plantas a condiciones de estrés abiótico, como sequías, salinidad y metales pesados. Esto es importante en la agricultura, ya que puede ayudar a las plantas a sobrevivir y prosperar en condiciones ambientales desafiantes.
3. Seguridad Ambiental y para la Salud Humana: Una de las ventajas clave de *Trichoderma* como herramienta en la agricultura es que es un organismo seguro para el ambiente y la salud humana. A diferencia de los fungicidas químicos, no contamina el suelo ni el agua, y no presenta riesgos significativos para los trabajadores agrícolas ni para los consumidores de alimentos.

Es importante destacar que la eficacia de *Trichoderma* spp. puede variar según la especie utilizada, así como las condiciones locales y las prácticas de manejo agrícola. Por lo tanto, es recomendable realizar estudios y pruebas específicas en el contexto de los cultivos de manzano y los suelos particulares para determinar la idoneidad y la eficacia de su aplicación en una ubicación específica.

La gestión adecuada de la microbiota (comunidad de hongos, bacterias, actinomicetos y protozoos que cohabitan y colonizan el suelo) del suelo es esencial en la agricultura para maximizar los beneficios de los microorganismos benéficos y minimizar los daños causados por los patógenos. Estrategias como la rotación de cultivos, el uso de abonos orgánicos, la aplicación controlada de químicos y el uso de organismos benéficos, son algunas de las herramientas que los agricultores utilizan para mantener un equilibrio beneficioso en el suelo y promover la salud de los cultivos.



La gestión adecuada del suelo maximiza los beneficios de los microorganismos benéficos y minimiza los daños causados por los patógenos.



Conclusiones

Trichoderma es un aliado valioso en la agricultura y la horticultura debido a su capacidad para controlar enfermedades de plantas, estimular el crecimiento, aumentar la tolerancia al estrés y su seguridad ambiental. Es una herramienta prometedora que puede ayudar a mejorar la sostenibilidad y la productividad en la agricultura y la producción de alimentos.

Las especies del género *Trichoderma*, específicamente *Trichoderma asperellum*, puede ser utilizada en huertas de manzana para controlar los patógenos causantes de enfermedades en las raíces como *Fusarium* sp, y *Rhizoctonia* sp.



Literatura recomendada

Duarte-Leal, Y., Lamz-Piedra, A., Martínez-Coca, B. (2017). Antagonismo in vitro de aislamientos de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt y Nirenberg frente a *Sclerotium rolfsii* Sacc. *Revista de Protección Vegetal*, 32(3), 1-11.

Ramírez-Legarreta, MR., Ruiz-Corral, JA., Medina-García, G., Jacobo-Cuéllar, JL., Parra-Quezada, RA., Ávila-Marioni, MR., Armando-Álvarez, JP. (2011). Perspectivas del sistema de producción de manzano en Chihuahua, ante el cambio climático. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2, 265-279.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2023). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola [Statistical Yearbook of Agricultural Production]. Consultado 12 de junio de 2023 en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/732608/Jitomate_Mayo.pdf

Semblanzas de autores

Ing. Melissa Madrid Molina. Ingeniera en Biotecnología. Actualmente se encuentra en la fase final de la Maestría en Ciencias Hortofrutícolas. Ha participado en 3 congresos dos de ellos obteniendo el primer lugar en los encuentros de Jóvenes Investigadores organizado por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Dos artículos publicados como resultado de la maestría, uno de ellos en una revista JCR (*Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*) y el otro en la revista de divulgación UNIFRUT.

Dra. Sandra Pérez Álvarez. Profesora titular C de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNI), nivel 1, líder del grupo disciplinar "Manejo sustentable de sistemas agrícolas y forestales" trabajando la LGAC Manejo de los recursos naturales para la mejora integral de sistemas agrícolas y forestales. Tiene más de 40 publicaciones en revistas indexadas, 18 capítulos de libros publicados, 8 de ellos con editorial Springer y 2 libros.



Dr. Esteban Sánchez Chávez. Investigador Titular del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 3, líder del Grupo de Investigación en Fisiología y Nutrición Vegetal. Las líneas de investigación que cultiva son: Biofortificación con micronutrientes en cultivos agrícolas, Nanotecnología aplicada a la agricultura, Nutrición de cultivos hortofrutícolas y Fisiología del estrés en plantas.

Dr. Cesar Marcial Escobedo Bonilla. Profesor Titular C en el Instituto Politécnico Nacional-CIIDIR Sinaloa. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I, líder del laboratorio de Patología y Diagnóstico Molecular del Departamento de Acuicultura del CIIDIR Sinaloa. Líneas de investigación en patología y virología de organismos acuáticos cultivados y silvestres, biocontrol de plagas agrícolas con virus, hongos e insectos. Autor o coautor de más de 30 publicaciones en revistas indizadas o de divulgación, 6 capítulos de libros y editor de un libro sobre transcriptómica de organismos acuáticos y humanos.

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>



Biofortificación con micronutrientes: Clave para combatir la desnutrición y contribuir a la seguridad alimentaria

Esteban Sánchez-Chavez^{1*}
Sandra Pérez-Alvarez²
Ezequiel Muñoz-Márquez¹
Carlos Abel Ramírez-Estrada¹
Julio César Anchondo Páez¹

¹ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Unidad Delicias. Av. Cuarta Sur # 3820, Fracc. Vencedores del Desierto. C.P. 33089. Cd. Delicias, Chihuahua, México.

² Universidad Autónoma de Chihuahua –Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Km. 2.5, carretera Delicias-Rosales, Campus Delicias. C.P. 33000. Cd. Delicias, Chihuahua, México.

*Autor para correspondencia: esteban@ciad.mx

La desnutrición por micronutrientes y la inseguridad alimentaria son problemas globales que repercuten en la salud pública mundial. La biofortificación con micronutrientes se presenta como una solución innovadora para abordar este desafío global y garantizar la seguridad alimentaria. Actualmente, existen tres principales técnicas de biofortificación: agronómica, genética y biotecnológica.

Introducción



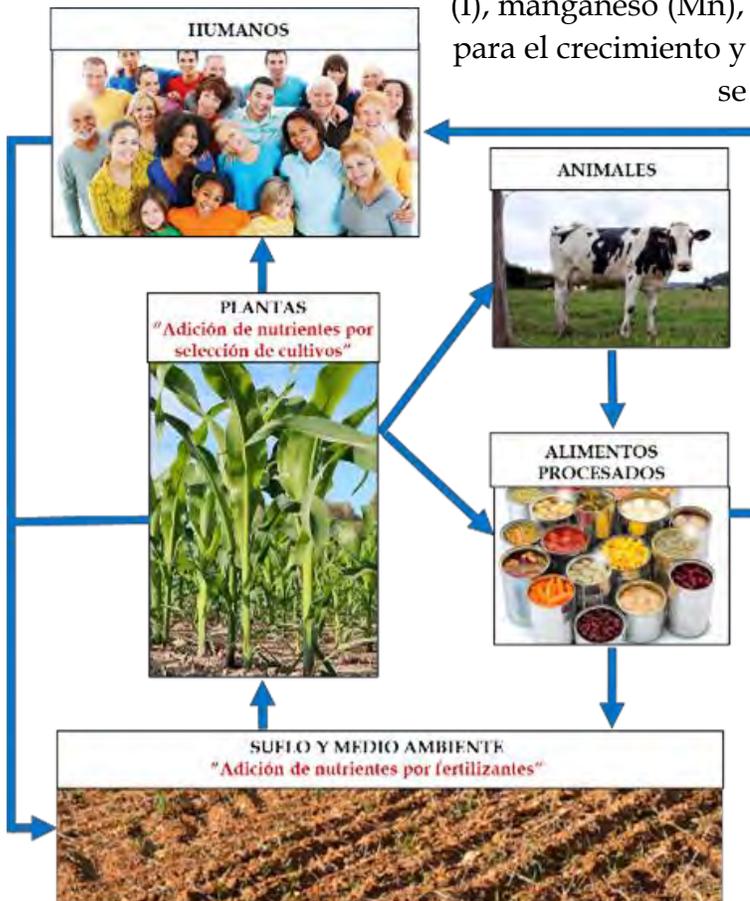
Actualmente, la desnutrición por micronutrientes y la inseguridad alimentaria son problemas globales que repercuten en la salud pública mundial, especialmente en comunidades pobres del sector urbano y rural de países en desarrollo. A menudo, la desnutrición no se limita simplemente a la falta de alimentos, sino también a la falta de nutrientes esenciales. Por otro lado, la cantidad y calidad inadecuadas de alimentos disponibles para su consumo son agentes causantes de deficiencias de micronutrientes. Así mismo, la deficiencia nutricional ha sido ocasionada, en parte, por la agricultura moderna que impulsa, principalmente, un mayor rendimiento a menor costo, dejando de lado la calidad nutricional de los cultivos.



Además, las deficiencias de micronutrientes en el suelo ocurren principalmente debido al exceso de uso de fertilizantes que exigen las variedades de cultivos de alto rendimiento, junto con la falta de suplementación con micronutrientes. En este contexto, la biofortificación con micronutrientes se presenta como una solución prometedora e innovadora para abordar este desafío global y garantizar la seguridad alimentaria.

Biofortificación: Solución innovadora

La biofortificación con micronutrientes de los cultivos básicos se presenta como una herramienta útil para combatir desnutrición de micronutrientes y seguridad alimentaria. La biofortificación es una estrategia agrícola que consiste en mejorar el contenido de nutrientes esenciales, conocidos como micronutrientes, en los alimentos que consumimos a través de la selección y mejora de los cultivos. Estos micronutrientes incluyen minerales como hierro (Fe), zinc (Zn), selenio (Se), yodo (I), manganeso (Mn), y cobre (Cu) que son fundamentales para el crecimiento y desarrollo humano. La biofortificación se logra mediante la selección de



variedades de plantas que acumulan naturalmente estos nutrientes en cantidades más altas o mediante la adición de nutrientes a través de fertilizantes específicos durante el proceso de cultivo (Figura 1).

Figura 1. Rutas claves del ciclo de nutrientes para enriquecer los niveles de nutrientes en los seres humanos partiendo del suelo y medio ambiente a través de las plantas, animales y alimentos procesados.



Micronutrientes: Importancia en la salud humana

Los nutrientes desempeñan un papel esencial en la salud humana. La deficiencia de micronutrientes, conocida como “hambre oculta”, puede tener graves consecuencias para la salud humana (Figura 2). La falta de zinc puede afectar el crecimiento, el sistema inmune, la función reproductiva, el desarrollo neurológico y está asociada a la morbilidad y mortalidad; mientras que la deficiencia de hierro provoca anemia, baja resistencia a infecciones, reduce la capacidad de aprendizaje y es causa del lento crecimiento. Por lo que, la biofortificación se convierte en una herramienta efectiva para abordar estas deficiencias y mejorar la salud de las poblaciones vulnerables.

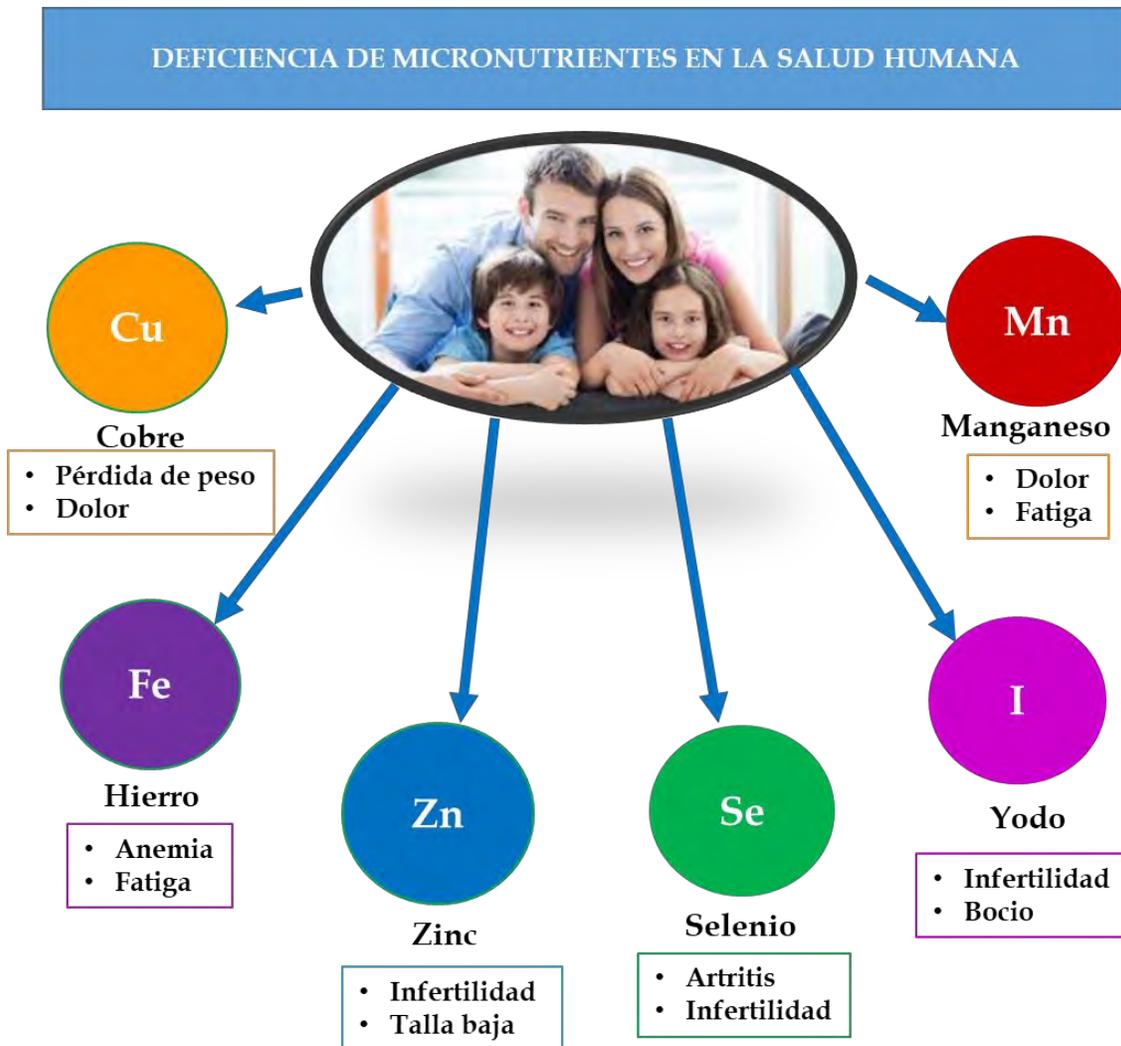


Figura 2. Efectos de la deficiencia de micronutrientes en la salud humana.



Estrategias de biofortificación en cultivos agrícolas

Actualmente, existen tres técnicas de enriquecimiento de micronutrientes para incrementar la cantidad en las porciones comestibles (Figura 3).

Biofortificación agronómica. Es una de las técnicas más utilizadas, económicas y eficientes. Por medio de la cual, se incrementan la concentración de micronutrientes esenciales en las partes comestibles de las plantas mediante la fertilización al suelo y/o aplicado al follaje. En estudios recientes, se ha visto que la fertilización con micronutrientes aplicada al follaje pudiera ser más eficiente que la fertilización al suelo, debido a que los nutrientes son más fácilmente absorbidos por las hojas en comparación a las raíces cuando se aplican al suelo. Sin embargo, la aplicación al suelo asegura un nivel suficiente de nutrientes para la absorción de raíces, mientras que la aplicación foliar aumenta la cantidad de nutrientes en la hoja para su transporte a otras partes de la planta especialmente la parte comestible de la planta.

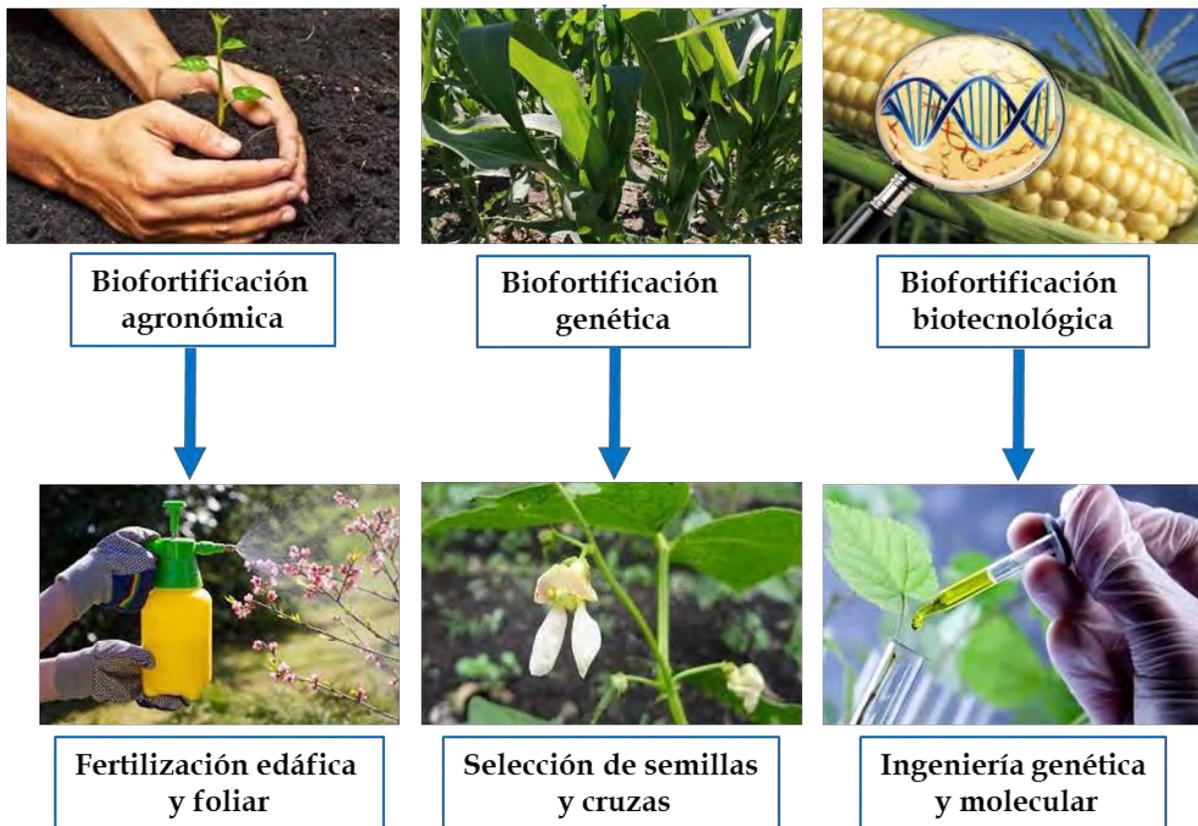


Figura 3. Técnicas de enriquecimiento de micronutrientes en plantas.



Biofortificación genética. También conocido como fitomejoramiento convencional, el cual consiste en seleccionar variedades de alto rendimiento y con un elevado contenido de nutrientes de interés y que al momento de cruzarlas produzcan plantas con características agronómicas y nutricionales deseables. Este enfoque de enriquecimiento podría ser más eficiente. Esta técnica no sólo mejora los rendimientos sino también la calidad nutricional de los cultivos. La biofortificación mediante este enfoque incluye la selección de genotipos eficientes, la práctica del cruce de plantas con características nutricionales deseables sin sacrificar la productividad agrícola y económica.

Biofortificación biotecnológica. Esta técnica implica la manipulación de genes para el movimiento de micronutrientes entre tejidos con el fin de mejorar su biodisponibilidad y aumentar su eficacia. La biofortificación genética junto con los métodos biotecnológicos son una gran herramienta para mejorar el nivel de micronutrientes en nuevos cultivares de cultivos de interés comercial.

Biofortificación: Herramienta para la seguridad alimentaria

La seguridad alimentaria es un objetivo fundamental en la lucha contra el hambre y la malnutrición. La biofortificación contribuye a la seguridad alimentaria al diversificar las fuentes de nutrientes y fortalecer los sistemas alimentarios. Cuando los cultivos se vuelven más resistentes a las plagas y las condiciones climáticas adversas, se reduce la pérdida de cultivos y se garantiza un suministro más estable de alimentos. Además, al mejorar la calidad nutricional de los cultivos, se abordan las deficiencias de micronutrientes, lo que tiene un impacto positivo en la salud de las poblaciones.

Conclusiones

La biofortificación con micronutrientes es una solución prometedora e innovadora para abordar el desafío de desnutrición por micronutrientes y garantizar la seguridad alimentaria de cultivos agrícolas básicos en comunidades pobres del sector urbano y rural. Una perspectiva a futuro es que los jóvenes investigadores trabajen en el enriquecimiento de nutrientes vegetales mediante nanofertilizantes que es un área de investigación emergente. El estudio de la biofortificación con micronutrientes es una ventana de oportunidad para su difusión y divulgación para el público en general y para los jóvenes investigadores, para que amplíen la investigación de frontera hacia otros cultivos de interés nutricional y cultural de nuestro país. Así mismo, se requieren alianzas entre el gobierno, la academia y la sociedad para transformar en una estrategia integral, el tema de biofortificación con micronutrientes.





Literatura recomendada



Dhaliwal, S. S., Sharma, V., Shukla, A. K., Verma, V., Kaur, M., Shivay, Y. S., & Hossain, A. (2022). Biofortification-A frontier novel approach to enrich micronutrients in field crops to encounter the nutritional security. *Molecules* 27(4), 1340.

Herrera, M. P. (2011). La biofortificación del arroz con micronutrientes: una estrategia nutricional que puede ser sostenible en Cuba. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición* 21(1), 153-158.

Montoya, A. M. A., & García, V. C. (2020). Biofortificación con micronutrientes: una estrategia nutricional para dietas saludables. *Revista Universidad Católica de Oriente* 31(45), 116-133.

Semblanzas de autores

Dr. Esteban Sánchez Chávez. Investigador Titular del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 3, líder del Grupo de Investigación en Fisiología y Nutrición Vegetal. Las líneas de investigación que cultiva son: Biofortificación con micronutrientes en cultivos agrícolas, Nanotecnología aplicada a la agricultura, Nutrición de cultivos hortofrutícolas y Fisiología del estrés en plantas.

Dra. Sandra Pérez Álvarez. Profesora titular C de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Del SNII nivel 1, líder del grupo disciplinar "Manejo sustentable de sistemas agrícolas y forestales" trabajando la LGAC Manejo de los recursos naturales para la mejora integral de sistemas agrícolas y forestales. Tiene más de 40 publicaciones en revistas indexadas, 18 capítulos de libros publicados, 8 de ellos con editorial Springer y 2 libros.

Dr. Ezequiel Muñoz Márquez. Técnico Académico del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) Coordinación Delicias, Chihuahua. Miembro del Grupo de Investigación en Fisiología y Nutrición Vegetal. Las líneas de investigación que cultiva son: Nutrición de cultivos hortofrutícolas, Fitopatología Nanotecnología aplicada a la agricultura.

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

M.C. Julio César Anchondo Páez. 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 se trabaja son: Nanotecnología aplicada a la agricultura, Nutrición de cultivos hortícolas y Fisiología del estrés en plantas.





Nanotecnología en la agricultura: pequeñas soluciones para grandes desafíos

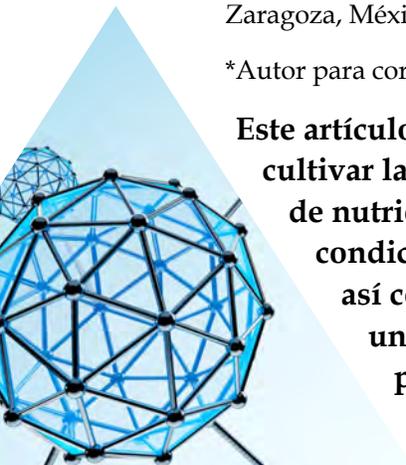
Guadalupe Magdaleno-García¹
Alonso Méndez-López^{2*}

¹ Departamento de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Doctorado en Ciencias en Agricultura Protegida. Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.

^{2*} Departamento de Botánica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.

*Autor para correspondencia: alonso1977@gmail.com Tel: 595-104-2246

Este artículo explica cómo la nanotecnología está cambiando la forma de cultivar las plantas y producir nuestros alimentos. Desde mejorar la absorción de nutrientes por las plantas hasta mitigar el estrés que ocasiona las condiciones ambientales como la alta concentración de sales en el suelo, así como aumentar la calidad de las frutas y verduras. Descubre cómo unas diminutas partículas (nanopartículas) están abriendo nuevas puertas para la agricultura y lo que esto significa en la seguridad alimentaria.



Introducción

Imagina que pudiéramos utilizar la ciencia para hacer que las plantas toleren cada vez más condiciones ambientales adversas como la salinidad, y a la vez mejorar la calidad y aporte nutrimental de los cultivos, y con ello, reducir el uso de fertilizantes químicos. Es exactamente lo que está haciendo la nanotecnología en la agricultura. Pero, ¿qué es la nanotecnología? No te preocupes, no necesitas ser un científico para descubrirlo.

La nanotecnología es considerada tecnología de vanguardia, en la que se trabaja con materiales de tamaño sumamente pequeño. Los científicos manipulan materiales y generan partículas tan diminutas que no podemos verlas sin la ayuda de un microscopio de alta potencia visual. Tienen un tamaño muy pequeño, menor a 100 nanómetros, muchísimo más pequeño que el tamaño de una bacteria. Para que tengamos una idea un cabello humano es 10,000 veces más ancho que un nanomaterial, pero a pesar de su tamaño, estos nanomateriales pueden hacer cosas asombrosas, esto se debe al cambio de sus propiedades físicas y químicas, lo que no ocurre en los materiales de tamaño macroscópico.

Al usar la dosis adecuada de nutrientes ayuda a los agricultores a gastar menos dinero en la producción de los alimentos



Entrega de nutrientes y formas de aplicación

Ahora, imagina poder suministrar los nutrientes esenciales como el zinc, cobre, hierro y calcio directamente a las plantas, en las cantidades que estas lo requieren. Efectivamente, las nanomateriales pueden hacer exactamente eso; así que, en lugar de aplicar grandes volúmenes de fertilizante químico; las nanopartículas actúan como proveedoras de los nutrientes en pequeñas dosis, suministrándolos a las plantas cuando los necesitan. ¿Por qué esto es tan importante? Al dar a las plantas la cantidad exacta de nutrientes estas pueden crecer y desarrollarse de forma



adecuada y así evitar el exceso de fertilizante que no son aprovechados y que pueden llegar al suelo y al agua, causando la contaminación ambiental. Además, al usar la dosis adecuada de nutrientes ayuda a los agricultores a gastar menos dinero en la producción de los alimentos. Pero, ¿cómo se aplican las nanopartículas a nuestros campos y cultivos? exploremos un poco las formas en que por medio de la nanotecnología podemos alimentar a nuestras plantas.

Las raíces son la puerta principal de entrada para que las plantas obtengan los nutrientes y agua del suelo (Figura 1). Las nanopartículas son lo suficientemente pequeñas para entrar por esta puerta sin inconveniente y poder moverse en el interior, a través de tejidos de conducción llamados xilema y floema, llegando así a todas las partes de la planta como tallo, hojas, flores y frutos.

Las hojas no solo se encargan de llevar a cabo la fotosíntesis, sino que también pueden absorber nutrientes a través de sus superficies (haz y envés de la hoja); los agricultores pueden usar un tipo de “aspersor de nutrientes” que contiene una solución con nanopartículas para la aplicación.

Cuando estas diminutas partículas caen en las hojas de las plantas, comienza un proceso asombroso, estas pueden penetrar la cutícula de las hojas o entrar a través de los estomas (Figura 1). Después, moverse por la epidermis hasta llegar a las células mesófilas, para finalmente liberar los nutrientes necesarios para promover el crecimiento y desarrollo.

Uno de los efectos más importantes de la nanopartículas es la reducción del uso de productos agroquímicos como fertilizantes, insecticidas o fungicidas, debido a que pueden fortalecer las defensas de las plantas contra plagas y enfermedades

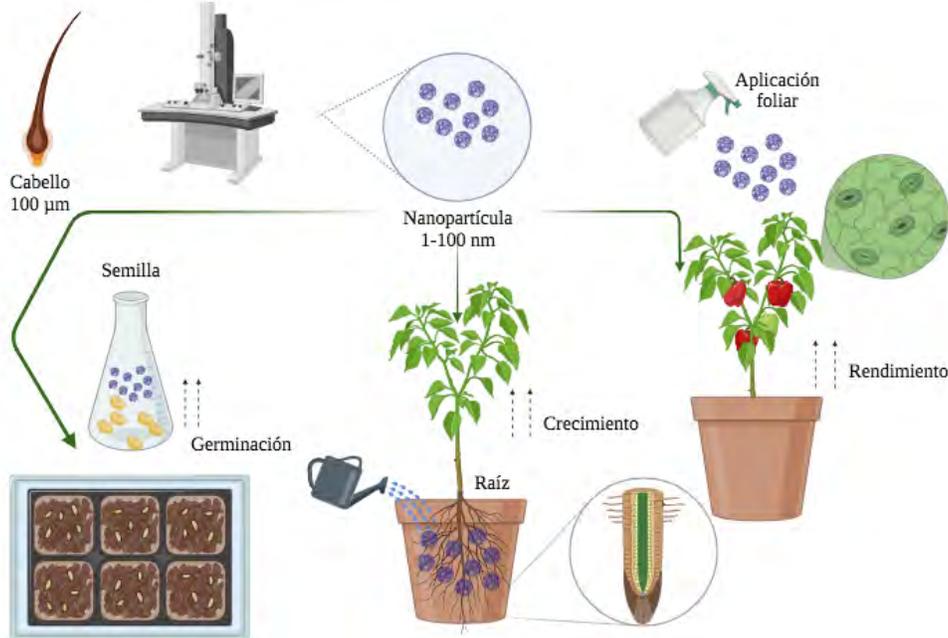
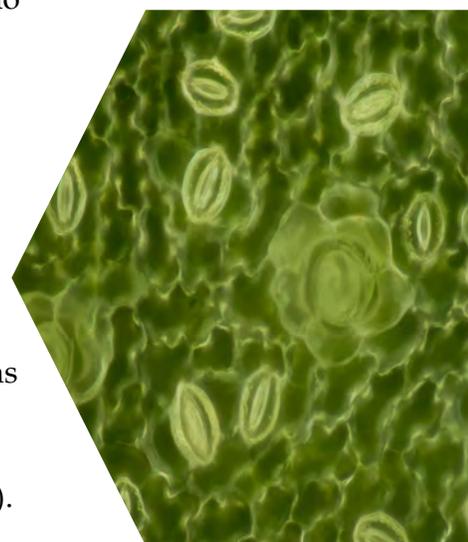


Figura 1. Formas de aplicación y efecto de nanopartículas en plantas.

Las semillas son como pequeñas cápsulas llenas de energía que están listas para convertirse en nuevas plantas (Figura 1). Pero ¿qué pasaría si pudiéramos darles un pequeño impulso extra antes de que empiecen a su proceso germinativo? el tratamiento a las semillas con nanopartículas conocido como “nano priming” puede darles un estímulo adicional y mejorar su germinación y emergencia. Esto significa que las plantas comienzan su crecimiento de manera más rápida y uniforme. Además, puede ayudar a las plantas a soportar condiciones adversas como las sequías o el estrés por alta concentración de sales en el medio de crecimiento. Esto se debe a que nanopartículas pueden actuar como escudos protectores, ayudando a las plantas a conservar agua y nutrientes.

Contra la salinidad del suelo

Cuando los cultivos o las plantas están expuestas a estrés salino, significa que el suelo o medio de cultivo en el que crecen tiene una alta concentración de sal, lo que dificulta su capacidad para absorber agua y nutrientes. Esta condición abiótica amenaza la productividad agrícola y resalta la necesidad de buscar alternativas innovadoras de solución. Los nanomateriales como aliados en la agricultura pueden mejorar la retención de agua del suelo, para contrarrestar el estrés osmótico causado por la salinidad (Figura 2).





Además, como diversos estudios sugieren pueden mejorar la eficiencia de la fotosíntesis y reducir el daño oxidativo en las células, que es como un enemigo invisible de las plantas, que ataca cuando estas están bajo tensión adversa y que puede dañar las células, aquí es donde entran las enzimas antioxidantes, que son como bomberos que llegan a apagar el fuego, estas heroínas celulares son esenciales para neutralizar y eliminar las moléculas dañinas en las plantas bajo desequilibrio incentivado por alta concentración de sal.

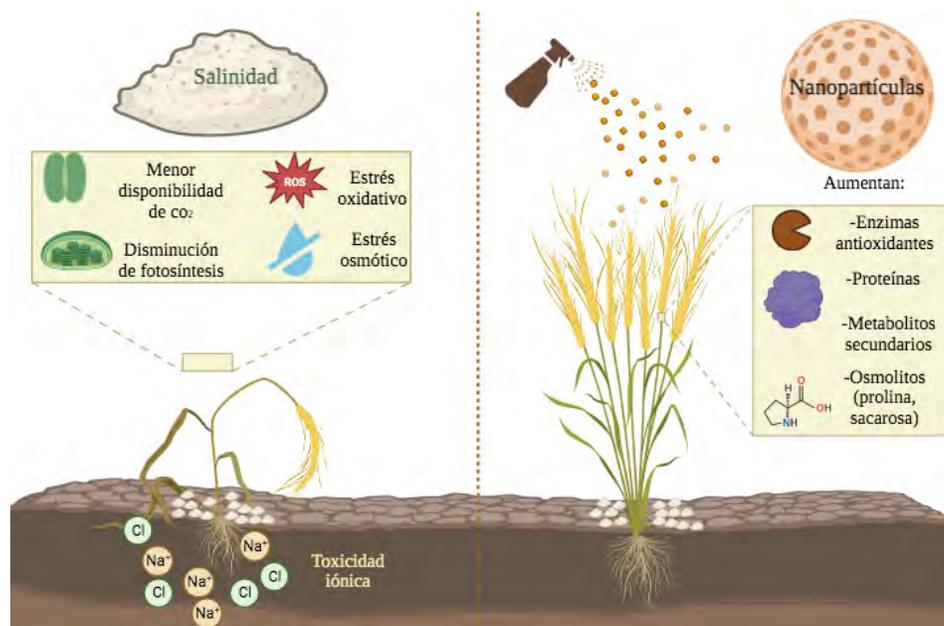


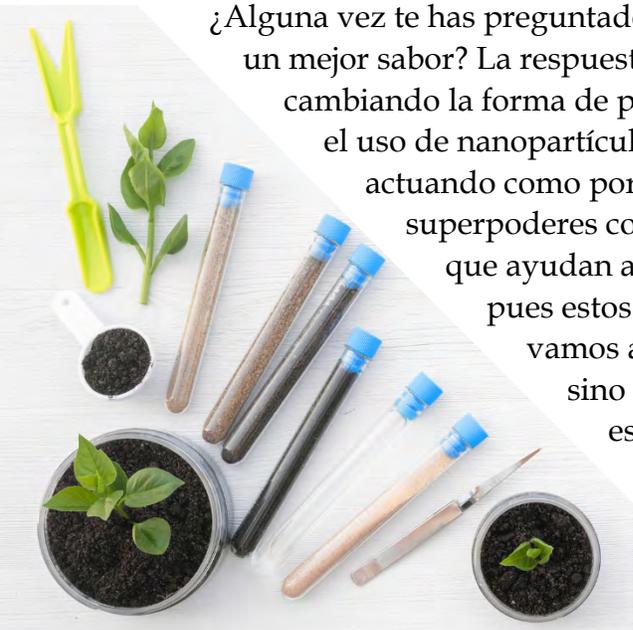
Figura 2. Efectos de la salinidad y aplicación de nanopartículas.

Además, las nanopartículas tienen la capacidad de aumentar la producción de pequeñas moléculas orgánicas protectoras capaces unirse al agua (osmolitos) como la prolina y sacarosa, que ayudan a mantener el equilibrio del contenido de agua en la célula vegetal (Figura 2). Esto reduce la pérdida de agua de las células y permite que nuestras plantas retengan la hidratación necesaria para el crecimiento y supervivencia.

También, estos materiales diminutos pueden dar superpoderes a las plantas “metabolitos secundarios” estos les permiten trabajar bajo presión y mejorar la calidad de los frutos. Su importancia radica en su capacidad antioxidante, es decir que pueden proteger a las células contra el daño, aunque todavía estamos aprendiendo sobre los nanomateriales, podrían ser una gran ayuda para que nuestras plantas crezcan felices, incluso cuando el terreno es un poco difícil.



¡Las nanopartículas transforman la calidad de los frutos!



¿Alguna vez te has preguntado cómo es que algunos frutos tienen un mejor color o un mejor sabor? La respuesta pudiera estar en un mundo microscópico que está cambiando la forma de producir nuestros alimentos. La nanotecnología, con el uso de nanopartículas pueden mejorar el valor nutricional de los frutos actuando como portadores de nutrientes minerales. ¿recuerdan los superpoderes conocidos como metabolitos secundarios? si, aquellos que ayudan a nuestras plantas cuando están bajo algún estrés, pues estos también los podemos encontrar en los frutos que vamos a consumir y no sólo dan superpoderes a las plantas, sino que curiosamente cuando consumimos estos frutos, estos metabolitos que son como tesoros ocultos también nos brindan beneficios (Figura 3). Los fenoles, flavonoides o la vitamina C son algunos ejemplos, estos nos ayudan a proteger nuestras células contra los radicales libres, lo que puede estar relacionado con enfermedades como el

cáncer y el envejecimiento prematuro. Así que, cada vez que comes un fruto rico en estos compuestos estás fortaleciendo tus defensas. Y quizá uno de los efectos más importantes de la nanopartículas es la reducción del uso de productos agroquímicos como fertilizantes, insecticidas o fungicidas, debido a que pueden fortalecer las defensas de las plantas contra plagas y enfermedades, lo que significa la producción de alimentos más limpios y más seguros para nuestro consumo. Pero, ¿hay riesgos? Como en todas las innovaciones, también hay efectos negativos. Los científicos están trabajando para comprender plenamente los posibles efectos adversos en la salud humana y en el medio ambiente. La seguridad es una prioridad.

Conclusión

La nanotecnología está llevando a la agricultura hacia un futuro más sostenible y eficiente. Aunque pueda sonar como ciencia ficción, está ocurriendo aquí y ahora, en los campos y laboratorios de instituciones de muchas partes del mundo. Así que la próxima vez que veas un cultivo saludable, recuerda que detrás de ese éxito puede estar la nanotecnología, trabajando en pequeñas soluciones para grandes desafíos.

La nanotecnología, con el uso de nanopartículas pueden mejorar el valor nutricional de los frutos actuando como portadores de nutrientes minerales

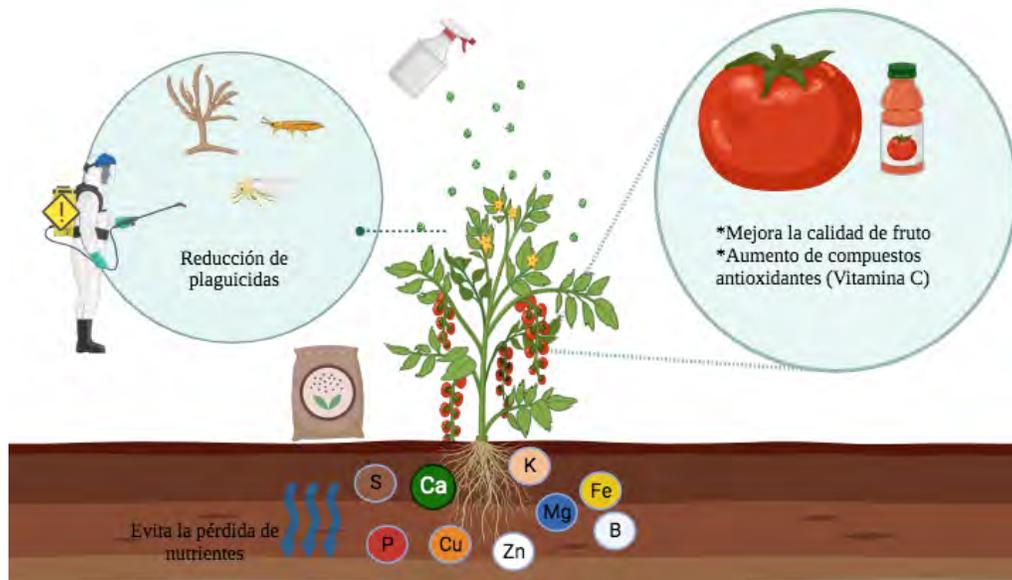


Figura 3. Mejora de la calidad de fruto con nanopartículas.

Literatura recomendada

Pérez-Hernández, H., López-Valdez, F., Juárez-Maldonado, A., Méndez-López, A., Sarabia-Castillo, C. R., García-Mayagoitia, S., ... & Pérez-Moreno, A. Y. (2023). Implicaciones de los nanomateriales utilizados en la agricultura: una revisión de literatura de los beneficios y riesgos para la sustentabilidad. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, 17(32), 1e-50e.

Magdaleno-García, G., Juárez-Maldonado, A., Galindo-Betancourt R., Morales-González, S., Cabrera-De La Fuente, M., Sánchez-Vega, M., & Méndez-López, A. (2023). Zinc oxide nanoparticle morphology modify germination and early growth of bell pepper seedlings: Zinc oxide nanoparticle morphology. *Biotecnia*, 25(3), 5-15.

Marín-Bustamante, M., Hernández-Flores, A., & Cásarez-Santiago, R. (2021). Nanotecnología y Agricultura: Detección, Monitoreo y Remediación de Contaminantes. *Revista Salud y Administración*, 8(23), 29-35.

Semblanzas de autores:

M.C. Guadalupe Magdaleno-García

Maestra en Ciencias en Horticultura, Doctorante en Ciencias en Agricultura Protegida en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Cuenta con 3 Artículos científicos. Ha participado como ponente en 3 congresos internacionales, además ha dirigido 2 tesis profesionales.

Dr. Alonso Méndez-López

Doctor en Ciencias en Horticultura, Profesor Investigador del Departamento de Botánica en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1. Cuenta con 25 artículos científicos, 4 capítulos de libro y 1 libro de divulgación técnica. Ha dirigido 3 tesis de postgrado y 25 tesis profesionales.





Estrategias para reducir la contaminación de fertilizantes nitrogenados

Ezequiel Muñoz-Márquez¹
Carlos Abel Ramírez-Estrada¹
Julio César Anchondo Páez¹
Erick Humberto Ochoa Chaparro¹
Esteban Sánchez-Chávez^{1*}

¹ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C., Av. 4 sur 3820, Fracc. Vencedores del desierto. 33089, Cd. Delicias, Chihuahua, México.

*Autor para correspondencia: esteban@ciad.mx, Tel: 639-4748400



El uso excesivo de nitrógeno en los cultivos y sus efectos tóxicos para el medioambiente, es una preocupación a nivel mundial. Por lo que, se deben utilizar tecnología para lograr altos rendimientos sin el aporte excesivo de fertilizantes. Al combinar la nanotecnología con nutrientes estratégicos como el molibdeno (Mo), se crea un nanofertilizante capaz de incrementar el rendimiento en más del 30% y reducir el aporte de nitrógeno hasta en 50%.

Introducción

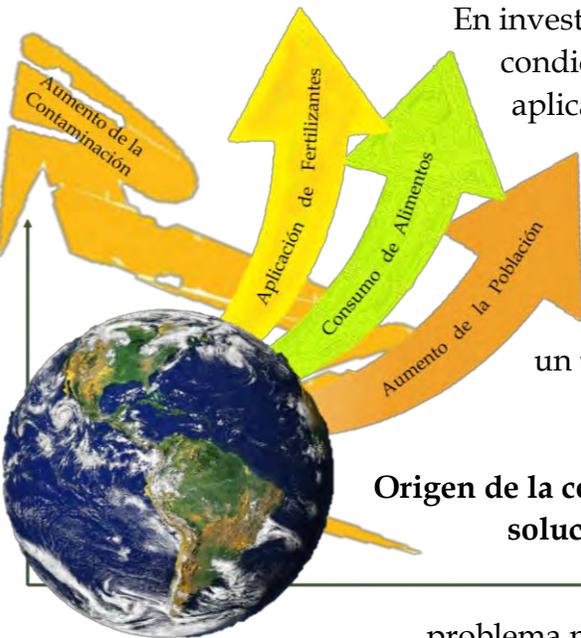
Antes de empezar, es importante dejar en claro que gracias a los fertilizantes se produce más de la mitad del alimento que se consume en todo el mundo. Es por esta razón que no se puede dejar de usarlos si se desea obtener una productividad lo suficientemente alta para satisfacer la demanda de alimentos de millones de seres humanos que viven en las grandes ciudades, y centros urbanos y rurales de todo el planeta.

Los agricultores en busca de estos altos rendimientos, aplican a sus cultivos grandes cantidades de fertilizantes químicos de nitrógeno, fósforo y potasio principalmente (Figura al margen derecho). Además, de muchos otros fertilizantes necesarios para el desarrollo óptimo de los cultivos, pero siempre con mayor énfasis en la aplicación de fertilizantes nitrogenados (más de 120 millones de toneladas métricas se aplican en el mundo cada año).





Aplicar estas enormes cantidades de fertilizantes químicos nitrogenados, en más del 90% de las más de 1,388.46 millones de hectáreas cultivadas en todo el mundo; ha provocado el deterioro del suelo y una contaminación ambiental severa, que afecta directamente en la salud de toda la población mundial (Figura al margen superior izquierdo).



En investigaciones recientes y realizadas bajo condiciones de control, se demostró que aplicando nanofertilizantes es posible reducir la aplicación de fertilizantes nitrogenados hasta 50% sin afectar el rendimiento del cultivo de frijol ejotero, incluso fue posible aumentar la productividad en 30% más. Todo esto, utilizando herramientas de vanguardia, y con un uso más racional de los fertilizantes.

Origen de la contaminación y expectativa de solución

La causa principal de este enorme problema no es solo la aplicación excesiva de los fertilizantes, sino también su baja eficiencia. Cerca del 60 al 75% del nitrógeno que se aplica se pierde por lixiviación, escorrentía, volatilización y otros factores de pérdida; provocando la contaminación de los suelos, ríos, lagos y pozos de agua potable.

Todo esto, trae como consecuencia adicional grandes pérdidas económicas.

Los gobiernos de la gran mayoría de los países del mundo, han expresado su preocupación por los efectos negativos en el medioambiente y la salud. Por lo que, tienen gran interés en desarrollar estrategias como el uso eficiente de los fertilizantes y en especial el uso eficiente del nitrógeno, para obtener altos rendimientos sin la aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados. Estas estrategias podrían garantizar la reducción de aplicación y el mínimo desperdicio del nitrógeno con el mayor beneficio para el cultivo. Con estas estrategias podría incrementarse la eficiencia agronómica, considerada como el aumento en el rendimiento económico del cultivo por unidad de nitrógeno aplicado.

El 75% del nitrógeno que se aplica, se pierde y provoca la contaminación del suelo y agua





La aplicación foliar de nanofertilizantes de molibdeno ayuda a reducir el aporte de nitrógeno hasta 50%

Estrategias para incrementar el uso eficiente del nitrógeno

Actualmente, una estrategia viable para mejorar la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados, es usar nutrientes como el molibdeno. Este micronutriente esencial tiene un papel fundamental e irremplazable en la asimilación del nitrógeno. Además, se puede utilizar

otra herramienta de vanguardia, la nanotecnología. El uso de esta tecnología nos proporciona la forma de distribuir fertilizantes en un “sistema de entrega inteligente” de una manera controlada y dirigida. Así mismo, se utiliza otra estrategia adicional, la aplicación foliar. Esta técnica de aplicación de fertilizantes permite una capacidad de fijación del nutriente más alta y mayor absorción. Del mismo modo, da una ventaja adicional al no interactuar con los compuestos del suelo y toda la actividad natural de la rizosfera. Es entonces, que el uso de nanofertilizantes de molibdeno con aplicación foliar aumenta la eficiencia de uso del nitrógeno y se obtiene mayor producción con menor cantidad de nitrógeno aplicado al cultivo (Figura 1).



Figura 1. Eficiencia de uso del nitrógeno aplicando nanofertilizantes.



Aplicar menor cantidad de nitrógeno y usar nanofertilizantes de molibdeno con aplicación foliar, podría disminuir la contaminación ambiental sin afectar el crecimiento y productividad del cultivo; además de reducir los costos de producción.

Conclusiones

Estas estrategias de uso eficiente de los fertilizantes y en especial el uso eficiente del nitrógeno, implican un avance significativo en las acciones que ayudan a minimizar la contaminación, y los efectos tóxicos de los fertilizantes nitrogenados en el medioambiente y el ser humano. También permitirán el desarrollo de nuevas técnicas que complementen este propósito. El uso de esta nueva tecnología permite a las nuevas generaciones de agricultores producir más alimentos cuidando nuestro planeta.



Literatura recomendada

Leguizamón, G. J. E; Vela, R. A. F; Arias, C. M. M; Cifuentes, F. L. F. 2018. Panorama general de los organismos genéticamente modificados en Colombia y en el mundo: Capacidad nacional de detección. *Rev. Colomb. Biotecnol*; 2:101-116. doi: 10.15446/rev.colomb.biote.v20n2.77080

FAO, (Consultado el 05 de septiembre de 2023). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/266126/>

Solanki, P., Bhargava, A., Chhipa, H., Jain, N., & Panwar, J. (2015). Nano-fertilizers and Their Smart Delivery System. *Nanotechnologies in Food and Agriculture*, 81-101. doi:10.1007/978-3-319-14024-7_4

Srivastav, A. L. (2020). Chemical fertilizers and pesticides: role in groundwater contamination. *Agrochemicals Detection, Treatment and Remediation*, 143-159. doi:10.1016/b978-0-08-103017-2.00006-4

Semblanzas de autores

Dr. Ezequiel Muñoz Márquez. Técnico Académico del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) Coordinación Delicias, Chihuahua. Miembro del Grupo de Investigación en Fisiología y Nutrición Vegetal. Las líneas de investigación que cultiva son: Nutrición de cultivos hortofrutícolas, Fitopatología Nanotecnología aplicada a la agricultura.

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





M.C. Julio César Anchondo Páez. 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 se trabaja son: Nanotecnología aplicada a la agricultura, Nutrición de cultivos hortícolas y Fisiología del estrés en plantas.

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 se trabaja son: Nanotecnología aplicada a la agricultura, Agricultura de precisión, Nutrición de cultivos hortícolas y Fisiología del estrés en plantas.

Dr. Esteban Sánchez Chávez. Investigador Titular del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 3, líder del Grupo de Investigación en Fisiología y Nutrición Vegetal. Las líneas de investigación que cultiva son: Biofortificación con micronutrientes en cultivos agrícolas, Nanotecnología aplicada a la agricultura, Nutrición de cultivos hortofrutícolas y Fisiología del estrés en plantas.

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>



Drones al rescate de la agricultura y medio ambiente

Erick Humberto Ochoa Chaparro¹
Carlos Abel Ramírez-Estrada¹
Julio César Anchondo Páez¹
Ezequiel Muñoz-Márquez¹
Esteban Sánchez-Chávez^{1*}

¹ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C., Av. 4 sur 3820, Fracc. Vencedores del desierto. 33089, Cd. Delicias, Chihuahua, México.

*Autor para correspondencia: esteban@ciad.mx, Tel: 639-4748400



Para que las plantas crezcan y se desarrollen adecuadamente se requieren altas dosis de un elemento químico llamado nitrógeno. Las opciones sintéticas de nitrógeno, especialmente si se aplican en exceso, son muy dañinas para el medio ambiente y para la salud de las personas. Sin embargo, los drones pueden disminuir estos problemas utilizando la tecnología con las imágenes que puede capturar, ya que nos brindan información clave para optimizar los fertilizantes, al detectar específicamente zonas afectadas y que proporción de deficiencia tienen.

Introducción

El nitrógeno es uno de los elementos más importante para el desarrollo y crecimiento de las plantas. Pero, a la vez, es una fuente de contaminación de ríos y mantos acuíferos, esto es, porque se utilizan fertilizantes nitrogenados en exceso para nutrir a las plantas. Además, el aire que respiramos contiene dióxido de nitrógeno, el cual en cantidades altas trae como consecuencia problemas respiratorios. Te preguntarás, ¿Cómo algo tan indispensable como son las plantas para nuestra alimentación tienen un componente que puede llegar a ser tóxico para el medio ambiente y no nos hemos percatado de ello?

Veremos la relación de algunos problemas actuales de la agricultura con el medio donde vivimos y también, analizaremos a los drones como solución a estos problemas tan importantes.

Los drones son
vehículos aéreos no
tripulados y
controlados de
manera inalámbrica



El hambre en el mundo

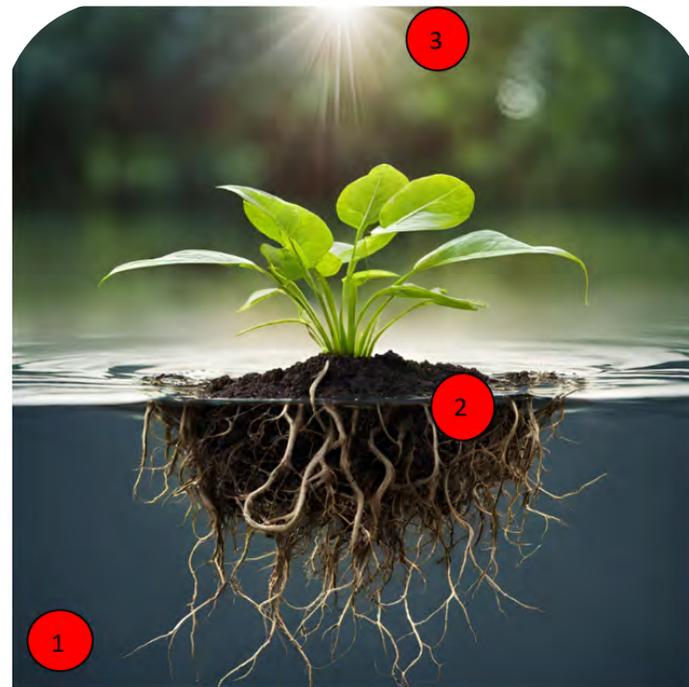


Pero primero veremos el problema general para comprender un poco más del tema. Hoy en día, en un mundo globalizado y con un crecimiento constante de la población, organizaciones como la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) y la ONU (Organización de las Naciones Unidas) han desarrollado estrategias y objetivos en los cuales se busca eliminar por completo el hambre a nivel mundial. En busca de una producción de alimentos de forma sostenible, en otras palabras, satisfacer la demanda de alimentos, pero sin contaminar ni desperdiciar los recursos con los que contamos como el agua, el suelo y el aire.

Se estima que el 8% de la población mundial, cerca de 670 millones de personas tienen hambre, de las cuales 45 millones son niños con emaciación (una malnutrición mortal), que eleva hasta 12 veces más el riesgo de mortalidad infantil. El problema es tan grande que, los gobiernos de los diferentes países han buscado como incrementar la producción de alimentos básicos a través de la agricultura. Uno de los insumos que ha ayudado a incrementar la producción de cultivos es el uso de fertilizantes, los cuales son principalmente productos químicos que ayudan a las plantas con sus procesos nutritivos y fisiológicos, pero, no siempre son tan buenos como se escuchan, sobre todo cuando se usan en exceso.

La agricultura y el medio ambiente

Sabemos que las plantas necesitan básicamente tres condiciones para crecer y desarrollarse, el agua (1), suelo o sustrato (2) y luz solar (3) (Derecha). El suelo es el medio en el cual crecen y toman los nutrientes, el agua se usa para su riego y la luz solar para crear su propio alimento a través de la fotosíntesis. Recuerdas que íbamos a ver ¿Por qué el nitrógeno es tan esencial para la planta y a la vez tan dañino para nosotros como consumidores? El nitrógeno está relacionado con las tres condiciones para el desarrollo de la planta, es por lo que se convierte en uno de los elementos esenciales para los cultivos. Sin embargo, sus excesos son dañinos tanto para las plantas como para nosotros los humanos.





Los drones se caracterizan por poder volar y, a su vez, tomar fotografías con una cámara que está sujeta a su estructura

Las plantas absorben el nitrógeno del suelo a través de la raíz, pero, actualmente la disponibilidad de este elemento químico no es suficiente. Es así, que los agricultores ayudan a nutrir el suelo utilizando los fertilizantes nitrogenados y, con esto buscan incrementar la cantidad de nitrógeno disponible para el desarrollo de las plantas. Por lo tanto, se debe fertilizar con altas dosis de nitrógeno, ya que, las plantas no aprovechan todo el fertilizante proporcionado; aproximadamente la mitad se desperdicia al volatizarse, lixiviarse o quedarse esparcido por el suelo.

Los fertilizantes nitrogenados no absorbidos por las plantas son una de las causas de la contaminación del agua más importantes, estos compuestos afectan a los mantos acuíferos debido a un proceso llamado lixiviación (las partículas de fertilizantes se filtran hacia el subsuelo), y también se desplazan por escurrimientos hacia ríos y lagunas. Por último, el nitrógeno juega un papel muy importante en la producción de la clorofila (esa sustancia verde que les da color a las plantas), que sin ella no es posible llevarse a cabo la fotosíntesis y la planta no se alimentaría por lo que provocaría su muerte.

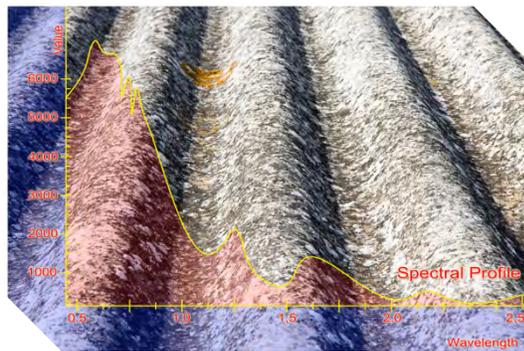
Drones, la solución

Así, el nitrógeno en exceso, a través de los fertilizantes, afecta los tres factores importantes de las plantas, es aquí donde los drones entran pueden ayudar a la agricultura y al medio ambiente, ¡sí, leíste bien, los drones, esos dispositivos voladores que hoy en día son tan comunes!

¿Cómo se relacionan los drones con la agricultura y el medio ambiente?

Los drones (vehículos aéreos no tripulados y controlados de manera inalámbrica) tienen la principal característica de poder volar y a su vez, tomar fotografías con una cámara que está sujeta a su estructura, pero ¿cómo esta tecnología puede ayudar a reducir el problema del hambre a nivel mundial? y, ¿cómo ayudar a la nutrición de las plantas sin que se afecte el medio donde vivimos?





Primero, los científicos, han desarrollado tecnología capaz de analizar el estado nutricional de los cultivos a través de imágenes. Donde, usando imágenes multiespectrales (varios rangos de longitudes de onda) de los cultivos, se puede determinar qué nutrientes les hacen falta y, además, en que parte específica del espacio cultivado hace falta dicho nutriente. Se utilizan coordenadas y un GPS (latitud, longitud y altitud). En nuestro caso, analizaremos el nitrógeno, para que te des una idea es algo parecido a los análisis de sangre, los cuales nos realizan en laboratorio para que los doctores tengan información precisa de nuestros padecimientos y podernos tratar de manera adecuada.

Segundo, una vez analizadas las imágenes de las zonas del cultivo se obtiene la información clara y precisa de las regiones del cultivo afectadas y el grado de deficiencia que tienen, es una tecnología innovadora y en el lugar donde está el cultivo, sin tener que optar por hacer pruebas de laboratorio.

Por último, el agricultor, procede a fertilizar dichas zonas únicamente y con las dosis adecuadas. Con esto, se reducen muchos recursos buscando la sostenibilidad de los cultivos y aumentar la producción de alimentos que es nuestro principal objetivo.

El uso de drones promueve el uso eficiente del nitrógeno: se tiene información precisa y clave para usar sólo las dosis exactas y así disminuir la contaminación del agua y del medio ambiente por exceso de nitrógeno.



Impacto de los drones en la agricultura y el medio ambiente

El impacto que pueden tener los drones prometedor y abarca varios aspectos:

- ◆ **Uso eficiente del nitrógeno:** se tiene información precisa y clave para usar sólo las dosis exactas y así disminuir la contaminación del agua y del medio ambiente por exceso de nitrógeno, además las plantas obtienen el nitrógeno esencial para crecer y desarrollarse.



- ◆ Aumento de la producción de alimentos: al desarrollarse de una manera adecuada, las plantas tienen mayor rendimiento de fruto y de biomasa y con más calidad nutritiva, maximizando la cantidad de alimento que se puede producir en un campo agrícola.
- ◆ Disminuir el hambre y la malnutrición: al tener una alta producción de cultivos con alto valor nutrimental, se espera cubrir la demanda de alimentos a nivel mundial y, sobre todo, combatir la malnutrición.
- ◆ El ahorro: en combustible diésel, al disminuir el uso del tractor para fertilizar, porque sólo se aplica en ciertas zonas que lo necesitan, así como, reducción de emisiones de dióxido de nitrógeno por combustión (nota: también existen drones que sirven para fertilizar y son totalmente amigables con el medio ambiente, al ser eléctricos, no emiten gases a la atmósfera).
- ◆ Cuidar el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados: para cuidar los mantos acuíferos, así como, ríos y lagunas utilizados para regar los cultivos.

Conclusiones

A nosotros nos toca velar por dejar un mundo mejor a nuestros hijos, es por lo que debemos buscar el cuidado del medio donde vivimos. Sin embargo, el reto es difícil, ya que la población aumenta cada vez más y es necesario buscar ese equilibrio entre la producción de alimentos y la protección del medio ambiente.



La tecnología cada vez evoluciona más y con ello, busca resolver problemáticas actuales, pero con miras a un futuro mejor.

Los drones pueden solucionar parte de estos problemas, ya que, permiten el ahorro energético, económico y cuidan el medio ambiente.

Por lo tanto, se necesita hacer más por parte de nosotros los seres humanos para contribuir al cuidado de nuestro planeta, y así, conservar las maravillas de nuestro mundo y velar por el bienestar de todas y todos.



Literatura recomendada

González, A., Amarillo, G., Amarillo, M., & Sarmiento, F. (2016). Drones Aplicados a la Agricultura de Precisión. *Publicaciones E Investigación*, 10(0), 23-37. <https://doi.org/10.22490/25394088.1585>

FAO. (2022). El mercado mundial de fertilizantes: balance de la situación de un mercado en dificultades. Fecha de consulta: (19-05-23). Disponible en: <https://www.fao.org/3/ni280es/ni280es.pdf>

Wang, Z. H., Li, S. X., & Malhi, S. (2008). Effects of fertilization and other agronomic measures on nutritional quality of crops. In *Journal of the Science of Food and Agriculture* (Vol. 88, Issue 1, pp. 7-23). <https://doi.org/10.1002/jsfa.3084>

Semblanzas de autores

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 se trabaja son: Nanotecnología aplicada a la agricultura, Agricultura de precisión, Nutrición de cultivos hortícolas y Fisiología del estrés en plantas.

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

M.C. Julio César Anchondo Páez. 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 se trabaja son: Nanotecnología aplicada a la agricultura, Nutrición de cultivos hortícolas y Fisiología del estrés en plantas.

Dr. Ezequiel Muñoz Márquez. Técnico Académico del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) Coordinación Delicias, Chihuahua. Miembro del Grupo de Investigación en Fisiología y Nutrición Vegetal. Las líneas de investigación que cultiva son: Nutrición de cultivos hortofrutícolas, Fitopatología Nanotecnología aplicada a la agricultura.

Dr. Esteban Sánchez Chávez. Investigador Titular del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 3, líder del Grupo de Investigación en Fisiología y Nutrición Vegetal. Las líneas de investigación que cultiva son: Biofortificación con micronutrientes en cultivos agrícolas, Nanotecnología aplicada a la agricultura, Nutrición de cultivos hortofrutícolas y Fisiología del estrés en plantas.





¿La nanotecnología influye en nuestra vida y entorno?: La lombriz de tierra

Hermes Pérez-Hernández*¹
Antonio Juárez-Maldonado¹

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

*Autor para correspondencia: hermesph@hotmail.com, Tel: 844 4195202

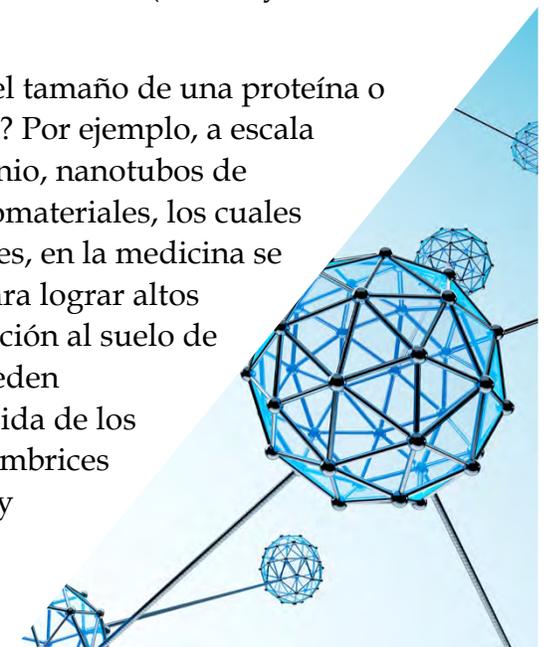


La nanotecnología es una nueva tecnología aplicada en diversas áreas como la medicina, la informática, la tecnología de la información, la energía, entre otros. En la agricultura, gracias a los nanomateriales aplicados a las plantas y al suelo, aumentan la productividad de los cultivos. Sin embargo, el uso continuo compromete la contaminación del suelo, podría poner en peligro la vida de las lombrices de tierra; organismos que cumplen una función ecológica en los ecosistemas terrestres.

Introducción

La ciencia avanza en muchos países en desarrollo y nuestro país, México, no es la excepción. En las últimas dos décadas, han surgido algunos nombres de tecnologías innovadoras que generan grandes beneficios en diferentes áreas de la industria. Incluida en la tecnología de punta está la "nanotecnología", definida como la ciencia que manipula materiales de tamaño nanométrico (entre 1 y 100 nanómetros).

Si hacemos una comparativa, es como si habláramos del tamaño de una proteína o virus, ¿Te imaginas manipular materiales a ese tamaño? Por ejemplo, a escala nanométrica, el cobre, hierro, zinc, plata, aluminio, titanio, nanotubos de carbono, grafeno, nanofibras, etc, son ejemplos de nanomateriales, los cuales se encuentran en una diversidad de dispositivos móviles, en la medicina se utilizan para curar enfermedades y en la agricultura para lograr altos rendimientos en los cultivos. No obstante, por la aplicación al suelo de nanomateriales como fertilizantes, con el tiempo se pueden acumular en grandes cantidades, comprometiendo la vida de los organismos que habitan en el suelo, en particular las lombrices de tierra, las cuales cumplen una función ecosistémica y provee calidad a las frutas y hortalizas.





¿La nanotecnología para el desarrollo?

En el día a día utilizamos dispositivos electrónicos que, en su interior están constituidos por componentes creados a partir de la nanotecnología. Por ejemplo, los celulares, televisores, entre otros dispositivos, son productos fabricados con materiales que fueron manejados a escalas muy pequeñas. Desde otro enfoque, los nanofármacos se utilizan en la administración de medicamentos asegurando una mayor biodisponibilidad de la sustancia activa. También, los nanomateriales se han utilizado en el diagnóstico y el tratamiento del cáncer, alergia, diabetes, etc.



Por otro lado, la nanotecnología es un área prometedora en la agricultura. Con el uso de nanomateriales (hierro, zinc, magnesio, molibdeno, cobre, sílice, nanotubos de carbono, grafeno y otros) ya sea que se apliquen al suelo o directamente a las plantas (tallos, hojas y frutos), a diferencia de las fuentes convencionales, e.g. fertilizantes, se ha demostrado que incrementan las características morfológicas y bioquímicas de las plantas (altura de planta, tamaño de raíz, número de hojas, rendimiento de frutos, incremento de enzimas, vitaminas, proteínas, entre otros), tal como lo han documentado investigadores de diferentes partes del mundo, y por supuesto, de México.

Se ha creído que la lombriz de tierra es un organismo maligno. Contrario a las creencias, las lombrices de tierra no generan daño, no enferman al suelo

El impacto de los nanomateriales está en función del tamaño, la forma y la carga superficial, es decir, la carga eléctrica. Esta última propiedad, permite que las partículas nanométricas se adhieran y puedan penetrar en las células de las plantas. Sin embargo, las nanopartículas también se adhieren a los minerales del suelo, materia orgánica, enzimas y microorganismos, además de que, por su tamaño, son fácilmente consumidas por los macroinvertebrados tales como: cochinillas, ciempiés, milpiés y por supuesto, las estelares de este artículo, las “lombrices de tierra”. *¡Ahora la pregunta!, ¿Los nanomateriales repercuten en la vida de las lombrices?, en los siguientes párrafos lo sabrás.*



¡Las lombrices de tierra son mejor de lo que pensabas!

Antes de que sepas de las lombrices de tierra, tienes que saber que, hay otros tipos de lombrices. Las que habitan en el cuerpo humano se denominan parásitos, significa que nos hemos infestado. De niños, todos o la mayoría cuando jugamos con tierra y mientras más constante era jugar en el patio de la casa, estábamos propensos a enfermarnos por infección estomacal, esto, al no lavarnos las manos antes de ingerir nuestros alimentos. *¿Qué tiene que ver con la lombriz de tierra?, ¡No debemos confundir! ¡Siempre, al hablar de lombriz se cree que es todas son malignas e indeseable!*



La lombriz de tierra es un organismo interesante. Por mucho tiempo, se ha creído que la lombriz de tierra es un organismo maligno. Paradójico a lo que se cree, las lombrices de tierra no generan daño, no enferman al suelo.

Mucha gente especula que, por el hecho de que estos seres vivos se encuentran o viven en el suelo, es algo repugnante. Paradójico a lo que se cree, las lombrices de tierra no generan daño, no enferman. En su hábitat, son consideradas “ingenieros del ecosistema”, ya que desempeñan un papel importante en la ecología del suelo; crean galerías o espacios en el suelo, por el cual circula el agua, el aire y crecen las raíces de las plantas. Además, reciclan nutrientes y aumentan la actividad microbiana.

Las lombrices son consideradas “ingenieros del ecosistema”, desempeñan un papel importante en la ecología del suelo; crean galerías o espacios en el suelo, por los que circula el agua, el aire y crecen las raíces de las plantas

Existen tres tipos de lombrices: *epigeas*, *endogeas* y *anélicas*. Las primeras, como su nombre lo dicen, viven en la superficie del suelo (*epi*= encima, *geos*= tierra); conocidas por su alta capacidad de consumir materia orgánica. Las *endogeas* viven por debajo de la superficie del suelo y consumen principalmente suelo (*endo*= dentro, *geos*= tierra), mientras que las *anélicas* viven y se alimentan en la superficie y por debajo del suelo, consumen tanto suelo como materia orgánica (Figura 1).



Independientemente del tipo de lombriz, posterior a su alimentación con materia orgánica y/o suelo, las lombrices secretan sustancias sólidas o líquidas, las cuales son ricas en nutrientes, ácidos húmicos, vitaminas, antibióticos, enzimas, sustancias promotoras del crecimiento de las plantas y microbios benéficos, es decir, las lombrices ayudan a mejorar la calidad del suelo. De hecho, en el antiguo Egipto, a las lombrices se les consideraban como *¡dioses pequeños!* Los agricultores se dieron cuenta de que incrementaban la fertilidad del suelo, gracias a ello existían buenas cosechas.
¡Aaaahhhh, que interesante!

Como dato curioso, Charles Darwin siempre sugirió que las lombrices son animales dignos de ser estudiados. En diferentes cartas, Darwin se refirió a ellas como: “amadas lombrices”; (1877), “su pasión”; (1880)” y “las lombrices pueden cambiar al mundo”; (1881)”. *¡Realmente no estuvo equivocado!*

Ahora, cuando estemos consumiendo los alimentos del campo, sabremos que posiblemente las lombrices participaron en la formación de una verdura o fruta de calidad. *¡Ok!, ¿Estamos entendiendo la importancia de las lombrices de tierra?*

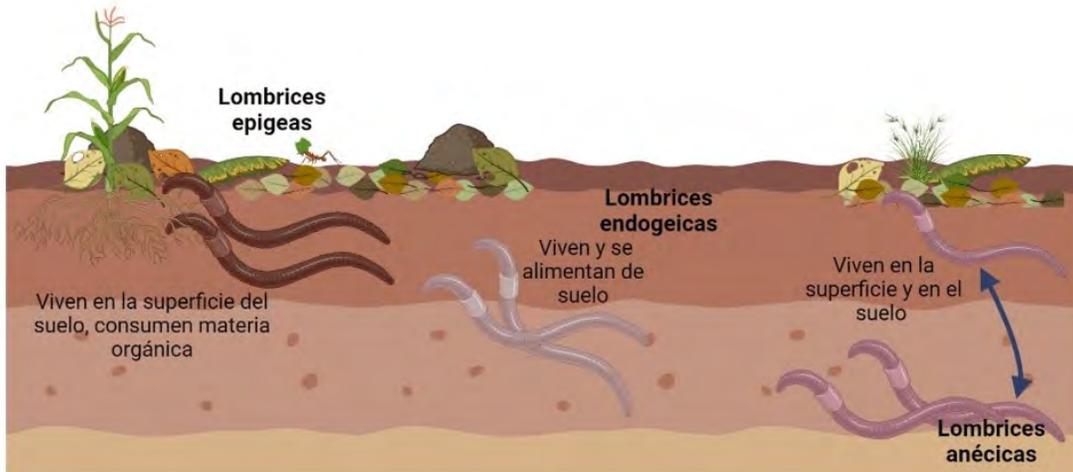


Figura 1. Tipos de lombrices de tierra; hábitat y alimentación.



Como lo mencionamos anteriormente, se ha propuesto la aplicación de partículas nanométricas para incrementar el rendimiento de los cultivos. Sin embargo, cuando se aplican constantemente al suelo, esta práctica novedosa podría tener repercusiones a largo plazo. En la periferia y entre las raíces de los cultivos habitan una gran cantidad de organismos (bacterias y hongos benéficos) y sin duda las lombrices de tierra. Los científicos observaron que después de agregar nanomateriales al suelo (zinc, hierro y cobre, entre otros), las plantas se

desarrollaron mejor. Sin embargo, las lombrices que consumieron los nanomateriales que persistieron en el suelo, disminuyeron el crecimiento, el peso, la reproducción y en muchos casos, murieron.

Quizás te vas a preguntar, ¿Por qué utilizar a las lombrices de tierra y no otro organismo para experimentación? Dentro de los macroinvertebrados, las lombrices son las más abundantes en el suelo, se les considera especies centinelas. En estudios de toxicología, son animalitos que, por su alta capacidad de acumular contaminantes, son claves para indicar riesgos de contaminación en los suelos, por ello, muchos las nombran “indicadoras de la calidad del suelo”. Las lombrices absorben los contaminantes a través de la piel (epidermis) y por la ingesta del suelo. Recordemos el tamaño de las nanopartículas (tamaño de una proteína o virus). Si las plantas las absorben fácilmente por las raíces, el consumo por las lombrices no es la excepción. Si bien, muchos organismos han convivido con los minerales del suelo, para ellas, no es habitual interactuar con otras partículas o sustancias (se les llama sustancias xenobióticas).

Con la intención de proteger los cultivos, científicos han demostrado que las nanopartículas de plata y titanio en el suelo ayudan a eliminar hongos y bacterias que ocasionan enfermedades a los cultivos, pudren la fruta y en general afectan el rendimiento. Aquí, la pregunta es, *¿Acaso la plata y el titanio forman parte de los elementos esenciales para los organismos del suelo?*

La nanotecnología a través de los nanomateriales incrementa el rendimiento de los cultivos, aunque, cuando se aplican constantemente al suelo, esta práctica novedosa podría tener repercusiones a largo plazo. Las lombrices podrían disminuir su crecimiento y reproducción



¿Los nanomateriales utilizados para mejorar la calidad de los suelos pueden afectar la vida de las lombrices?

Si nos regresamos a la idea de que las lombrices consumen materia orgánica y suelo, además, lo vinculamos con “nanotecnología aplicada a la agricultura”, posiblemente no tendrás idea de la relación, ¡Aquí lo leerás y conocerás!

En detalle, las partículas nanométricas, al entrar en contacto con la piel o el interior de los organismos, las lombrices no reconocen las nanopartículas, por ello, activan una reacción química, esto provoca que las lombrices se defiendan produciendo sustancias para soportar el embate de elementos extraños (para contrarrestar la muerte), regularmente liberan moléculas que son dañinas para las lombrices y se conocen con el nombre de especies reactivas de oxígeno, pero ¡pobrecitas!, al no poder más, cuando es demasiado la concentración del contaminante, los animalitos se debilitan y mueren. Por lo tanto, las nanopartículas aplicadas al suelo provocan efectos benéficos en las plantas. Sin embargo, los materiales de tamaño nanométrico al permanecer en suelo pueden provocar daños a las lombrices (Figura 2).

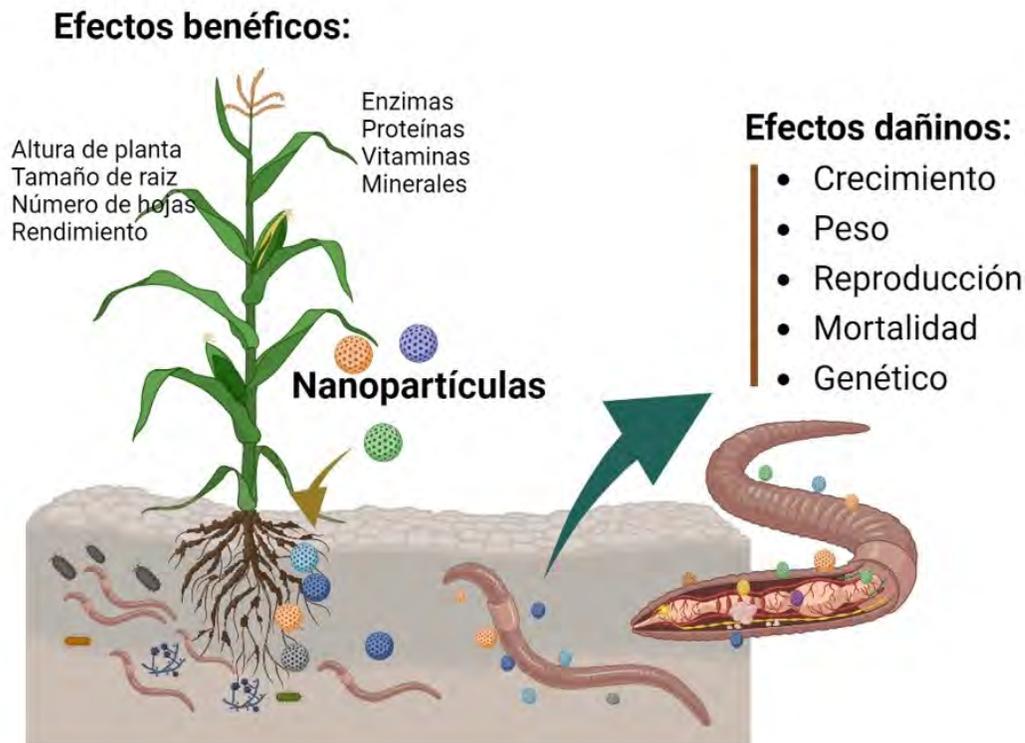


Figura 2. Beneficios de la nanotecnología en las plantas y efecto dañinos en lombrices de tierra.



Otras fuentes de las que provienen los nanomateriales y pueden llegar a las lombrices de tierra

Los nanomateriales no únicamente pueden llegar al suelo a través de la aplicación como fertilizantes, también por medio del aire y agua de riego. En este sentido, estamos en el entendido de que cada vez más utilizamos y consumimos una diversidad de productos del hogar. Por ejemplo, productos de limpieza, pinturas, artículos deportivos, productos de salud y belleza, incluso alimentos enlatados y dulces, también contienen nanomateriales, ¿Sabías? Te voy a contar. El titanio es un mineral que, por sus propiedades químicas, da brillo y durabilidad a diferentes pinturas. En resumen, cuando liberamos sustancias desde la casa, muchas de estas tienen su destino final en los basureros, ríos, lagos y la mar. El problema no termina aquí, cuando los agricultores utilizan agua de río para el riego de sus cultivos, los nanomateriales sin duda están presentes.

¿Esto que quiere decir?, nosotros los humanos, indirectamente contribuimos en la contaminación y en la disminución de las poblaciones de lombrices de tierra, “mis guerreras”, aquellas, que por más insignificantes que parezcan, contribuyen en cambiar al mundo. Charles Darwin, por un lado, estaría muy contento de escuchar de lo que se habla de sus “amadas lombrices”, aunque con las evidencias de daños, posiblemente escribiera otra carta, con un título que se refiera a lo malo que somos con sus apasionantes lombrices. ¡Yo lo haré por él!, “Mis poderosas, guerreras y amadas lombrices quieren sobrevivir”.

Los nanomateriales acumulados en el suelo, con el tiempo, pueden afectar la biota del suelo, específicamente a las lombrices de tierra, organismos pequeños, que parecieran ser insignificantes, pero con mucho valor





Conclusiones

La nanotecnología, es una tecnología de vanguardia que nos ofrece productos que nos facilitan la vida diaria; provee nuevas formas de obtener y almacenar energía, se encuentran presentes en los aparatos médicos y se aplican en los tratamientos de enfermedades. Recientemente y en proceso, en la agricultura; para incrementar la calidad y rendimientos de los cultivos. Muchos de los nanomateriales son acumulados ya sea por la aplicación directa como fertilizantes o a través del riego provenientes de otras fuentes; de las fábricas, hogares o por descuidos humanos, lo que con el tiempo puede afectar la biota del suelo, específicamente a las lombrices de tierra, organismos pequeños, que parecieran ser insignificantes, pero con mucho valor ecosistémico. De tal manera que, los científicos se encargan de estudiar la relación de beneficio riesgo de la nanotecnología en la agricultura, para el bienestar de los humanos y así evitar que consumamos alimentos contaminados.

Literatura recomendada

Brown, G.G., Fragoso, C., Barois, I., Rojas, P., Patrón, J.C., Bueno, J., Moreno, A.G., Lavelle, P., Ordaz, V., & Rodríguez, C. (2001). Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. *Acta Zoológica Mexicana* (N.S.), 79-110

Pérez-Hernández, H., López-Valdez, F., Juárez-Maldonado, A., Méndez-López, A., Sarabia-Castillo, C., García-Mayagoitia, S., Torres-Gómez, A., Valle-García, J., & Pérez-Moreno, A. (2023). Implicaciones de los nanomateriales utilizados en la agricultura: Una revisión de literatura de los beneficios y riesgos para la sustentabilidad. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria En Nanociencias Y Nanotecnología*, 17(32), 1e-50e.
<https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2024.32.69720>

Hu, C. W., Li, M., Cui, Y. B., Li, D. S., Chen, J., & Yang, L. Y. (2010). Toxicological effects of TiO₂ and ZnO nanoparticles in soil on earthworm *Eisenia fetida*. *Soil biology and biochemistry*, 42(4), 586-591. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.12.007>

Semblanzas de autores

Dr. Hermes Pérez-Hernández. Investigador Posdoctoral en la Autónoma Agraria Antonio Narro, en el Departamento de Botánica. Su línea de investigación se centra en evaluar nanomateriales en cultivos comestibles desde la perspectiva agroecológica y evalúa las implicaciones de los nanomateriales en la cadena trófica.

Dr. Antonio Juárez-Maldonado. Profesor Investigador de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el Departamento de Botánica. Su línea de investigación se centra en el efecto estimulador de nanomateriales en cultivos agrícolas, producción de cultivos en invernadero, control de enfermedades con la aplicación de nanomateriales, inducción de tolerancia a estrés biótico y abiótico.





Pastoreo no selectivo en el rancho Los Robles

Karla Liliana López-García^{1*}
Dulce Flores-Rentería²
Torralba González Francisco³

¹Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Cinvestav Saltillo. Posgrado en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía.

²Conahcyt-Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Cinvestav Saltillo. Posgrado en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía.

³Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen, CONANP

*Autor para correspondencia: karla.lopez@cinvestav.edu.mx, Tel: 844-3588894



La aplicación del manejo regenerativo en los pastizales ganaderos consiste en el uso en conjunto de estructura (cercos, bebederos, áreas para pastorear), plantas y animales con monitoreo y planeación que permita la conservación de los suelos. Como resultado, en comparación con el pastoreo extensivo, el ganado y la vegetación se encuentra en mejores condiciones. En la actualidad los efectos de estas prácticas sobre el suelo y su capacidad de almacenamiento de carbono se encuentran en estudio.

Introducción

Los suelos brindan múltiples servicios ecosistémicos, proveen de alimentos, materias primas, regulación del clima y el ciclo de nutrientes, entre muchos otros. Estos servicios benefician a los seres humanos y dependen de las condiciones en las que se encuentren las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y el manejo utilizado. El suelo puede ser un almacén o fuente de carbono, la estabilidad y permanencia del carbono del suelo dependen de distintos factores bióticos y abióticos, así como del uso y manejo de suelo. Sin embargo, el manejo del suelo con prácticas convencionales, como el pastoreo extensivo, ha resultado en la degradación de los suelos y la pérdida de los servicios ecosistémicos.

El suelo puede ser un almacén o fuente de carbono, la estabilidad y permanencia del carbono del suelo dependen de distintos factores



En la actualidad, se ha intensificado la búsqueda de prácticas que mantengan los servicios ecosistémicos de los suelos y sus propiedades. En la industria ganadera, se han desarrollado métodos de base empírica para la gestión del pastoreo, que consideran la interacción entre animales, vegetación, suelo y las instalaciones del rancho, además de la planificación de los periodos de pastoreo y los intervalos de descanso entre ellos.

En el desierto Chihuahuense se han aplicado sistemas de manejo como estrategia para preservar pastizales para la ganadería. Entre estos se encuentra el manejo regenerativo, que incluye integrar la aplicación del pastoreo "no selectivo" del pasto con el uso de cercas, crianza genéticamente adaptada a la región, la suplementación del ganado de manera eficiente y el análisis de costos-beneficios de las prácticas, todo lo anterior con el seguimiento a través de asesorías.

El pastoreo no selectivo utiliza altas cargas de ganado y consiste en delimitar áreas con cercos para rotar el ganado paulatinamente, dejando largos periodos de descanso en la vegetación y en el suelo entre cada pastoreo. Si bien estas prácticas tienen una base en el manejo veterinario del ganado, a través de la experiencia, los productores ganaderos han promovido la conservación del suelo y los servicios que nos proporcionan a través de estas prácticas.



Al tener altas cargas de ganado en espacios reducidos se genera competencia entre el ganado para que no seleccione la vegetación a consumir

En el año 2021 se realizó un estudio sobre la capacidad de almacenamiento de carbono del suelo en el rancho Los Robles, así como la evaluación del manejo sostenible del suelo, desarrollado por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Durante la visita, se entrevistó al propietario del rancho para conocer su experiencia y las practicas usadas en los pastizales ganaderos. La información recabada refleja las prácticas empíricas que implementan en el manejo regenerativo de su rancho.

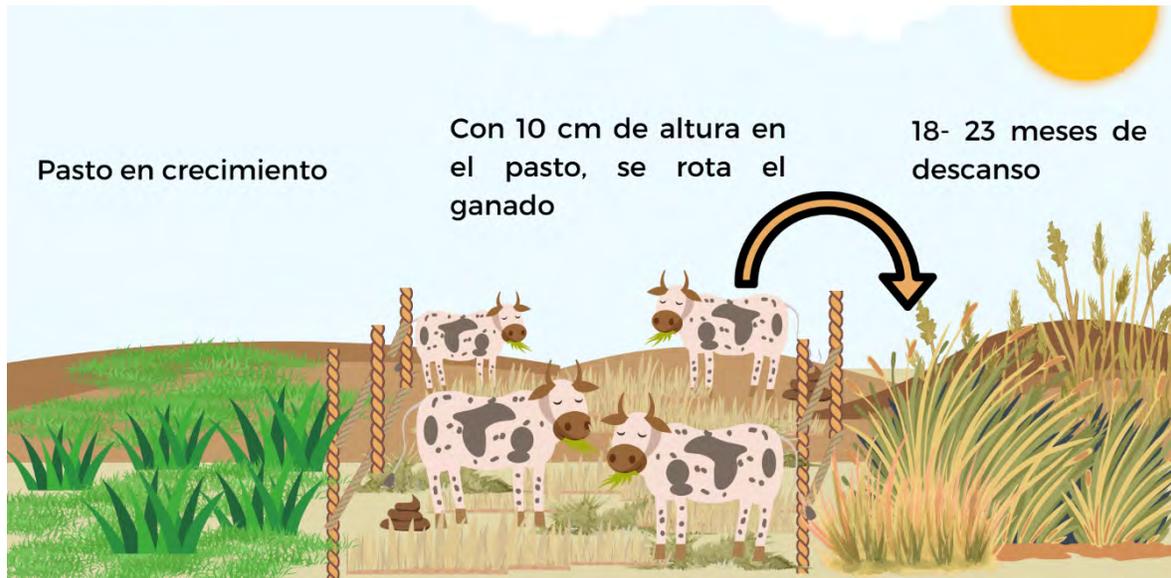


Figura 1. Representación visual del pastoreo no selectivo en el rancho Los Robles. Inicialmente el pasto se encuentra en crecimiento, el segundo cuadro representa el pastoreo, mientras que el último sector es el descanso aplicado al suelo.

El rancho Los Robles tiene una superficie de 614 hectáreas y está situado en el municipio de Riva Palacio, dentro del estado de Chihuahua. Utiliza razas de ganado hereford y angus. Cuenta con 48 especies de perennes y predominan las gramíneas, denominadas zacate o pastos; p. ej. popotillo plateado, zacate gigante, zacate guía, zacate sedoso, zacate lobero, pastizal banderita, pasto tallo azul, navajita. Para el pastoreo del ganado en el rancho no se utiliza maquinaria, ni riego, ni pesticidas, únicamente se suplementa la alimentación del ganado con urea.

Inicialmente, emplearon el manejo holístico (2005), pero en 2014 optaron por el manejo regenerativo con pastoreo no selectivo, bajo la asesoría de la Asociación Civil Manejo Regenerativo de Ranchos. Este pastoreo tiene como fundamento el uso de espacios reducidos, delimitados con vallas eléctricas, con altas cargas de ganado, una vez consumida la vegetación, se rota el ganado y se dejan tiempos de descanso de acuerdo con las lluvias que se presenten y el crecimiento de la vegetación.

La aplicación de prácticas de manejo regenerativo ha demostrado que es posible alcanzar una capacidad máxima de 5,000 vacas por hectárea



El pastoreo no selectivo utilizado en el rancho los Robles se fundamenta en que al tener altas cargas de ganado en espacios reducidos se genera competencia entre el ganado para que no seleccione la vegetación a consumir, de este modo, se consume la maleza (considerada con bajo aporte nutricional) y las hierbas más apetecibles. Por otro lado, durante el pastoreo se considera dejar 3 hojas y 10 cm de altura en la planta para asegurar la conservación de las raíces, de esta forma en 15 días los pastos ya se encuentran en crecimiento. En cambio, si el ganado consume todo, el pasto tarda en crecer hasta 1 mes.



Figura 2. Sitio de estudio con pastizales ganaderos del rancho Los Robles en el año 2021 con manejo regenerativo y pastoreo no selectivo

Según la experiencia del propietario, el pastoreo no selectivo en el rancho los Robles consiste en pastorear el ganado en potreros de 100 metros de largo y 600 metros de ancho, con 350 vacas por potrero. El ganado se rota cada 4 horas aproximadamente, dependiendo del pasto disponible. Pueden llegar a consumir hasta 6 potreros al día. Se considera rotar el ganado cuando el ijar (partes laterales del vientre) de la vaca esté lleno (se ensancha a la altura de las costillas) y la planta alcance una altura de 10 cm, posteriormente el área se deja en descanso durante 2 ciclos de lluvia, este periodo puede ser de 18 a 24 meses.

De acuerdo con la experiencia del dueño, la aplicación de prácticas de manejo regenerativo ha demostrado que es posible alcanzar una capacidad máxima de 5,000 vacas por hectárea, tomando en consideración que se requieren 2 metros cuadrados de pasto por cada vaca.



En el rancho Los Robles, una vaca produce alrededor de 29 kilogramos de estiércol cada día, lo que se traduce en unas 10 toneladas por hectárea. A partir de esta cantidad, se podría esperar que el suelo retenga más humedad, ya que, según las observaciones del propietario, cada gramo de estiércol puede retener hasta 10 gramos de agua. Sin embargo, este efecto está sujeto a la cantidad y calidad del estiércol, las cuales varían en función de la cantidad de proteínas consumidas en la dieta de las vacas y los microorganismos de su sistema digestivo.

Para saber si la vaca se está alimentando correctamente se realiza un seguimiento diario que incluye la evaluación de la consistencia del estiércol producido por las vacas. Si el estiércol es compacto y forma una bola, esto indica un mayor contenido de fibra en la dieta. Por otro lado, si carece de consistencia, significa que la dieta tiene un mayor contenido de proteína en relación con la fibra. Para asegurarse de que las vacas están aprovechando la fibra consumida, se verifica que el tamaño de las partículas de fibra en el 70% del estiércol sea menor a 3 mm. Si no cumple con este criterio, se considera la adición de más proteína en la dieta. Según las observaciones del propietario, un estiércol bien acondicionado se incorpora al suelo en un período de 8 días. Además, se observa que una densidad de 1,000 vacas contribuye a una distribución más uniforme del estiércol en el suelo.

El almacenamiento de carbono en el rancho con manejo regenerativo dio como resultado 36.5 t ha^{-1} de C



Figura 3. a) Pastizales ganaderos con manejo convencional, al lado del rancho Los Robles. b) Pastizales ganaderos del rancho Los Robles con manejo regenerativo.

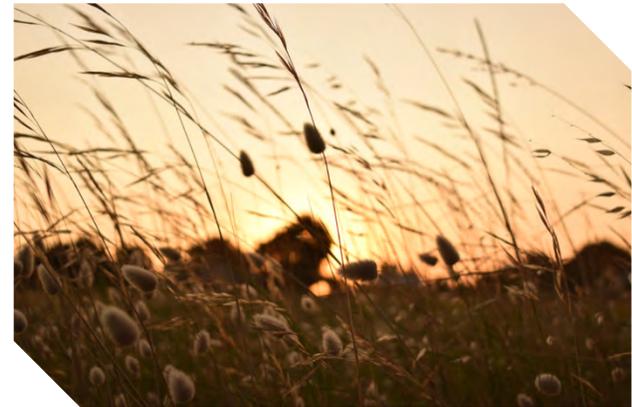


De acuerdo con el propietario, la aplicación del manejo regenerativo con pastoreo no selectivo en el rancho los Robles ha tenido como resultado una vegetación más abundante, con mayor diversidad de especies (han observado la reaparición de especies que no veían desde hace más de 30 años), pastos perenes deseables con mayor altura y forraje, lo que ha resultado en un ganado saludable evitando el uso de desparasitantes desde hace 16 años.

Asimismo, de la investigación realizada, se confirmó que el almacenamiento de carbono en el rancho con manejo regenerativo dio como resultado 36.5 t ha^{-1} de C, mientras que un sitio adyacente con un pastoreo extensivo convencional tuvo 19.8 t ha^{-1} de C. En el rancho Los Robles se encontró que los indicadores del manejo sostenible (productividad, densidad aparente, carbono orgánico, actividad biológica) del suelo fueron mayores, mientras que la densidad aparente fue mayor en el sitio con manejo convencional. Resaltando que el manejo regenerativo aplicado en este rancho puede considerarse como un manejo sustentable, ya que presenta un suelo más saludable, con mayor actividad biológica y menor compactación, en comparación con el manejo extensivo convencional.

Conclusiones

La implementación del enfoque de manejo regenerativo en el rancho Los Robles se caracteriza por un seguimiento continuo que abarca tanto la observación del ganado como el monitoreo del crecimiento de la vegetación y los períodos de descanso. Estas prácticas desempeñan un papel fundamental en la preservación de los pastizales ganaderos, lo que resulta en una mayor productividad primaria y una mejora en la condición del ganado, según lo informado por el propietario del rancho.



Además, la aplicación del manejo regenerativo en Los Robles ha conducido a un aumento en el contenido de carbono en el suelo, un incremento en la actividad biológica y un aumento en la productividad del suelo.

Conforme al protocolo de evaluación de manejo sostenible de la FAO, el aumento de estos indicadores en el suelo señala que el manejo adoptado puede ser considerado como sostenible. En consecuencia, el enfoque de manejo regenerativo implementado en el rancho Los Robles puede ser evaluado como un método de manejo sostenible.



Literatura recomendada



FAO-ITPS. Protocol for the assessment of Sustainable Soil Management, Rome, Italy, 2019, pp. 24.

López-García KL. Evaluación del manejo sostenible de pastizales ganaderos de zonas áridas como indicador de su re-carbonización. Tesis de Maestría en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía. CINVESTAV Saltillo, Ramos Arizpe, Coahuila, 2023, pp. 67.

Un agradecimiento a la familia Robles y en especial a Don Luis Robles por transmitirnos sus experiencias y conocimiento en el Rancho Los Robles.

Semblanzas de autores

Karla Liliana López García. Licenciada Químico Farmacobiólogo por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila y Maestra en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía por el Cinvestav. Estudia los flujos de C a través del sistema planta-suelo-microorganismos en pastizales ganaderos del desierto Chihuahuense.

Dulce Yaahid Flores Rentería. Doctora en Ecología por la Universidad Autónoma de Madrid. Investigadora por México comisionada al Cinvestav Saltillo. Autora de reportes del Panel Intergubernamental de Cambio Climático y del Programa ambiental de las Naciones Unidas, especialista en degradación de la tierra. Estudia el efecto antropogénico sobre el estado de salud del suelo.

Francisco Torralba González. Ingeniero Agrónomo Zootecnista del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey y Maestría en Gestión Ambiental por la Universidad Autónoma del Noreste. Estudia y promueve el uso de la ganadería planificada como una herramienta de restauración y regeneración de suelos y ecosistemas dentro de las Áreas de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen y Ocampo.





Las chinampas y los dioses

Sarahi Moya-Cadena^{1*}
Fabián Fernández-Luqueño¹

¹ Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Saltillo; Ramos Arizpe, Coahuila de Zaragoza, México.

*Autor para correspondencia: sarahimoya8@gmail.com, Tel: 8441615959



¿Qué hacer ante una amenaza inminente de escasez de alimento con una población creciente? Quédate a conocer un cachito de nuestra cultura mexicana asociada a las prácticas agrícolas de nuestros antepasados y aprende la manera en que una civilización prehispánica logró superar la escasez de alimentos con la ayuda de los dioses.

Introducción

¿Qué maravillas de la agricultura alberga la cultura ancestral mexicana? Es bien conocido que nuestro México es un país mágico y megadiverso en tradiciones... y la agricultura no es la excepción. La palabra agricultura proviene del latín agri (campo) y cultura (cultivo) cuyo significado se ha asociado con “el arte de cultivar la tierra y habitar la Tierra”. Este concepto no solo representa las prácticas agrícolas, sino que implica un respeto profundo por el suelo a través de una conexión con la mitología prehispánica y la naturaleza.

Hace aproximadamente novecientos años, los dioses le hicieron llegar una profecía a una de las tribus indígenas más poderosas de toda la cultura mexicana conocida como la civilización azteca. Esta profecía decía que debían recorrer un largo camino hacia el sur ya que encontrarían una tierra fértil donde fundarían una gran ciudad -Tenochtitlan-. Liderados por su Dios guerrero Huitzilopochtli, abandonaron su tierra natal mayormente conocida como Aztlán o Chicomoztoc. De esta manera, comenzaron un arduo viaje de trescientos años hacia el sur en búsqueda de la Tierra prometida. En el año 1325, se logró fundar Tenochtitlan -lugar de los dioses- tras encontrar un águila en un nopal devorando una serpiente.

Los aztecas, una civilización prehispánica logró superar la escasez de alimentos con la ayuda de los dioses



Esta nueva civilización se caracterizó por su gran apego a la mitología prehispánica, en la que muchos de los dioses aztecas estaban relacionados con la agricultura del momento. Su relación con los dioses era tan poderosa que realizaban rituales con sacrificios humanos con tal de cosechar los alimentos y apaciguar los poderes de las deidades. Así mismo, los aztecas construían sus pirámides tomando como base a las montañas, ya que se creía que las montañas eran montículos sagrados en los cuales se podían comunicar con sus dioses.

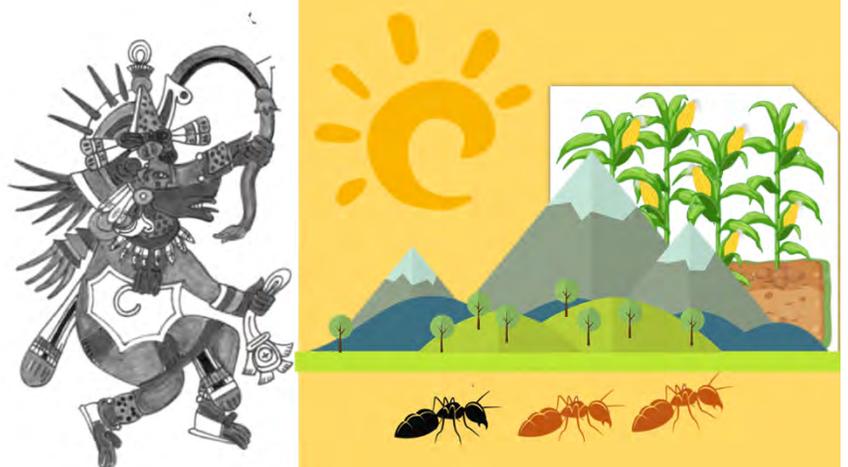
La agricultura implica un respeto profundo por el suelo, a través de una conexión con la mitología prehispánica y la naturaleza

¿Te has preguntado alguna vez como nació la agricultura en la mitología prehispánica?

Cuenta la leyenda que muchos años antes de la existencia del Dios Quetzalcóatl, la civilización azteca solo se alimentaba de animales y raíces. No obstante, detrás de las preciosas y gigantes montañas vecinas, yacía una riqueza sin precedentes que nadie podía alcanzar, el maíz.

Anteriormente, diversos dioses habían tratado de obtener esta riqueza utilizando la fuerza al tratar de dividir las montañas, sin éxito alguno. Nada podía ser máspreciado que el alimento para satisfacer las necesidades de la tribu, así que quien consiguiera tanpreciado tesoro conseguiría no solo el respeto, sino la lealtad de toda la civilización. Fue entonces que apareció Quetzalcóatl, quien prometió a los aztecas que les entregaría el maíz, pero no mediante el uso de la fuerza, sino de la inteligencia.

La leyenda cuenta que el Dios Quetzalcóatl se transformó en una hormiga negra para ir en busca del maíz acompañado de hormigas rojas que conocían el camino, el cual contenía innumerables obstáculos. Sin embargo, él no dejaba de pensar en las necesidades del pueblo azteca y siguió avanzando. Finalmente, Quetzalcóatl llegó al lugar secreto entre las montañas y tomó un grano de maíz entre sus mandíbulas, emprendiendo el camino de regreso. De esta manera, a partir de ese día la civilización azteca prosperó bajo el cultivo y la cosecha del maíz. Por esta razón la tribu practicaba innumerables rituales y ceremonias, para convencer a los dioses de que concedieran sus deseos.





No obstante, aproximadamente en 1265 D. C. se presentó una prolongada escasez de alimento que afectó a la comunidad azteca. El problema comenzó cuando dejó de haber suficiente comida para toda la comunidad azteca debido a que las prácticas agrícolas tradicionales de esa época consistían en cultivos que permitían la cosecha de los alimentos una vez al año. Los líderes de la civilización debían resolver este

problema antes de que la comunidad sufriera grandes pérdidas humanas a falta de alimento. Por esta razón, Acatonalli, líder del imperio, junto con el consejo de ancianos, tuvieron la idea de cultivar alimentos encima del lago. Esto a través de islas artificiales conocidas como “chinampas”, mediante la alternación de capas de lodo y restos de vegetación provenientes del fondo del lago.

El proceso de crear una chinampa era completamente natural y se empleaban constituyentes locales para aprovechar todos los recursos naturales que los dioses les habían proporcionado; lodo del fondo de los canales, restos de plantas acuáticas, excremento humano, entre otros. Los agricultores aztecas colocaban árboles ahuejotes en las esquinas de las chinampas para proporcionar estabilidad a estas islas artificiales. No obstante, la realización de las chinampas conllevaba a una transformación de los ecosistemas naturales, por lo que esta actividad se debía practicar con respeto a los dioses..., la Tierra es de todos y los antepasados no debían olvidarse de eso. Esa responsabilidad de cohesión del hombre con la naturaleza debía realizarse con los dioses como testigos.

Gracias a la invención de las chinampas, las comunidades ancestrales podían cosechar hasta tres cultivos al año. Así mismo, practicaban la rotación de cultivos en estas islas artificiales creadas con el propósito de aprovechar al máximo las condiciones del ecosistema. Bien dicen por ahí “Si la vida te da limones, haz limonada” ... y vaya que supieron sacarle provecho. Durante esta época prehispánica, las chinampas ocupaban gran parte de los lagos y pantanos del Valle de México, por lo que los aztecas extendieron su territorio para formar la ciudad de Tenochtitlan.



El Dios Quetzalcóatl se transformó en una hormiga negra para ir en busca del maíz



¿Será que la fe de creer en sus dioses les dio las herramientas para crear una nueva práctica agrícola en sintonía con el ambiente? Quetzalcóatl les indicó el camino para sembrar el maíz; Chicomecóatl les dio la vegetación, el mantenimiento y la maduración del maíz y Tláloc les dio la lluvia suficiente para que el lago siguiera manteniendo el nivel de profundidad adecuado para que las chinampas se mantuvieran.

¿Será que habremos perdido esa conexión con la naturaleza y por eso no realizamos prácticas agrícolas sustentables (equilibradas en los ámbitos sociales, económicos y medioambientales)?... Los dioses de la cultura mexicana son vestigios culturales de una sabiduría milenaria ancestral que ayudaban a recordarnos nuestro lugar en la Tierra. La mitología fue clave para los aztecas en la época prehispánica que conllevó a la invención de una técnica ancestral de cultivo en lagos.

La técnica de las chinampas es una de las prácticas agrícolas que ha permanecido hasta nuestros días debido al paso del conocimiento a través de las generaciones. En 1987, la UNESCO declaró patrimonio de la humanidad el lago de Xochimilco y sus chinampas diseñadas por los agricultores aztecas. Las enseñanzas de los antepasados a través del tiempo han perdurado gracias al orgullo que representa ser parte de la nueva generación que cuidará estas islas artificiales creadas por el hombre. Hoy en día, los agricultores responsables del cuidado de las chinampas tratan de conjugar el conocimiento ancestral con los avances científicos con el fin de maximizar los recursos disponibles.

He aquí lo relevante. Cultivar alimentos en chinampas no solo se trata de producir y conservar los conocimientos de siglos atrás, producto –al parecer– de mitologías; también implica mejoras y adaptaciones que esos agricultores de hoy han definido y mejorado a través de prueba y error, generación tras generación. No obstante, hoy en día diversos avances científicos y tecnológicos han surgido y estos deberían contribuir a mejorar la calidad de vida de los agricultores chinamperos y la calidad e inocuidad de sus productos, con estricto respeto a sus conocimientos ancestrales, su cultura, sus dioses, sus suelos y nuestra Tierra.





Conclusiones

Con la conquista, los españoles disiparon la mitología prehispánica provocando un sentido de desorientación en la cultura mexicana. Sin embargo, hoy en día debemos recordar que detrás de cada alimento, se encuentran los dioses de la Tierra confabulando para que pueda llegar hasta nuestras manos. Los problemas relacionados con la sequía, la sobrepoblación, las plagas resistentes, entre muchos otros, están haciendo cada vez más difícil el cultivo y transporte de alimentos, por lo que es necesario escuchar y entender el conocimiento ancestral con que cuentan los campesinos para mutuamente ayudarnos y brindarnos opciones consensuadas y complementarias por el bien de su tierra y nuestra Tierra.



Literatura recomendada



González Carmona, E., & Torres Valladares, C. I. (2014). La sustentabilidad agrícola de las chinampas en el valle de México: caso Xochimilco. *Revista Mexicana de agronegocios*. 34.

Feinman, G M. (1997). Presente, pasado, y futuro de las chinampas. *The Hispanic American Historical Review*. 77(2) 328-329.

Torres, J. W. S. *Aztec Mythology: The Influence of Aztec Mythology on Mexican Culture and History*.

Semblanzas de autores

M. en C. Sarahi Moya-Cadena. Estudiante de Doctorado en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Saltillo. Ramos Arizpe, Coahuila de Zaragoza.

Dr. Fabián Fernández-Luqueño. Investigador del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Saltillo. Adscrito a los Programas de Maestría en Ciencias y Doctorado en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, Doctorado en Ciencias en Desarrollo Científico y Tecnológico para la Sociedad y Doctorado en Ciencias en Nanociencias y Nanotecnología.





Nacidos de la tierra y destructores de la misma

Emmanuel F. Campuzano^{1,2*}
Dulce Flores-Rentería²
Octavio Monroy-Vilchis^{3,4}

¹ Universidad Tecnológica del Valle de Toluca, Unidad Académica Capulhuac, Estado de México, México.

² Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Saltillo. Ramos Arizpe, Coahuila de Zaragoza, México.

³ Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma, Lerma, Estado de México.

⁴ Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México, México.

*Autor para correspondencia: efcampuzano@gmail.com, Tel: 962 1639737



La importancia del suelo ha sido enfatizada incluso como parte de las leyendas en las culturas más importantes de México, por ejemplo, la cultura Maya, que incorpora este elemento junto con el agua, formando lodo para la creación de la humanidad. En México, la degradación del suelo es un problema grave que se acentúa en ambientes extremos como las zonas áridas. El suelo es fundamental para el equilibrio de los ecosistemas y la vida del ser humano. Este elemento también se puede degradar, perdiendo sus propiedades físicas, químicas y biológicas, disminuyendo su calidad y limitando su capacidad para brindarnos sus servicios. La degradación del suelo puede medirse empleando indicadores que reflejan sus propiedades. Por otro lado, la gran variabilidad de estos parámetros en los diferentes ambientes dificulta que se tenga un consenso sobre los elementos y métodos más eficientes para medir su degradación. No obstante, también se está desarrollando investigación aplicada que aporte a la solución de dicho problema.

Introducción

En la cultura mesoamericana, los mayas dominaron gran parte del sureste mexicano y dejaron un legado cultural que trasciende hasta nuestros días. Parte de este legado se encuentra en un libro denominado Popol Vuh (de la lengua maya quiché: Popol Wuj) que puede interpretarse como “Libro del Consejo”.



En ese documento se narra la creación de la vida, donde se cuenta que tres dioses: Kuklucán, Tapeau y Caculhá Huracán, formaron la tierra y a todos sus seres vivientes, con excepción del ser humano. Sin embargo, los dioses querían crear un ser semejante a ellos que se acercara a la perfección, que hablara, tuviese conocimientos y los venerara. Entonces, se comenzaron los intentos por crear humanos. El primer material con que intentaron crear a la humanidad fue el lodo, después la madera y finalmente el maíz.

La antropización es la transformación del entorno natural por acción del ser humano

Esta breve aproximación de nuestra cultura nos muestra la percepción del suelo por parte de nuestros antepasados y su importancia como formador de vida en el planeta, particularmente como uno de los primeros materiales empleados para la creación del ser humano, el suelo en forma de lodo. No tan alejado de esta percepción, la importancia ecológica del suelo es precisamente la de fungir como el pilar que brinda el equilibrio de la vida en nuestro planeta, siendo el medio por el cual se realizan muchos de los procesos para la vida como la conocemos hoy en día. Sin embargo, la antropización (transformación del medio natural por acción de los seres humanos) de los ecosistemas naturales ha degradado su valor biológico en términos de su diversidad y funcionalidad (es decir, de los procesos químicos, físicos o biológicos que ahí acontecen), a tal grado de convertir hábitats antes productivos en terrenos desertificados. Podríamos decir que estamos “matando” al suelo, y con ello a nosotros mismos y al planeta. En esta breve reseña abordaremos qué es la degradación del suelo, sus principales detonantes, y qué elementos se pueden emplear como indicadores para detectar esta degradación en nuestro país.

Nacidos de la tierra

Nuestros antepasados concebían al suelo como fuente indispensable para la vida, pues intuían que este contiene los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas que nos proveen de alimento. Sin embargo, la importancia del suelo va más allá. Hoy sabemos que la dinámica ecológica de muchos de los nutrientes del suelo, le permiten almacenar o liberar diversos compuestos como agua, e incluso gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO_2) o el óxido nitroso (N_2O), por lo que el suelo también está involucrado en la regulación del clima. Lamentablemente, con el paso del tiempo y el crecimiento de la población humana, muchas de nuestras actividades (como la agricultura o construcción de ciudades) alteran este delicado equilibrio, degradando el suelo.





¿Qué es la degradación del suelo?

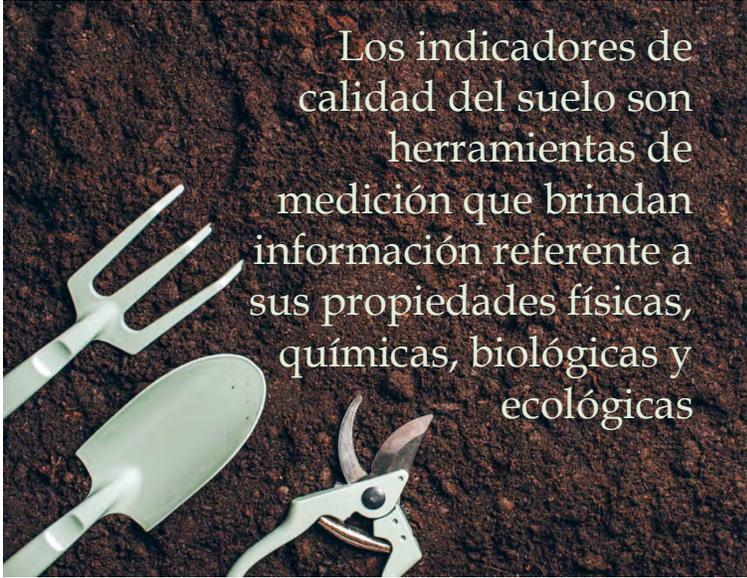
Iniciemos entonces por responder ¿Qué es la degradación del suelo? la degradación del suelo es la disminución de su capacidad para producir bienes o prestar servicios al ecosistema. La degradación se presenta de manera natural o inducida por el ser humano, afectando sus propiedades físicas, químicas, biológicas o ecológicas. La degradación física hace referencia a los procesos que alteran la estructura del suelo, como la compactación, la erosión y que afectan el intercambio de gases y agua principalmente. La degradación química enfatiza los procesos que afectan los elementos y nutrientes del suelo, como la salinización, la alteración del potencial de hidrógeno (acidez o alcalinización) y la disponibilidad e intercambio de nutrientes. La degradación biológica, una de las menos estudiadas, se refiere a la pérdida de microbiota, es decir, de sus microorganismos asociados: bacterias, hongos, virus, entre otros. Finalmente, la degradación ecológica, aún menos explorada, se refiere a la disminución en la interacción entre organismos que habitan el suelo, sus funciones y sus productos.



¿Cómo sabemos cuándo un suelo está degradado?

Para evaluar la degradación del suelo se emplean indicadores de su calidad. Los indicadores de calidad del suelo (en adelante ICS) son herramientas de medición que brindan información referente a cada una de las propiedades antes señaladas (físicas, químicas, biológicas y ecológicas) y que revelan su funcionalidad en el ecosistema. Sin embargo, aún no existen criterios universales para evaluar los

cambios en la calidad del suelo. Algunos investigadores sugieren que los parámetros que evalúen la calidad del suelo deben ser siempre los mismos, esto con el fin de facilitar comparaciones en diferentes circunstancias. Otros investigadores consideran que los ICS no deben ser siempre los mismos, ya que las carencias o restricciones son distintas entre los diferentes tipos de suelos. Además, deben considerar los tres pilares de la sustentabilidad (es decir, los aspectos económicos, sociales y ecológicos) que también son particulares en cada ambiente.



Los indicadores de calidad del suelo son herramientas de medición que brindan información referente a sus propiedades físicas, químicas, biológicas y ecológicas



Bajo esta última perspectiva, los ICS deben entonces:
a) representar los procesos generales del ecosistema,
b) incluir sus propiedades (físicas, químicas,
biológicas y ecológicas), c) representar los elementos
sustentables que se quieren medir, d) representar la
variación espacial y temporal, e) ser accesibles, f)
reproducibles, g) entendibles, h) sensibles a los
cambios del suelo, principalmente por actividades
antropogénicas, y i) preferiblemente ser parte de una
base de datos ya establecida.

De manera general, existe un conjunto de parámetros
(físicos, químicos y biológicos) que pueden analizarse
para identificar los ICS adecuados al tipo de ecosistema
que se desea explorar. Para las propiedades físicas generalmente se analiza la textura
del suelo, la profundidad, la infiltración, densidad y capacidad de retención de agua.
Respecto a las propiedades químicas se analiza la materia orgánica, el pH,
conductividad eléctrica y nutrientes como fósforo, nitrógeno y potasio. Mientras
que, para las propiedades biológicas se suele estudiar el carbono y nitrógeno de la
biomasa microbiana, la respiración del suelo, su humedad, temperatura y nitrógeno
mineralizable.

Ahora que tenemos una idea de lo que es la degradación del suelo y que elementos
nos ayudan a evaluar la calidad del mismo, podemos preguntarnos ¿Cuál es la
situación actual en nuestro país? En México, cerca del 45% (900 millones de km²)
del suelo presenta algún tipo de degradación, siendo la degradación química la
más extendida. Dentro de las actividades humanas que mayor impactan en la
calidad del suelo, las agrícolas con el 17.5% (como el sobrepastoreo o la
agricultura mecanizada) son las de mayor influencia, seguido del
desarrollo urbano (como el crecimiento de ciudades sin adecuada
planificación) y el desarrollo industrial con el 1.5%
(generalmente con los desechos y extracción de materias primas
no regulados). Los estudios que analizan los procesos de
degradación del suelo en México se han venido realizando
desde mediados del siglo XIX, pero como se ha mencionado, la
gran heterogeneidad ambiental de nuestro territorio hace difícil
la comparación de metodologías y la obtención de indicadores
robustos.

**La degradación
del suelo puede
definirse como la
disminución de la
capacidad del
ecosistema para
producir bienes o
prestar servicios**





En México, cerca del 45% del suelo presenta algún tipo de degradación inducida por los seres humanos; producto de actividades agrícolas, desarrollo urbano o industrial

Dada su gran extensión (cerca del 60% del territorio nacional) y condiciones ambientales extremas (altas temperaturas y escasa precipitación) el suelo de los ecosistemas áridos es de los más vulnerables en nuestro país. Como un ejemplo de las acciones de investigación realizadas en estos ecosistemas, haremos referencia a un estudio realizado por algunos de los autores de este manuscrito, miembros del laboratorio de sustentabilidad del suelo del CINVESTAV-Salttillo. En este estudio se exploraron los

principales usos de suelo en el sureste del estado de Coahuila (vegetación nativa, zonas agrícolas, zonas ganaderas, huertos nogaleros y sitios industriales; fotografías al pie de página en ese orden de izquierda a derecha) para identificar los parámetros que reflejan mejor las condiciones del suelo (es decir, los ICS). Después de analizar un conjunto de 42 variables referentes a sus propiedades físicas, químicas y biológicas, la investigación arrojó que la degradación del suelo se ve reflejada principalmente sobre cuatro de ellas (Carbono total, Biomasa microbiana, pH y Respiración del suelo) y que según la estacionalidad (lluvias o secas) su importancia es distinta. Estas variables fueron empleadas como indicadores para establecer cinco categorías de degradación del suelo en la zona de estudio (degradación severa, degradado, degradación moderada, degradación ligera y sin degradación aparente). Este resultado es un pequeño ejemplo de las investigaciones implementadas recientemente para tratar de solventar el grave problema de la degradación del suelo en México.





Conclusiones

Ahora que hemos explorado brevemente lo que es la degradación del suelo, sus causas, la situación en nuestro país y los esfuerzos que se realizan para solventar esta problemática en algunas de las zonas más vulnerables (como las regiones áridas), podemos darnos cuenta de la severidad del problema y la complejidad para la búsqueda de soluciones. Un primer paso para crear estrategias de manejo que permitan un uso del suelo más saludable es conocer la salud y calidad de este de forma práctica. Incrementar los esfuerzos para estudiar este problema en zonas vulnerables es crucial. Debemos recordar pese a que nuestro tiempo es breve en el planeta, no debemos ignorar nuestra responsabilidad para cuidar de nuestros recursos. Cuidemos de nosotros mismos, cuidemos de nuestro suelo.

La importancia de los indicadores es diferente para cada ambiente, por lo que aún no existen criterios universales para evaluar los cambios en la calidad del suelo

Literatura recomendada

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

Campuzano, E. F., Briones, O., Larsen, J., Guillén-Cruz, G., Fernández, F., Flores-Rentería, D. (2022). Procedimiento para evaluar la degradación biológica del suelo en zonas áridas el noreste de México. *Realidad, Datos y Especio. Revista Internacional de Estadística y Geografía*. 13, 38-57. <https://rde.inegi.org.mx/index.php/2022/04/03/procedimiento-para-evaluar-la-degradacion-biologica-del-suelo-en-zonas-aridas-del-noreste-de-mexico>

CONAFOR-UACH (Comisión Nacional forestal-Universidad Autónoma Chapingo). (2013). Línea base nacional de degradación de tierras y desertificación. Informe Final. Zapopan, Jal. México:CONAFO-UACH.

Semblanzas de autores

Dr. Emmanuel F. Campuzano. Es biólogo con un doctorado en Ecología y Desarrollo Sustentable. Estudia la taxonomía, ecología y diversidad de arácnidos del suelo como indicadores de calidad del hábitat en sistemas tropicales y templados. Ha colaborado proponiendo indicadores para medir la respiración y degradación del suelo en zonas áridas del norte de México.

Dra. Dulce Flores-Rentería. Doctora en Ecología por la Universidad Autónoma de Madrid. Investigadora por México comisionada al Cinvestav Saltillo. Autora de reportes del Panel Intergubernamental de Cambio Climático y del Programa ambiental de las Naciones Unidas, especialista en degradación de la tierra. Estudia el efecto antropogénico sobre el estado de salud del suelo.

Dr. Octavio Monroy-Vilchis. Doctor en Biodiversidad y Conservación. Autor de más de 90 artículos científicos. Director de tesis de más de 70 estudiantes de licenciatura y posgrado. Especialista en especies y ecosistemas en riesgo. Fundador y coordinador de 2 centros de investigación y evaluador de proyectos, publicaciones y perfiles académicos y de investigación.





El Rostro de la Tierra: Cambio en el Uso del Suelo

Nayelli Azucena Sigala-Aguilar^{1*}
Sarahi Moya-Cadena¹
Fabián Fernández-Luqueño¹

¹Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Cinvestav Saltillo. Doctorado en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía. Ramos Arizpe, Coahuila de Zaragoza, México.

*Autor para correspondencia: nayelli.sigala@cinvestav.mx, Tel: 844 492 23 49

| Sección II: Procesos de Formación de Suelo |
| Subsección IID: Pérdida |



El constante cambio en el uso del suelo es un fenómeno común en todo el planeta Tierra como consecuencia de la expansión humana. Los cambios en el rostro de la Tierra a menudo están relacionados con la sobreexplotación, deterioro y agotamiento de los recursos naturales, dañando directamente la calidad de vida humana y animal.

Introducción

El rostro de la Tierra está en constante transformación y una de las formas más notables en que esto ocurre es a través del cambio en el uso del suelo. Desde bosques que se transforman en ciudades hasta parcelas agrícolas que se convierten en desiertos, el cambio en el uso del suelo tiene un impacto ambiental profundo en el planeta y calidad de la vida. Por lo tanto, la divulgación y educación ambiental pueden ayudar a la identificación, concientización y creación de acciones que contribuyan a reducir los daños causados por el cambio en el uso del suelo.

El cambio del uso del suelo es un fenómeno común en todo el mundo



De la Naturaleza a la Ciudad

La población humana se encuentra en constante crecimiento, y con ello la necesidad de espacios y áreas para vivir y trabajar; por lo tanto, el cambio del uso del suelo es un fenómeno común en todo el mundo. La expansión urbana a menudo implica la deforestación, que es la eliminación de árboles y vegetación para construir carreteras y edificios, afectando el hogar y entorno natural de animales y plantas presentes. Además, la eliminación de árboles puede afectar la calidad del aire y clima local, ya que los árboles son los pulmones del planeta Tierra, crean oxígeno para los seres vivos y absorben dióxido de carbono. Por lo tanto, la educación y planificación ambientalmente adecuada puede ayudar a proteger la naturaleza. Entre las prácticas más comunes para cuidar el medioambiente en las ciudades se encuentran: Mantener áreas verdes dentro de las zonas urbanas, cuidar el recurso agua y utilizar materiales ambientalmente amigables.

La producción de cultivos puede implicar la deforestación de bosques, sobre labranza del suelo, y suministro excesivo de fertilizantes y pesticidas



Origen de la contaminación y expectativa de solución

La causa principal de este enorme problema no es solo la aplicación excesiva de los fertilizantes, sino también su baja eficiencia. Cerca del 60 al 75% del nitrógeno que se aplica se pierde por lixiviación, escorrentía, volatilización y otros factores de pérdida; provocando la contaminación de los suelos, ríos, lagos y pozos de agua potable. Todo esto, trae como consecuencia adicional grandes pérdidas económicas.

Deterioro del Recurso Suelo

El cambio en el uso del suelo a menudo está vinculado con el uso excesivo de los recursos naturales. La agricultura es una práctica fundamental para la vida humana, la cual involucra la manipulación y el aprovechamiento de recursos naturales como el suelo y agua para la producción de alimento vegetal y animal con destino al consumo humano. La producción de cultivos puede implicar la deforestación de bosques, sobre labranza del suelo o suministro excesivo de fertilizantes y pesticidas, entre otros.



**El remplazo
excesivo de
bosques por
ciudades o
parcelas agrícolas
puede ocasionar
problemas
ambientales**

La crianza de ganado en exceso conocido como sobre pastoreo, puede eliminar los espacios de aire y agua en el suelo a través de la compactación (Figura 1). Un suelo compactado dificulta su conservación y restauración, ya que obstruye el crecimiento de plantas e infiltración de agua en las áreas afectadas, lo que a su vez limita la cantidad de materia orgánica y exudados de raíces. Esto afecta a los microorganismos del suelo y su calidad y salud (Figura 1c). La vida del suelo se refiere a los organismos que viven en el mundo oculto debajo de nuestros pies, los cuales son de gran importancia en la fertilidad del suelo ya que son los responsables de transformar la materia orgánica en nutrientes disponibles para las plantas (Figura 1a). Por lo anterior, el cambio inadecuado y no controlado en el uso del suelo, además de cambiar el rostro del planeta Tierra, puede ocasionar el agotamiento y deterioro irreversible en el funcionamiento del suelo.

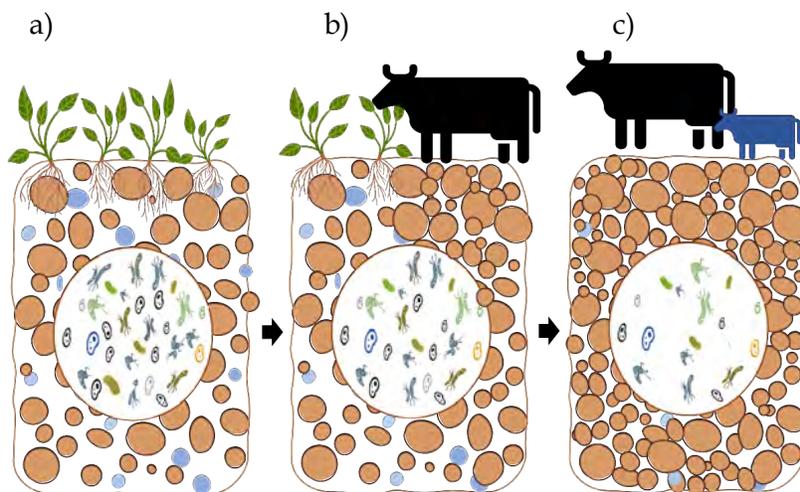


Figura 1. Agotando el recurso suelo. a) crecimiento y desarrollo de planta y raíz en un suelo con suficiente espacio poroso; b) reducción del espacio poroso y vida en el suelo como consecuencia del sobrepastoreo; c) pérdida del espacio poroso lo que obstaculiza el crecimiento y desarrollo de las plantas, disminuyendo los microorganismos en el suelo.

Agotamiento del Suelo

Además, el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas pueden llegar a contaminar el agua y suelo. Imagina que el suelo actúa como un filtro natural para el agua y funciona como una esponja que absorbe y limpia el agua de lluvia a medida que atraviesa el suelo (Figura 2b).



Por consiguiente, cuando se aplican demasiados productos químicos en el suelo, el agua que salga de este estaría contaminada y no sería adecuada para consumo de humanos y animales (Figura 2b). Lo cual, indudablemente podría tener graves consecuencias en la calidad de vida humana en términos de salud, seguridad alimentaria y calidad del medioambiente.

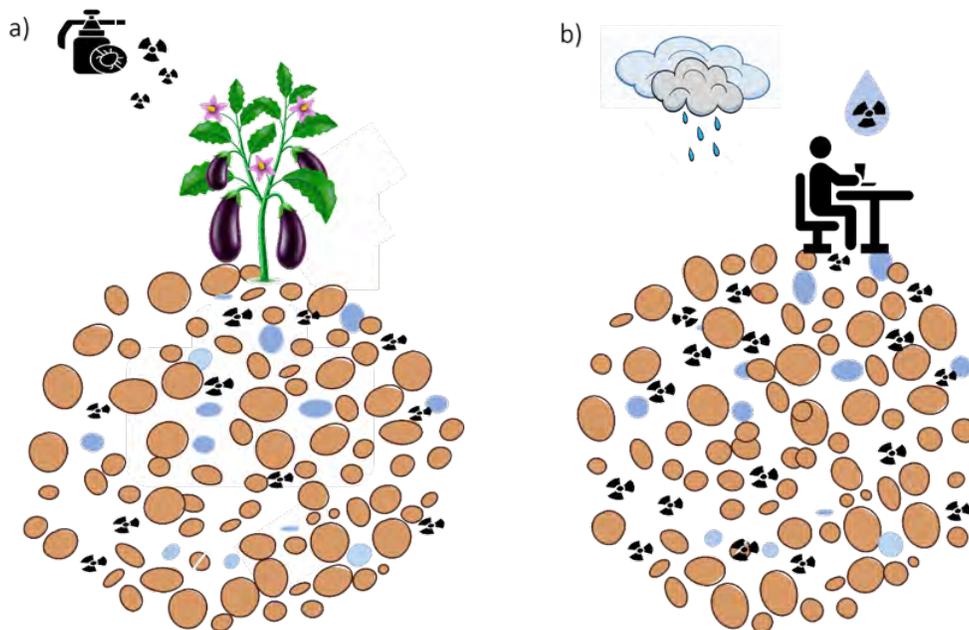


Figura 2. Contaminación y deterioro del suelo. a) contaminación del suelo y agua por aplicación excesiva de fertilizantes y pesticidas; b) suelo deteriorado y contaminado como consecuencia de la aplicación en exceso de fertilizantes y pesticidas en la agricultura, lo que resulta en la contaminación de agua infiltrada.

Preservando la naturaleza

Identificar y atender los daños causados por el cambio en el uso del suelo es fundamental para preservar la naturaleza y el hábitat vegetal y animal. La divulgación relacionada con el cambio del uso del suelo puede ayudar a identificar y atender los problemas, además de educar y crear conciencia sobre las consecuencias. Por lo tanto, la divulgación y educación ambiental desempeñan un papel esencial en la promoción de prácticas amigables con el ambiente, que ayuden a satisfacer las necesidades de la población actual y futura.

El cambio en el uso del suelo a menudo está vinculado con el uso excesivo e inadecuado de los recursos naturales



El cambio de uso de suelo
modifica el rostro del planeta
Tierra y ocasiona el agotamiento y
deterioro irreversible en su
funcionamiento

La divulgación y educación ambiental no solo informan a las personas sobre las consecuencias, sino también pueden inspiran a crear conciencia y motivar a más personas a tomar acciones para reducir o revertir el daño, adoptando prácticas para la restauración del suelo. Entre las practicas más comunes se encuentra la reforestación,

revegetación, rotación de cultivos y pastoreo rotativo. Si el daño que sufre el suelo fuera severo, aún sería posible recuperarlo, pero se podrían requerir otras técnicas más específicas, reconocidas como remediación. Sin embargo, estas técnicas de remediación son costosas, lentas y requieren conocimiento especializado. Es decir, lo más fácil y barato es cuidar y regular el cambio de uso de suelo, para que su calidad no se agote y con ello la capacidad para realizar sus funciones se mantenga a través del tiempo.

No obstante, identificar, atender y revertir los daños causados por el cambio en el uso del suelo es una tarea compleja, que implica tiempo y requiere el compromiso de gobiernos, comunidades, organizaciones ambientales y la sociedad en su conjunto.

Conclusiones

La transformación en el rostro de la Tierra puede tener consecuencias irreversibles en la vida y funcionamiento del suelo, lo cual tendría consecuencias directas en la calidad de vida de los humanos. Por lo cual, identificar, crear conciencia y atender los daños causados por el cambio en el uso del suelo son practicas necesarias y fundamentales para satisfacer las necesidades actuales, sin comprometer la posibilidad de que las futuras generaciones también cuenten con el valioso recurso suelo.





Literatura recomendada

Brown, G. (2018). *Dirt to soil: One family's journey into regenerative agriculture*. Chelsea Green Publishing.

Casillas, R. (2020). Migración internacional y cambio climático: conexiones y desconexiones entre México y Centroamérica. *URVIO Revista Latinoamericana de Estudios de Seguridad*, (26), 73-92.

Mora, F. C., Morán, E. S. H., & Villalva, J. C. G. (2019). Sostenibilidad de los sistemas de producción de ganadería extensiva. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 4(1), 180-195.

Semblanzas de autores

Nayelli Azucena Sigala-Aguilar. Estudiante de Doctorado en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía en Cinvestav Unidad Saltillo.

Sarahi Moya-Cadena. Estudiante de Doctorado en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía en Cinvestav Unidad Saltillo.

Fabián Fernández-Luqueño. Investigador del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Saltillo. Adscrito a los Programas de Maestría y Doctorado en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, Doctorado en Ciencias en Desarrollo Científico y Tecnológico para la Sociedad y Doctorado en Ciencias en Nanociencias y Nanotecnología.



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>



Dulce Y. Flores Rentería
Investigadora por México, Cinvestav Saltillo
yaahid.flores@cinvestav.edu.mx

¿Cómo impacta la agricultura sustentable al suelo y al medioambiente?



Rotación de cultivos, uso de inter-cultivos y cultivos asociados

Protegen al **suelo** de la erosión y contribuye al ciclado de **nutrientes**.



Uso eficiente de agua y energía

Reduce la **pérdida** por evaporación y escorrentía, disminuyen los costos operativos y se **retienen más nutrientes**.



Selección y adaptación local

Mayor **resistencia** a enfermedades, plagas y el cambio climático.



Administración ambiental, viabilidad económica, justicia social

Uso responsable de los recursos naturales. **Reduce las desigualdades** económicas y sociales.



Uso de fertilizantes orgánicos y control biológico

Mayor **biodiversidad** de polinizadores y microorganismos benéficos en el suelo. **Reduce** la **contaminación** y la toxicidad.



La importancia del suelo en la expresión artística

Karen Judith Barrón Cerda¹
Héctor Andrés García Alaniz¹
Marco Antonio Gómez Gálvez¹
Astrid Iriana Sánchez-Vázquez^{1*}

¹ Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.

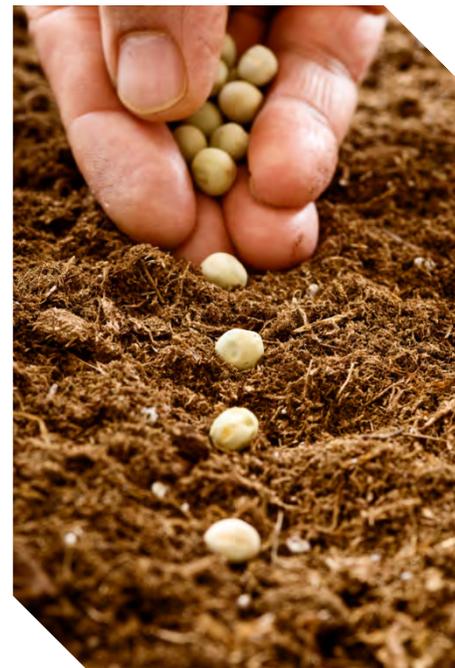
*Autor para correspondencia: astrid.sanchezvz@uanl.edu.mx, Tel: 8183-294000 ext 6281



Es importante recordar que la ciencia y las artes no son materias excluyentes, todo lo contrario, la vida en sí es toda una Ciencia y de ella viene la inspiración detrás de grandes obras como la que recomendamos en esta sección.

El horizonte A es la capa que se encuentra en la parte superior del suelo, característico por tener gran diversidad de organismos vivos y la mayor actividad biológica, que es el principal indicador de la salud del suelo y, además, permite que el agua de lluvia pueda atravesar fácilmente, provocando un arrastre de nutrientes hacia las capas inferiores (lixiviación), beneficiando con ello a las plantas y a la vida en general.

El arte es una forma para expresar los diferentes sentimientos, y el sentimiento hacia la vida proveniente del suelo, no es la excepción. La cantautora de origen noruego Aurora Asknes, en su sencillo titulado "The Seed", perteneciente al álbum "A Different Kind Of Human (Step II)" publicado en el año 2019, nos complace con una canción donde se describe metafóricamente al horizonte A. Aurora abre con la lírica "Justo como la semilla, no sé a dónde ir, a través de la suciedad y la sombra crezco, luchó por alcanzar la luz", expresando el estado de desconcierto y deterioro en el que se encuentra, justo como una semilla al ser plantada en un nuevo lugar del suelo y donde muchas veces, este suelo está contaminado. Posteriormente, Aurora establece firmemente su discurso: "No puedes alimentarte del dinero, cuando el último árbol se haya caído y los ríos se encuentren contaminados, no podrás alimentarte del dinero", retomando las palabras del Jefe Indio Noah Sealthe, y recordándonos que el suelo es vida, sin este no tendremos nada.





La conciencia ambiental es el primer peldaño para lograr inspirar a una sociedad en su lugar, en el medio ambiente y en el entorno en el que habita

Acompañado la estrofa anterior, viene “Sofócame para que mis lágrimas puedan ser lluvia, así, regaré el suelo en el que me encuentro para que las flores vuelvan a crecer”, donde se hace referencia a una de las características más importantes de este horizonte A, donde el agua de lluvia alimenta las raíces de las plantas.

Hacemos énfasis en escuchar esta pieza musical, la cual puede encontrarse directamente Youtube: <https://youtu.be/96GWA4G4fHw> o Spotify: <https://open.spotify.com/track/3EUXLUKx2zNUzb2otMc8HH?si=260b4813eb404a22>. No olvidemos que el arte puede fomentar conocimiento no común dentro de la sociedad, alimentando así la conciencia ambiental humana.

Literatura recomendada

CK-12. (2016). El perfil del suelo y sus horizontes. Revisado el día 19 de junio del 2023, desde <https://www.ck12.org/book/ck-12-conceptos-de-ciencias-de-la-tierra-grados-6-8-en-español/section/9.7/>

[https://en.wikipedia.org/wiki/A_Different_Kind_of_Human_\(Step_2\)](https://en.wikipedia.org/wiki/A_Different_Kind_of_Human_(Step_2)) Revisado el día 10 de junio del 2023.

Semblanzas de autores

Karen Judith Barrón Cerda. Estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, en la FCQ-UANL, aspiro a convertirme en un profesional del área de medio ambiente, salud y seguridad con la finalidad de difundir las prácticas ambientales adecuadas dentro de los giros industriales.

Héctor Andrés García Alaniz. Estudiante de la carrera de IAM, en la FCQ-UANL, mi objetivo es poder difundir conocimientos sobre la preservación del suelo y en un futuro aplicarlos como profesional.

Marco Antonio Gómez Gálvez. Estudiante de la carrera de IAM, en la FCQ-UANL, mi meta es ser un agente de cambio respecto al desarrollo sustentable y buen manejo de los recursos medio ambientales.

Dra. Astrid Iriana Sánchez-Vázquez. Profesora de la carrera de IQ en la FCQ-UANL, mi objetivo es dar más conciencia ambiental en suelos a la comunidad estudiantil, así como animarlos a compartir su conocimiento y ganas de ayudar a la sociedad.





Documentales geniales para que no te Baneen cuando hablen de suelos

Jessica E. Martínez-Vázquez^{1*},
Fabián Fernández-Luqueño¹

¹Centro de Investigación de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV Unidad Saltillo); Ramos Arizpe, Coahuila de Zaragoza, México.

*Autor para correspondencia: elizabeth.martinez@cinvestav.mx Tel: 5516446298

El suelo es muy bondadoso con todos los seres vivos del planeta, debido a que proporciona alimentos, fibras para la ropa, combustible, medicinas y da vida a lugares con paisajes maravillosos para disfrutar de la naturaleza.

Además de las funciones antes mencionadas, el suelo almacena y filtra agua, reduce contaminantes, recicla nutrientes, regula el clima y es fundamental en la lucha contra el calentamiento global. Es una fortuna que se realicen documentales que difundan información inédita para conocer mejor el suelo. Esta información es una herramienta de investigación que podrá ser utilizada por generaciones venideras como evidencia de lo que sucedió en épocas pasadas.

Algunos de estos documentales están disponibles en plataformas de streaming, como Netflix o en plataformas de acceso libre como YouTube. Aquí, presentamos cinco documentales geniales que nos explican a detalle la importancia del suelo.

El término “banear” no es conocido por toda la población, es un término reciente, que hace referencia a limitar la interacción de una persona dentro de un grupo





1. Besa el suelo, 2020 (Disponible en Netflix). Duración: 1h 24m.

Directores: Josh Tickell, Rebecca Tickell

Este documental es narrado por el actor Woody Harrelson (*Zombieland*, 2019), nos lleva de la mano de diversos activistas en donde nos explican cómo el suelo es el principal protagonista para mitigar el cambio climático, desde cuándo se han tomado acciones para protegerlo y prevenir la pérdida de este recurso natural tan importante.

2. Edward Norton es el suelo, 2014 (Disponible en <https://www.conservation.org/nature-is-speaking>). Duración 1h 27m.

Edward Norton (*El Ilusionista*, 2006) habla en primera persona como “el suelo”. Apelando a nuestra conciencia, nos quita la venda de los ojos y revela el enorme problema de la pérdida de suelos con una frase contundente: “Sin mí, los humanos no pueden existir, pero me tratan como suciedad”.



3. Arar para el clima: tierra sana, mundo sano, 2022 (Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=76uSdKCbsQQ>). Duración 2h.
Documental Plowing for Climate: Healthy Soil, Healthy World

En el mundo se pierden más de 10 hectáreas de suelo fértil por año. Recuperar el suelo de donde alguna vez se extrae uranio, suena imposible. Sin embargo, en este documental expertos en microbiología y geología nos enseñan las relaciones entre las raíces de las plantas, los hongos y las bacterias para superar la contaminación del suelo originada por ácidos y metales.



Arar para el clima: tierra sana, mundo sano



4. El último bosque, 2021 (Disponible en Netflix). Duración 1h 16m.

La comunidad Yanomani que habitan en amazonia, lucha para preservar sus tradiciones y el entorno natural que ellos consideran su hogar. La urbanización y la modernidad amenaza su tribu, los yanomanis explican con sus propias palabras su estilo de vida y su historia en el bosque del amazonia.



El último bosque

5. Antes que sea tarde, 2018 (Disponible en Disney+). Duración 1h26m

En esta faceta como activista ambiental, Leonardo DiCaprio (El Renacido, 2015) nos muestra el deterioro originado por el cambio climático y cómo afecta a las comunidades marginadas en las selvas y las zonas costeras. Es un retrato crudo sobre la deforestación, la pérdida de los ecosistemas y como el ser humano ha contribuido a que esto suceda más rápido.



Antes que sea tarde

Semblanzas de autores:

Jessica E. Martínez-Vázquez. Estudiante de Doctorado en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Saltillo. Ramos Arizpe, Coahuila de Zaragoza.

Fabián Fernández-Luqueño. Investigador del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Saltillo. Adscrito a los Programas de Maestría en Ciencias y Doctorado en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, Doctorado en Ciencias en Desarrollo Científico y Tecnológico para la Sociedad y Doctorado en Ciencias en Nanociencias y Nanotecnología.



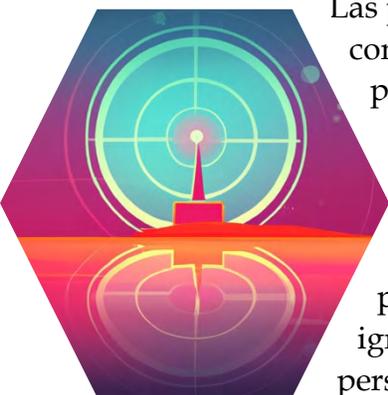


Ciencia en la toma de decisiones: La formación de un nuevo perfil

Alma Cristal Hernández
Mondragón^{1*}

¹ Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN

*Autor para correspondencia: achernandez@cinvestav.mx



Las personas que trabajamos en la academia generalmente somos conscientes del proceso racional que implica tomar decisiones, ya sean personales, institucionales o familiares. Asimismo, somos conscientes de la necesidad de considerar una gran diversidad de elementos, no solo razones científicas sino todas aquellas que sean útiles para tomar la decisión más funcional. No obstante, en la política o incluso en la academia, de forma no poco frecuente, encontramos decisiones que no parecen haber seguido este proceso, o bien, que deliberadamente ignoraron elementos útiles por convenir a los intereses de algunas personas o grupos. Lo mismo sucede en las decisiones públicas, con la diferencia de que existen elementos que usualmente no se encuentran presentes en la mesa de decisión: la evidencia científica.

Debemos comprender que, incluso cuando contribuimos con información científica en forma de artículos científicos, charlas técnicas o participamos en foros de divulgación, la toma de decisiones por parte de los actores encargados de la normativa sigue un proceso altamente específico, del cual a menudo no estamos plenamente conscientes.

En el ámbito académico, es crucial que seamos conscientes y comprendamos las diversas vías a través de las cuales las personas pueden acceder a la información, así como el formato en el que la reciben. Por ejemplo, la información presentada en un artículo científico, sin importar cuán alto sea su factor de impacto en la revista en la que se publicó, no necesariamente resultará útil de manera automática en el proceso de toma de decisiones. Esta información no puede utilizarse de manera aislada; en cambio, debe ser 'traducida' y contextualizada en relación con la situación que se va a decidir. Finalmente, debe ser comunicada eficazmente a la persona encargada de tomar la decisión.

La información que se presenta en un artículo científico, por más factor de impacto que tenga la revista donde se publicó, no podrá ser de utilidad en el proceso de forma automática



¿Quién puede hacer ese papel?

Considero que, de manera óptima, esta labor podría ser realizada por una persona con una formación dual en ciencia y política. El enfoque que se brinde posteriormente puede variar significativamente. En la literatura, a este rol se le ha denominado como 'intermediario del conocimiento', 'promotor o activista', 'intermediario honesto', entre otros. Yo lo llamo 'asesor científico profesional'. En todo momento, deben prevalecer la honestidad, ética, imparcialidad, apartidismo, y otros valores en su trabajo. La voz de la ciencia debe integrarse al coro, no dirigirlo ni silenciarlo.



Figura 1. Imagen creada por DALL-E 3 al pedirle una imagen de alumnos aprendiendo nuevas habilidades.

La traducción de la información podría ser realizada por una persona con una formación dual en ciencia y política

Creo que ha llegado el momento de abrir nuevas oportunidades para las personas graduadas de la academia que deseen aplicar sus conocimientos de manera no convencional. Su labor podría consistir en trabajar a tiempo completo en 'traducir' la ciencia y la política, en identificar y sugerir decisiones basadas en evidencia científica para una sociedad bien informada.



Para ello, es necesario comenzar a brindar nuevas opciones curriculares a los estudiantes, tanto en asesoramiento científico, como en emprendimiento, pedagogía, habilidades blandas, etc. Creo que es el momento de formar a las nuevas generaciones, con habilidades que nosotros no tuvimos y prepararlos para un futuro que ya nos alcanzó.

No vale la pena seguir quejándonos solamente. Seamos parte de la formación de personas capaces de promover una mayor colaboración entre la ciencia y la política, asegurando así una representación más inclusiva en la toma de decisiones públicas.



Literatura recomendada

Torsten John, Kyle E. Cordova, Christopher T. Jackson, Alma C. Hernández-Mondragón, Bianca L. Davids, Lovish Raheja, Jovana V. Milić, and João Borges. 2023 Engaging Early-Career Scientists in Global Policy-Making *Angewandte Chemie* 10.1002/anie.202217841 and 10.1002/ange.202217841

Semblanzas de autores

Dra. Alma Cristal Hernández Mondragón Alma es Química Farmacéutica Bióloga, Maestra en Neurofarmacología y Terapéutica Experimental y Doctora en Desarrollo Científico y Tecnológico para la Sociedad. Es pionera en México en el estudio, práctica y diseño de cursos en asesoramiento científico gubernamental y diplomacia científica. Coordinó el programa de Estancias de Interfaz Ciencia-Política en el Gobierno de la Ciudad de México, pionero en el país y en Latinoamérica para formación de especialistas en asesoramiento científico gubernamental.





Crucigrama voces del suelo

Andrés Torres-Gómez^{1*}
Fabián Fernández-Luqueño¹

¹Centro de Investigación de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV Unidad Saltillo); Ramos Arizpe, Coahuila de Zaragoza, México.

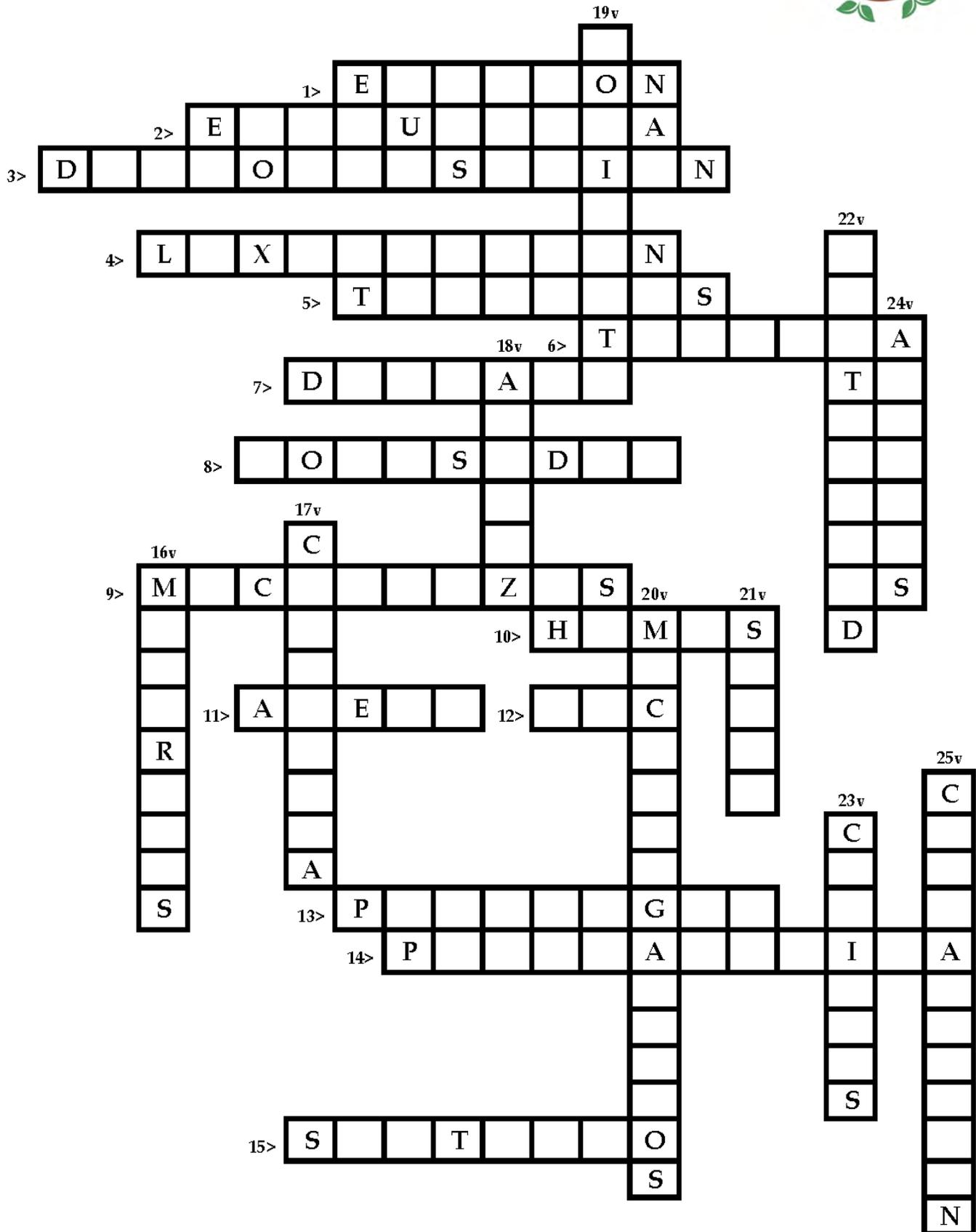
*Autor para correspondencia: andres.torres@cinvestav.edu.mx. Tel: 8441751804

Este juego desafía a los jugadores a descubrir términos relacionados con las características o propiedades del suelo, a medida que completan las palabras, los jugadores adquieren conocimientos y comportamientos de los procesos que se llevan a cabo dentro del suelo, mostrándolo como un biosistema no aislado.



La solución al crucigrama se publicará en el Número 2 de la Revista Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente







HORIZONTALES

- 1 Causa pérdidas absolutas de suelo de la capa superficial y nutrientes del suelo, puede ser hídrica o eólica.
- 2 Propiedad física en donde las partículas texturales se asocian para formar agregados, esta propiedad afecta a la aireación, movimiento del agua, conducción térmica, etc.
- 3 Proceso por el cual los microorganismos degradan la materia orgánica en moléculas más simples.
- 4 Proceso de lavado o migración de nutrientes del suelo por acción de agua. Algunos minerales como los nitratos se precipitan a horizontes inferiores y contaminan cuerpos de agua.
- 5 Grandes masas de tierra que quedan después de arar un campo. Se forman en suelos arcillosos cuando éstos se secan.
- 6 Propiedad física que describe la proporción de arena, limo y arcilla en un suelo).
- 7 Capacidad del suelo de absorber con mayor o menor rapidez el agua de un riego o de la lluvia, determinado por tamaño, forma e interconexión de los poros.
- 8 Propiedad física que se refiere al suelo no ocupado por sólidos.
- 9 Simbiosis entre raíces de plantas vasculares y algunos hongos, funcionan como un sistema de absorción que se extiende por el suelo para proporcionar agua y nutrientes a la planta y a su vez protegen a las raíces de patógenos
- 10 Compuesto por sustancias orgánicas difíciles de degradar y por ello resulta lenta su descomposición. Cuando se precipita a horizontes inferiores forma complejos con arcillas.
- 11 Partícula del suelo que superan el tamaño de 2 mm (grande).
- 12 Capacidad del suelo para intercambiar y retener cationes. Se expresa en meq/100 g.
- 13 Ciencia que estudia la formación y propiedades del suelo.

HORIZONTALES (continuación)

- 14 Término que describe el paso de fluidos entre las partículas del suelo.
- 15 Soporte físico donde crecen y se desarrollan las plantas o animales, puede ser natural o sintético como vermiculita, corteza de pino, zeolita, etc.

VERTICALES

- 16 Nutrientes que se encuentran en el suelo en diferentes formas inorgánicas por ejemplo NO_3^- , PO_4^{3-} , K, etc.
- 17 Material físico que protege al suelo de erosión y degradación; por ejemplo, plantas, restos de cosecha, cemento, asfalto, etc.
- 18 Actividad de los iones hidrogeno en la fase acuosa del suelo. Es medida y expresada como valores de pH.
- 19 Capa del suelo con características físicas y químicas particulares. Hay seis principales O, A, E, B, C y R y entre ellos puede haber subsecciones.
- 20 Bacterias, hongos, protozoarios y nematodos. Intervienen en ciclos del nitrógeno y carbono.
- 21 Recurso natural que sustenta vida terrestre y provee diversos servicios ecosistémicos, tiene propiedades físicas (estructura), químicas (pH) y biológicas (fijación biótica de nitrógeno).
- 22 Capacidad de que un suelo cuente con las sustancias indispensables para que las plantas se desarrollen bien.
- 23 Iones positivos como calcio y potasio esenciales para el desarrollo de las plantas.
- 24 Iones negativos como nitrato y fosfato importantes para la nutrición vegetal.
- 25 Aumento de densidad aparente del suelo, reduciendo su aireación y permeabilidad.



Literatura recomendada



<https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>

<https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>

https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/2020

Semblanzas de autores

Andrés Torres-Gómez. Originario de la ciudad de Saltillo Coahuila, estudiante de Doctorado en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía y Maestría en Ciencias de la misma especialidad graduado en CINVESTAV Unidad Saltillo, Ingeniero industrial y de sistemas graduado en el Tecnológico de Monterrey Campus Saltillo.

Fabian Fernández-Luqueño. Investigador del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Saltillo. Adscrito a los Programas de Maestría en Ciencias y Doctorado en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, Doctorado en Ciencias en Desarrollo Científico y Tecnológico para la Sociedad y Doctorado en Ciencias en Nanociencias y Nanotecnología.





Desenterrando las raíces del cambio: suelo, agricultura y medio ambiente

Sarabia-Castillo, César R.^{1*}

¹ Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Unidad Saltillo

*Autor para correspondencia: ing.cesarsarabia@gmail.com; 844-294-47-64

A lo largo de la historia, pocas áreas del conocimiento han evolucionado tanto como nuestra comprensión del suelo, la agricultura y su impacto sobre el medioambiente. En este sentido, la agricultura, que en sus raíces era el arte ancestral de cultivar el suelo, basado en tradiciones e intuiciones, ahora se ha convertido en una ciencia sofisticada, que marca una revolución de conocimientos innovadores. Esta transformación, está redefiniendo la forma en que interactuamos con el suelo de una manera sustentable sin poner en riesgo el futuro de nuestro planeta.

El suelo, no solo se trata de una mezcla de materia orgánica y rocas; más bien, es un cuerpo natural que respira y alberga una amplia diversidad de bacterias, hongos y protozoos

El suelo, la base de la vida

Durante siglos, el suelo fue considerado como un medio sin vida, producto del desgaste de las rocas y sobre el cual crecen las plantas. Sin embargo, los avances recientes en la ciencia del suelo han dado a conocer su asombrosa complejidad. Por lo tanto, hoy en día se sabe que el suelo, no solo se trata de una mezcla de materia orgánica y rocas; más bien, es un cuerpo natural que respira y alberga una amplia diversidad de bacterias, hongos y protozoos. Estos elementos conforman una delicada red de vida que desempeñan un papel crucial en la fertilidad y resiliencia del suelo.

Hoy en día, se reconoce la importancia de la salud del suelo y su relación directa con la productividad agrícola. Por lo tanto, se ha optado por la implementación de prácticas de agricultura regenerativa, es decir, enfocadas en rehabilitar el suelo mediante la asociación de cultivos, y la reducción en el uso de maquinaria; de este modo, se reemplazan los métodos agrícolas convencionales que alguna vez dependen únicamente de insumos químicos.



| Sección IV: Horizontes Genéticos Mayores y Capas
| Subsección IVH: Capa M |

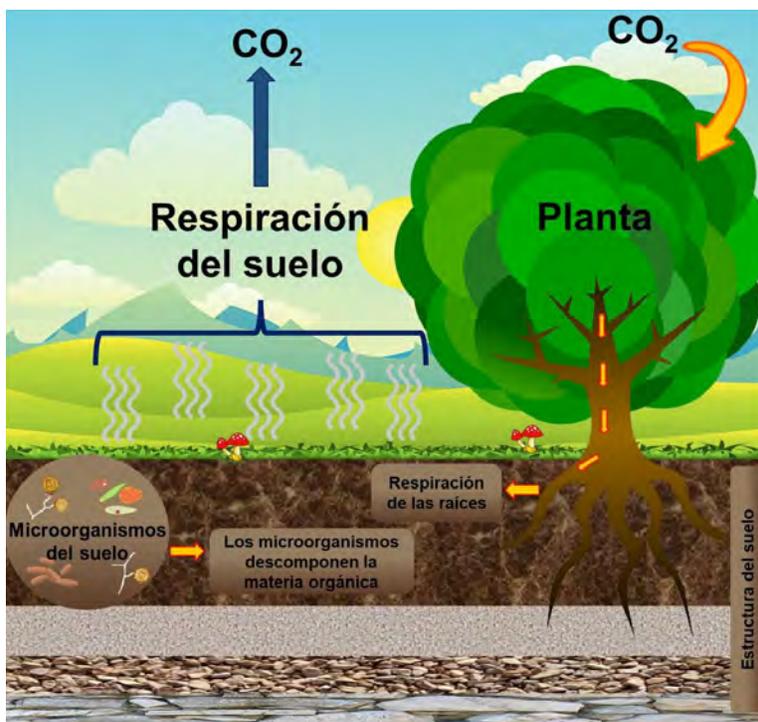


Figura 1. Respiración del suelo como resultado de la actividad de los microorganismos del suelo y la respiración de las raíces de las plantas.

Al adoptar estos nuevos enfoques, los agricultores pueden incrementar la productividad de sus cultivos y minimizar el impacto ambiental ocasionado por la degradación del suelo.

Agricultura, el viaje del monocultivo a la biodiversidad

Históricamente, los campos agrícolas han estado dominados por el monocultivo, una estrategia que optimizó el manejo de los cultivos y, en su momento, aumentó la producción agrícola. Sin embargo, el empleo de un solo cultivo hizo que la agricultura fuera más susceptible a enfermedades, plagas y a los efectos del cambio climático. Recientemente, se ha buscado un cambio de paradigma donde se promueva la conservación de la agrobiodiversidad mediante el intercalado de cultivos, es decir, la convivencia de diferentes especies con hábitos de crecimiento distintos que pueden ser complementarios. Asimismo, el uso de los policultivos no solo implica una estrategia para el control de plagas y enfermedades, sino que ayuda a incrementar la fertilidad del suelo. De esta manera, este enfoque es consistente con los principios de la agroecología, que tiene como objetivo armonizar la agricultura con los ecosistemas y utilizar los procesos naturales para favorecer la productividad sustentable de alimentos.

El uso de los policultivos no solo implica una estrategia para el control de plagas y enfermedades, sino que ayuda a incrementar la fertilidad del suelo



Conciencia medioambiental y prácticas sustentables

Las consecuencias de las prácticas agrícolas tradicionales son evidentes, en la que se incluyen el uso excesivo de pesticidas y fertilizantes sintéticos, afectando a insectos, microorganismos benéficos y contaminación de mantos acuíferos y cuerpos de agua superficiales. Entre las estrategias que se constituyen como una respuesta a esta situación, la representan la implementación de los sistemas de producción orgánica, donde se prohíbe el uso de productos químicos nocivos y favorece el equilibrio ecológico.

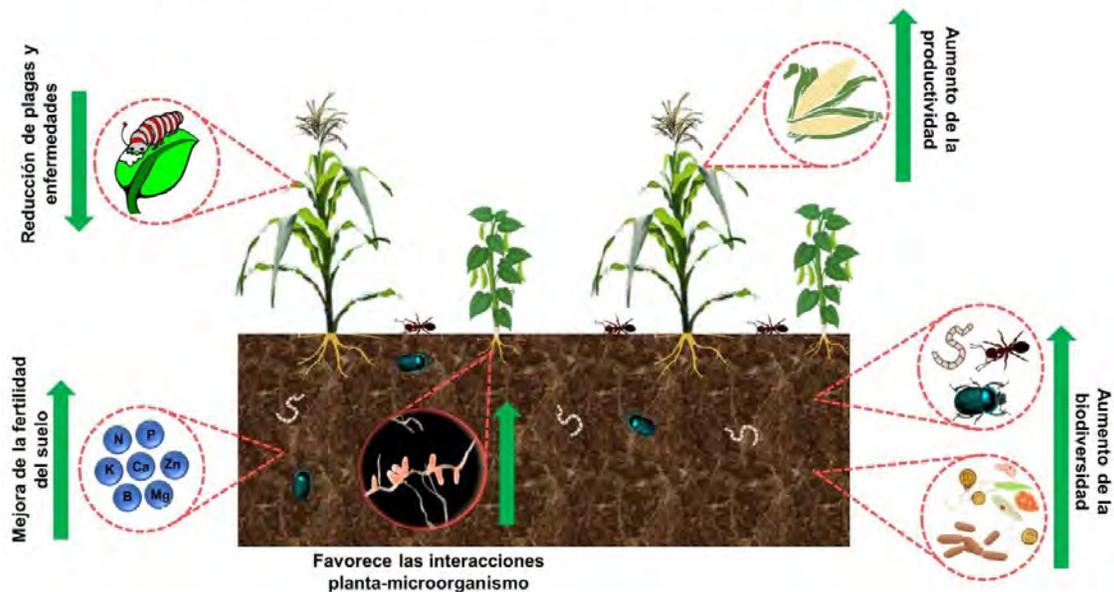


Figura 2.- Beneficios de la práctica de cultivos intercalados

Al adoptar la biodiversidad y utilizar prácticas agrícolas más amigables con el ambiente, en combinación con tecnologías avanzadas, se está trabajando en lograr un futuro más prometedor

La preocupación generalizada sobre el impacto negativo del cambio climático en la agricultura, ha acelerado la búsqueda e implementación de tecnologías innovadoras, entre ellas, la agricultura de precisión, que implica la generación e interpretación de datos espaciales (temperatura, precipitación, fertilidad del suelo, entre otros) para optimizar las prácticas agrícolas, y de este modo, reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), principal factor que induce las condiciones climáticas cambiantes. Las consecuencias de las prácticas agrícolas tradicionales son evidentes, en la que se incluyen el uso excesivo de pesticidas y fertilizantes sintéticos.

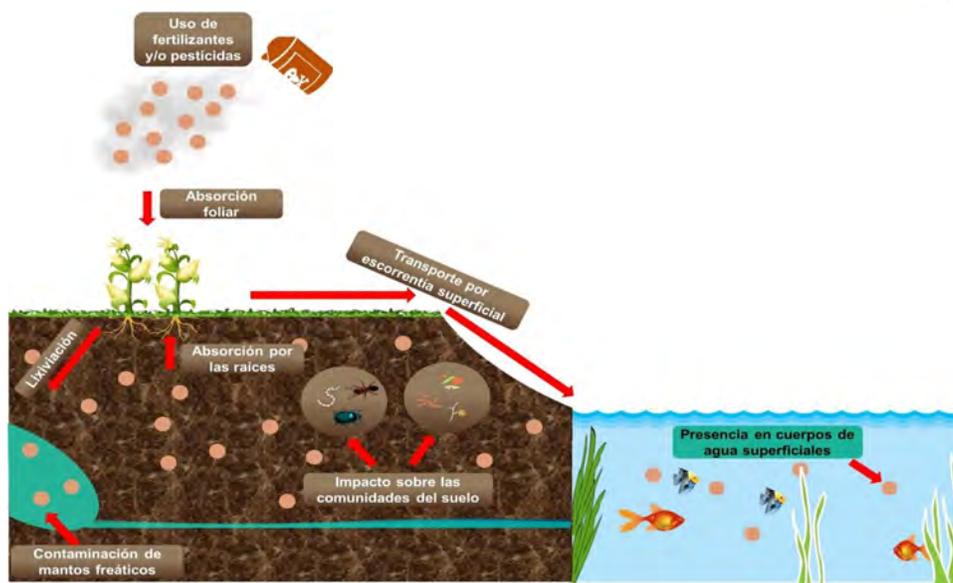


Figura 3.- Consecuencias medioambientales del uso excesivo de pesticidas y fertilizantes sintéticos

Conclusión

El continuo crecimiento y evolución de nuestro conocimiento acerca del suelo, la agricultura y el medioambiente, nos permite trazar un camino hacia un futuro sustentable. Al adoptar la biodiversidad y utilizar prácticas agrícolas más amigables con el ambiente, en combinación con tecnologías avanzadas, se está trabajando en lograr un futuro más prometedor. Esto implica mejorar la seguridad alimentaria, proteger los ecosistemas y mantener el delicado equilibrio de nuestro planeta para las generaciones futuras. Al hacerlo, reconocemos la importancia del conocimiento y la innovación en nuestra historia y nos damos cuenta de que cada paso hacia el mañana refleja la resiliencia de la mente humana.



Literatura recomendada

- Montaño-Arias, N., Navarro-Rangel, M., Patricio-Lopez, I., Chimal-Sanchez, E. & Miguel-de la Cruz, J. (2018). El suelo y su multifuncionalidad: ¿Qué ocurre ahí abajo? *Ciencia Ergo-Sum*, 25(3), e31, 1-10
- Ebel, R., Pozas-Cardenas, J. G., Soria-Miranda, F., & Cruz-González, J. (2017). Manejo orgánico de la milpa: rendimiento de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo. *Terra Latinoamericana*, 35(2), 140-160.

Semblanzas de autores:

Dr. Cesar R. Sarabia-Castillo

Ingeniero en Sistemas Ambientales por la Universidad Politécnica de Durango, Maestría y Doctorado en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía por el Cinvestav-Salttillo. Miembro del Sistema Estatal de Investigadores de Coahuila nivel Honorífico. Investigación enfocada en el estudio de nanomateriales y sus efectos en las interacciones Planta-Suelo-Microorganismos.



El renacer de las ciencias del suelo

Francisco Bautista^{1*}

¹ Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Antigua Carretera A Pátzcuaro 8701, Ex Hacienda San José de la Huerta, 58190 Morelia, Michoacán, México.

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



A finales de los 80's, en muchas partes del mundo las ciencias del suelo se consideraban acabadas, nada más por hacer. Muchos laboratorios de investigación y posgrados en edafología fueron cerrados, las contrataciones de edafólogos se cancelaban

Afortunadamente poco después los grandes cerebros nos llenan de luces. Por ejemplo, A.J. Zinck en Países Bajos creó la GEOPEDOLOGÍA, la ciencia que conecta a la geomorfología (relieve) con la pedología (suelos); en Australia A McBratney propone la PEDOMETRIA, las matemáticas aplicadas a las ciencias del suelo; en Austria el Dr. W. Blum escribiendo sobre la nueva agenda de las ciencias del suelo relacionada con las ciencias ambientales; en Alemania el Dr. J. Richter publica el libro "El suelo como reactor" y en México se publicaba el artículo de divulgación "El suelo un reactor químico muy interesante". A finales de los noventa un grupo de investigadores propone un nuevo esquema para nombrar los suelos.

Para finales de los 90's las ciencias del suelo renacen de sus cenizas como un ave fénix. Para los albores del siglo XXI la forma de nombrar los suelos y los nuevos métodos en la elaboración de mapas florecen, más jóvenes comienzan a formarse en los países desarrollados y se abren nuevas oportunidades de trabajo en el mundo. En Latinoamérica se avanza lentamente, pero de manera firme.

En la década de los setenta, en muchas partes del mundo, las ciencias del suelo estaban muertas...
Afortunadamente siempre hay gente inteligente que nos llena de luces.



La crisis ambiental global genera la necesidad de estudio y de aplicación de conocimientos edafológicos. La Organización Mundial de la Salud declara contundentemente que cada año mueren de manera prematura ocho millones de personas por enfermedades relacionadas con la contaminación. Esto provoca que la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) declare el 2015 el Año Internacional de las Ciencias del Suelo, el cinco de diciembre como el día del suelo y que en ese mismo año comience la década de los suelos.

Ahora se valora la importancia de los suelos en su papel primario, producción de alimentos sanos y fibras, y en sus funciones ambientales: “planta de tratamiento natural para purificar el agua”, buen manejo del suelo para tener aire limpio, conservación de la biodiversidad, “planta de tratamiento natural para los desechos sólidos”, entre otras funciones ambientales. Sin embargo, como se cerraron laboratorios, posgrados y se cancelaron plazas, ahora hay pocos edafólogos para enfrentar los problemas de generación de alimentos sanos, ni para aplicar conocimientos edafológicos en pos de aliviar los problemas ambientales.

Urge formar a los edafólogos del futuro y mejorar los programas de las licenciaturas y posgrados. Urge incluir la enseñanza de los suelos desde la primaria y la secundaria para crear conciencia sobre la relación entre los suelos y la sociedad.

Es urgente crear estrategias de divulgación para involucrar a la población en la conservación y manejo sustentable de los suelos, algunos ejemplos: el grupo de Facebook “Edafólogos, pedólogos, soil scientist, pedometricians and amantes del suelo”, el canal de YouTube y blog “Suelos ambiente y algo más”, el museo virtual de geografía de suelos de México, el museo de suelos de México, los podcasts “El suelofono” y “Del suelo al cielo” y esta revista “Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente”. Por el bien del mundo, del país y de la gente debemos aprender a amar los suelos de nuestro país.





Figura 1. Canal de YouTube: suelos, ambiente y algo más y grupo de Facebook “Edafólogos, pedólogos, soil scientists, pedometricinas y amantes del suelo con más de 11 mil miembros.



Literatura recomendada

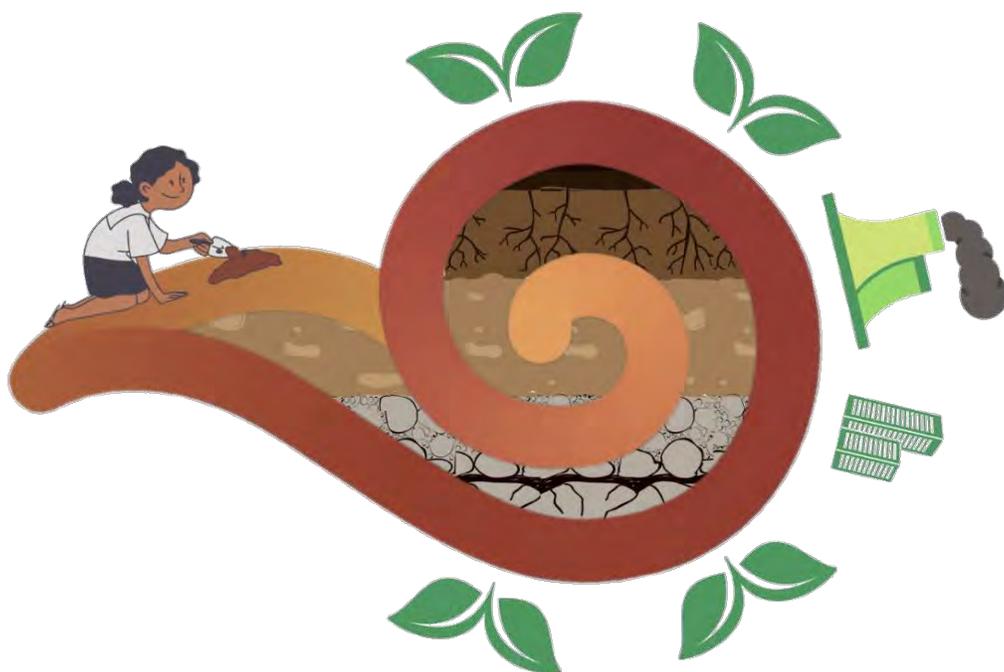
- Bautista, F. 2015. Yo amo al suelo. Revista de divulgación C+ Tec, 4(14): 10-12.
- Bautista, F., Zinck, A.J., Cram, S. 2010. Los suelos de Latinoamérica: retos y oportunidades de uso y estudio. Boletín del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica, 93-142
- Bautista F., V. Luna y C. Durán. 1995. “El suelo, un reactor químico muy interesante”. Educación química, 6(4): 226-230.

Semblanzas de autores

Dr. Francisco Bautista. Doctorado en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Investigador titular. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde el 2000, y miembro de la Academia Mexicana de Ciencias desde el 2016. Línea de trabajo en evaluación de tierra



| 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: en trámite