



Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente

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



Vol. 2 – Núm. 1 – 2024

ISSN: 2992-8125



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

Dr. Fabián Fernández-Luqueño
Presidente
Cinvestav Saltillo

Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda Barrios
Vicepresidente
Universidad Autónoma de Chihuahua

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 Castelán 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 Castelán Vega
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Dr. Fabián Fernández-Luqueño
Cinvestav Saltillo

Dra. Susana González Morales
Investigadora por México-UAAAN

Dra. Yunuen Tapia Torres
UNAM/ENES Morelia

Editores Asociados

M.C. Nayelli Azucena Sigala Aguilar
Cinvestav Saltillo

M.C. Gabriela Guillén-Cruz
Cinvestav Saltillo

M.C. Andrés Torres-Gómez
Cinvestav Saltillo

M.C. Jessica Elizabeth Martínez-Vázquez
Cinvestav Saltillo

M.C. Oscar Fernández-Fernández
Universidad Autónoma Chapingo

M.C. Sarahi Moya-Cadena
Cinvestav Saltillo

Lic. Naomi Shimizu
UNAM

M.C. Karla Liliana López García
Cinvestav Saltillo

M.C. Rene Juárez Altamirano
Cinvestav Saltillo

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


Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente; Año 2, Número 1, enero 2024 a marzo 2024, es una publicación trimestral editada por la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS), Dom. Con. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Texcoco, Estado de México, Tel. 595-95-21721, <https://smcsmx.org/index.php>, smcsissn@gmail.com, Editor Responsable: Dr. Fabián Fernández Luqueño. Reserva de Derechos 04-2023-110710445600-102, ISSN 2992-8125, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Fabián Fernández Luqueño. Fecha de última actualización, mayo 20 de 2024.

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

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



Editorial



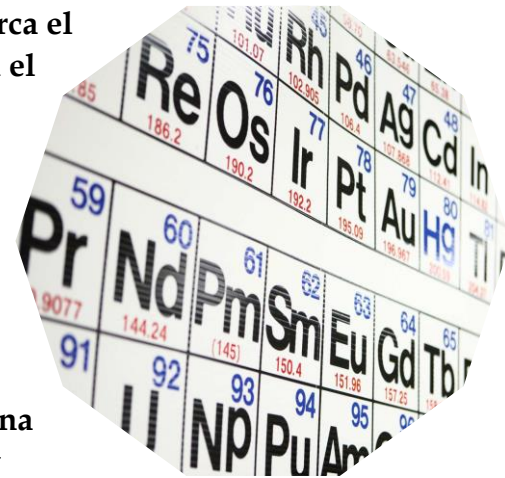
La Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. (SMCS), presenta el Volumen 2, Número 1, 2024. En este número se incluyen 14 contribuciones de un total de 24 manuscritos recibidos, de los cuales cuatro fueron rechazados, tres fueron retirados por los autores para correspondencia respectivos y tres continúan en proceso de revisión para su posible publicación en el siguiente número. Además, a la fecha ya se tienen 10 contribuciones en proceso de arbitraje, las cuales también podrían ser publicadas en el Volumen 2, Número 2, 2024.

Por lo anterior, los Editores en Jefe, Editores Adjuntos y Editores Asociados agradecen la confianza de los autores en este proyecto editorial denominado **Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente**, el cual poco a poco se irá consolidando como una Revista de Divulgación de la SMCS que atiende y da un espacio de expresión al público general, incluyendo infantes, jóvenes, profesores, tutores, productores, profesionistas o especialistas.

La revista **Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente** acerca 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.

La revista **Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente** 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).

Así, a través de **Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente**, 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.





Súmame a este proyecto y a cada uno de los eventos que la SMCS está preparando a través de su Mesa Directiva 2023-2025. En la actualidad la SMCS cuenta con las revistas *Terra Latinoamericana* (revista científica) y *Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente* (revista de divulgación), está organizando el 48 Congreso Mexicano de la Ciencia del Suelo, liderado por la Universidad Autónoma de Chihuahua como sede y promueve diversos cursos para especialistas y público en general. Además, está preparando simposios, diplomados y más. Mantente informado en las páginas web de las revistas, de la SMCS y en sus redes sociales.

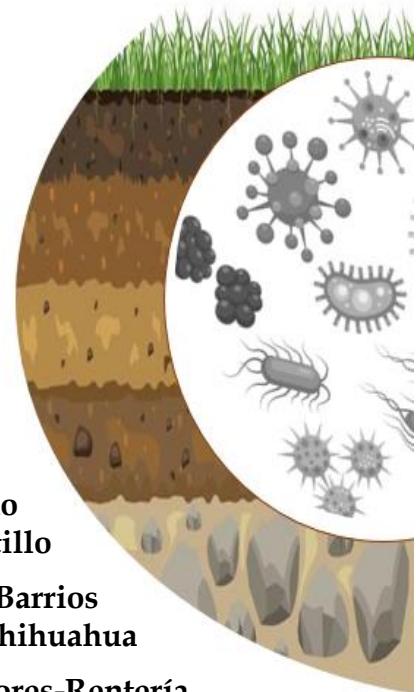
Recuerda que *Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente* es un medio de divulgación para quien quiera enseñar, preguntar, compartir, divertirse o discutir todo lo relativo al suelo, la agricultura y el medioambiente. Esperamos tu contribución, con ella y tu participación la SMCS continuará su consolidación a través de 61 años de trabajo conjunto entre especialistas del suelo y áreas del conocimiento muy diversas.

Editores en Jefe

Dr. Fabián Fernández-Luqueño
Cinvestav Saltillo

Dra. Dámaris Leopoldina Ojeda-Barrios
Universidad Autónoma de Chihuahua

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





Contenido

SECCIÓN, SUBSECCIÓN, TÍTULO Y AUTORES		Páginas
SECCIÓN I. FACTORES DE FORMACIÓN DEL SUELO		
Subsección IA: Material Parental	La restauración ecológica frente a la desertificación María Isabel Martínez Ponce	1
	Integrando saberes campesinos y ciencia para la sustentabilidad del suelo Cesar Augusto De-La-Cruz-López; Roberto Alexander Fisher-Ortíz	10
Subsección IB: Clima		Sin contribuciones aceptadas
Subsección IC: Topografía		Sin contribuciones aceptadas
Subsección ID: Organismos	Micorrizas: El futuro para la seguridad y soberanía alimentaria José Alberto Gío-Trujillo; Carlos Juan Alvarado-López; Neith Aracely Pacheco-López; Jairo Cristóbal-Alejo; Arturo Reyes-Ramírez	18
	Guerreras contra la salinidad que potencian el crecimiento vegetal Eréndira Esmeralda Hernández; Lidia Velasco Velasco	26
	Nutrición orgánico-biológica del aguacatero (<i>Persea americana</i> Mill) cultivar Hass en Michoacán Luis Mario Tapia Vargas; Anselmo Hernández Pérez; Magali Ruiz Rivas; Adelaida Stephany Hernández Valencia	33
	Los constructores del suelo no reconocidos (olvidados) Lidia Velasco Velasco; Oscar Fernández Fernández; Patsy Jackeline Almazán Castañeda	41
Subsección IE: Tiempo	Compostando inocuidad para la producción de alimentos orgánicos José Alfredo Guevara-Franco; Emmanuel Junco-Carlón; José Leonardo Ledea-Rodríguez	47
	Sembrando el futuro: ciencia de datos en la agricultura moderna René Juárez-Altamirano; Dulce Flores Rentería	56

n.a.= No aplica

| Marzo 2024 |

Continúa en la siguiente página.



Contenido

...continuación.

SECCIÓN, SUBSECCIÓN, TÍTULO Y AUTORES		Páginas
SECCIÓN II. PROCESOS DE FORMACIÓN DEL SUELO		
Subsección IIA: Adición	¿Una bomba y canales que no corren ¿Reprogramados por microorganismos? José Leonardo Ledea-Rodríguez; Liliana Lara-Capistran; Tomás Rivas-García; Francisco Higinio Ruiz-Espinoza	64
	Subsección IIB: Transformación	Sin contribuciones aceptadas n.a.
	Subsección IIC: Translocación	Sin contribuciones aceptadas n.a.
	Subsección IID: Pérdida	Sin contribuciones aceptadas n.a.
SECCIÓN III. LA ARCILLA		
	Para cuidar nuestras raíces no hay que traicionar nuestro pasado: agroecología prehispánica Valeria Fernanda Cabrera Bautista; María Belén López Zapata; Jocelyn Ailyn Martínez Díaz; Asdrid Iríana Sánchez Vázquez	72
SECCIÓN IV: HORIZONTES GENÉTICOS MAYORES Y CAPAS		
	Subsección IVA: Horizonte O	Sin contribuciones aceptadas n.a.
	Subsección IVB: Horizonte L	Sin contribuciones aceptadas n.a.
	El mole: Un platillo que expresa al suelo	
Subsección IVC: Horizonte A	Mónica Andrea González Tavera; Ana María Hernández Ayala; Jesús Omar Herrera Vielma; Astrid Iriana Sánchez-Vázquez	76
	Subsección IVD: Horizonte E	Sin contribuciones aceptadas n.a.
	Subsección IVE: Horizonte B	Sin contribuciones aceptadas n.a.
	Subsección IVF: Horizonte C	Sin contribuciones aceptadas n.a.

n.a.= No aplica

Continúa en la siguiente página.

| Marzo 2024 |





Contenido

...continuación.

SECCIÓN, SUBSECCIÓN, TÍTULO Y AUTORES		Páginas
SECCIÓN IV. HORIZONTES GENÉTICOS MAYORES Y CAPAS		
	Solución Crucigrama Voces del Suelo	
Subsección IVG:	Andrés Torres-Gómez; Fabián Fernández-Luqueño	79
Capa R	Suelos sustentables: desvelando las letras esenciales	
	Dulce Flores-Rentería	80
Subsección IVH: Capa M	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Subsección IVI:	¡México tiene un Museo Nacional de Suelos!	
Capa W	Sandra Monserrat Barragán-Maravilla; Gabriel Alejandro Hernández-Vallecillo; Patricio Sánchez-Guzmán	84
Sección V. Ciclos del Suelo	Sin contribuciones aceptadas	n.a.
Sección VI.	Ganadores del concurso de creatividad biológica	
Entisol	REFORESTACIÓN URBANA	90

n.a.= No aplica

| Marzo 2024 |

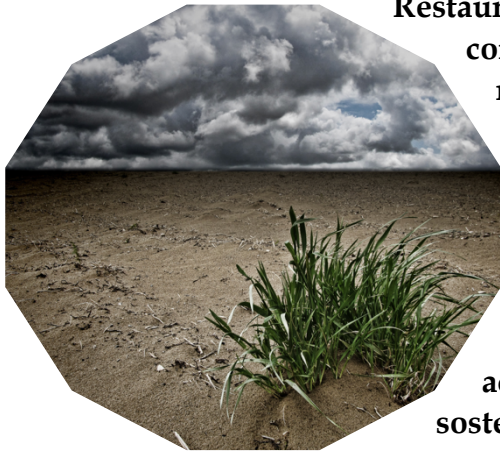




La restauración ecológica frente a la desertificación

María Isabel Martínez Ponce

Ekotecny: Innovación sustentable; ekotecny@gmail.com



Restaurar ecosistemas y suelos es de vital importancia para combatir el cambio climático y la desertificación. Esta práctica, respaldada por esfuerzos a nivel global, no solo protege la diversidad de la vida y asegura que nuestros recursos naturales sigan siendo productivos, sino que también fortalece la capacidad de los ecosistemas para recuperarse de perturbaciones. La restauración ecológica se presenta como una solución poderosa y económica para abordar los desafíos ambientales y climáticos que enfrentamos actualmente. Nos anima a todos a contribuir a un futuro más sostenible, es decir, más perdurable y equilibrado para las futuras generaciones.

Introducción

La restauración ecológica no solo busca revertir el daño causado por actividades humanas, sino que también promueve la regeneración, la mejora de la biodiversidad, la calidad del suelo y del agua, así como la resiliencia de los ecosistemas frente a futuros desafíos ambientales.

En la presente revisión se plantea la importancia de la restauración ecológica, vista no solamente para la recuperación de ecosistemas amenazados, sino como, un elemento esencial para la restauración de los suelos, como un gran beneficio que aporta en el combate al cambio climático y alineado a los objetivos de la Conferencia de las Partes (COP20), los cuales, son acuerdos mundiales elaborados para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, cuyos efectos han resultado ser catastróficos para nuestro planeta.

En la inmensidad de la naturaleza, los suelos son la base sobre la cual se sustenta la vida. Sin embargo, en muchas regiones del mundo, este recurso vital está siendo amenazado por la desertificación.



Los suelos son la base sobre la cual se sustenta la vida, sin embargo, en muchas regiones del mundo, este recurso vital está siendo amenazado por la desertificación, la cual, no solo pone en riesgo la productividad de la tierra y la biodiversidad, sino que también amenaza el sustento de millones de personas que dependen de la tierra para su supervivencia (Fig. 1).



Figura 1. Efectos de la degradación del suelo.

La desertificación es definida como: la degradación de los ecosistemas de tierras secas, un declive continuo en la capacidad de estos ecosistemas para proporcionar servicios a lo largo del tiempo. Hay que mencionar que de entre el 20% y el 40% del área total de tierra del mundo, se considera degradada y ha afectado a la mitad de la población mundial, abarcando tierras de cultivo, tierras secas, humedales, bosques y pastizales.

Bajo la presión combinada del cambio climático y las actividades humanas, dos tercios de las tierras secas del mundo están moderada a severamente degradadas, con 12 millones de hectáreas de nueva tierra degradada añadidas cada año. El costo directo o indirecto de la degradación del suelo para la sociedad es aproximadamente de 300 mil millones de dólares (Fig. 2).

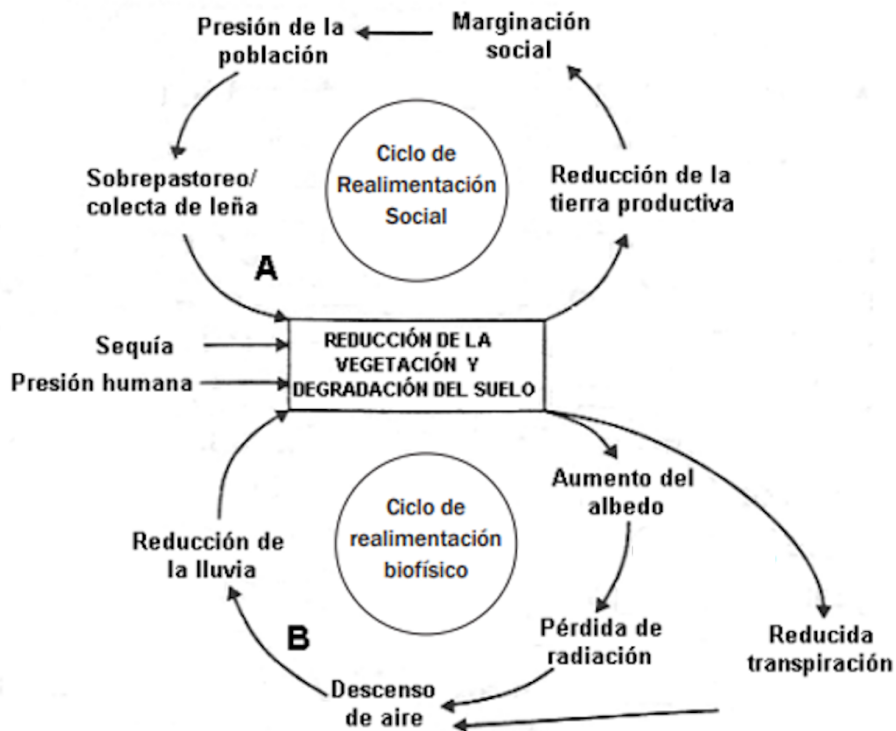


Figura 2. Ciclos de realimentación de la desertificación. A) La degradación o la sequía alimentan las acciones humanas y las respuestas que generan una degradación adicional. B) La degradación puede conducir a una de dos rutas hacia cambios en la atmósfera que reducen la lluvia. Esto puede reducir el desarrollo de las plantas y disparar una sequía o degradación adicional por el impacto humano (Granados et al., 2013, Licencia Creative Commons -CC BY-NC 4.0-).

La restauración como camino de recuperación de los ecosistemas

Al respecto, la recuperación de ecosistemas dañados se considera cada vez más una estrategia trascendente, frente al cambio climático, la pérdida de biodiversidad y los problemas ecológicos y sociales. Tanto a nivel local como global, numerosas iniciativas están trabajando en la restauración de estos ecosistemas, con el respaldo de las Naciones Unidas, que han designado el período de 2021 a 2030 como la "Década de la Restauración de Ecosistemas".

Las Naciones Unidas designó al período entre 2021 a 2030 como la "Década de la Restauración de Ecosistemas"



La restauración ha demostrado también, ser una solución económica y efectiva para proteger los servicios esenciales que proporciona la naturaleza, garantizar la productividad de los recursos terrestres, disminuir los riesgos, efectos de desastres y pandemias para fortalecer la capacidad de recuperación de los ecosistemas y las comunidades ante tensiones ambientales y eventos climáticos extremos. De esta manera, debe de entenderse a la restauración no sólo como una forma de mitigación, sino como una forma de prevenir un deterioro en la salud del suelo, mitigando la desertificación, derivado del mal manejo de los recursos.



La restauración ecológica ha adquirido una importancia creciente en tratados globales y nacionales, coaliciones y convenciones de la ONU. El programa Estrategia de Biodiversidad 2030 y la Convención de Lucha contra la Desertificación brindan un apoyo vital para promover la restauración ecológica a gran escala.

El año 2030 es crucial también para la biodiversidad. Evidentemente, la degradación de la tierra y las crisis de biodiversidad están entrelazadas. El llamado a la acción *Nature Positive* para 2030, tiene como objetivo revertir la pérdida de naturaleza para 2030 con miras a alcanzar las emisiones netas cero (net zero) para 2050. Sin embargo, en México, expertos comentan que, tomando las medidas necesarias, será hasta el 2060 cuando se llegará a las emisiones netas cero, en la Figura 3, se presenta algunas alternativas para llegar a la meta.



Figura 3. Acciones que contribuyen a alcanzar emisiones cero.



La experiencia ha indicado que el nivel de participación de la comunidad en las etapas iniciales de la restauración suele influir significativamente en su éxito. La colaboración activa de las comunidades es crucial en todo el proceso de restauración, incluida la identificación de los sitios de restauración en el pueblo, la elección de las especies a plantar, la recolección y siembra de semillas, y la gestión de las áreas restauradas. Es importante que la selección de especies para la restauración se base en las necesidades y prioridades de la comunidad, considerando su adaptabilidad ecológica. Estados Unidos es el país líder en investigación en el campo de la restauración, seguido de China y Australia.

Elementos clave para la restauración ecológica

A continuación, se enlistan elementos clave a considerar para desarrollar una restauración ecológica exitosa para tomar acción en contra de la desertificación (Fig. 4):

- **Comprensión del ecosistema:** Es fundamental tener un conocimiento profundo del ecosistema que se va a restaurar, incluyendo su historia natural, la composición de especies nativas, los factores ambientales y los procesos ecológicos clave. Esta comprensión servirá como base para el diseño de las estrategias de restauración.
- **Objetivos claros y realistas:** Definir objetivos claros y alcanzables es esencial para orientar el proceso de restauración. Estos objetivos pueden incluir la recuperación de la cobertura vegetal, la mejora de la calidad del suelo, la restauración de hábitats para especies nativas y la protección contra la erosión.
- **Selección de especies nativas adecuadas:** Elegir especies vegetales nativas adaptadas a las condiciones del sitio es fundamental para el éxito de la restauración. Las especies seleccionadas deben ser capaces de sobrevivir y reproducirse en el área objetivo, contribuir a la estabilidad del suelo y promover la biodiversidad local.
- **Manejo de la vegetación invasora:** Controlar y gestionar la vegetación invasora es crucial para el éxito a largo plazo de la restauración. Las especies invasoras pueden competir con las plantas nativas, alterar los procesos ecológicos y dificultar la recuperación del ecosistema. Es importante implementar medidas de control efectivas, como la erradicación manual, el uso de herbicidas selectivos y la reintroducción de herbívoros nativos.



- **Manejo del suelo:** La mejora de la calidad del suelo es fundamental para la restauración ecológica. Esto puede implicar la enmienda del suelo con materia orgánica, la rehabilitación de la estructura del suelo, la reducción de la compactación y la promoción de la actividad microbiana. El manejo adecuado del suelo ayudará a aumentar la capacidad de retención de agua, mejorar la fertilidad y facilitar el establecimiento de plantas nativas.
- **Monitoreo y evaluación continua:** Es importante realizar un monitoreo regular del sitio restaurado para evaluar el progreso y realizar ajustes según sea necesario. Esto puede implicar el seguimiento de la cobertura vegetal, la diversidad de especies, la calidad del suelo, la erosión del suelo y otros indicadores clave de salud del ecosistema.
- **Participación comunitaria y colaboración interdisciplinaria:** Involucrar a la comunidad local y a diferentes partes interesadas en el proceso de restauración puede aumentar su efectividad y sostenibilidad a largo plazo. La colaboración con expertos de diferentes disciplinas, como ecólogos, hidrólogos, agrónomos y sociólogos, puede proporcionar una perspectiva integral y enriquecer el diseño y la implementación de estrategias de restauración.



Figura 4. Propuesta de la restauración para la prevención de la desertificación.



La restauración ecológica emerge como una herramienta esencial en la lucha contra la desertificación, un desafío que amenaza la sustentabilidad de nuestro planeta y el bienestar de millones de personas. Este proceso, que implica la recuperación de ecosistemas degradados, no solo busca restablecer la productividad del suelo y proteger la biodiversidad, sino que también ofrece una solución efectiva y rentable para enfrentar el cambio climático y sus consecuencias. Al integrar estos principios en nuestras estrategias de restauración, podemos avanzar hacia un futuro más sostenible, donde los ecosistemas saludables y resilientes protejan y sostengan la vida en nuestro planeta.



Conclusiones

Por lo tanto, alentamos a los lectores a pensar en la restauración ecológica como una herramienta valiosa y poderosa en nuestra lucha contra la desertificación y el cambio climático. Cada paso que demos hacia la restauración y conservación de nuestros recursos naturales nos acerca un poco más a un futuro en el que nuestros ecosistemas sean saludables y prósperos para las futuras generaciones.

Literatura recomendada

B Bendandi B., Kleymann H. y Fleckenstein M. 2022. The role of restoration for land degradation neutrality. Ed. WWF. 14 p.

Feng S., Liu X., Zhao W., Yao Y., Zhou A., Liu X. y Pereira P. 2022. Key Areas of ecological restoration in inner Mongolia based on Ecosystem Vulnerability and ecosystem service. *Remote sensing* 14: 2729.

Frietsch M., Loos J., Löhr K., Sieber S. y Fischer J. 2023. Future-proofing ecosystem restoration through enhancing adaptive capacity. *Communications Biology* 6:377.

Granados S. D., Hernández G. M. A., Vázquez A. A. y Ruíz P. P. 2013. Los procesos de desertificación y las regiones áridas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*.

ICM. Ruta emisiones Netas Cero para México 2060, desde sociedad civil. 2023. <https://www.iniciativaclimatica.org/emisionesnetascero/>

Sacande M., Parfondry M. y Cicatiello C. 2020. La restauración en acción contra la desertificación. Ed. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura. 92 pgs. <https://www.fao.org/3/ca6932es/CA6932ES.pdf>

Wei X., Song W., Shao Y. y Cai X. 2023. Progress of Ecological restoration research based on bibliometric analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 20.





Semblanza de la autora

M.C. María Isabel Martínez Ponce. Soy Bióloga, egresada de la Universidad Autónoma de Querétaro, cuento con una maestría en Hidrociencias por el Colegio de Postgraduados. Con más de 2 años de experiencia en el diseño y ejecución de proyectos sostenibles y con más de 5 en educación ambiental en niños. También he sido jefa de proyectos en SOLIHAGUA, S.A. de C.V. En mi rol como CEO de Ekotecny, he impulsado la consciencia ambiental y la implementación efectiva de ecotecnias en entornos urbanos. Mi enfoque estratégico y mi pasión por la ecoinnovación me han permitido marcar la diferencia en la construcción de un futuro más verde.

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

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

TERRA
Latinoamericana



ISSN Electrónico 2395 - 8030

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



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

Cursos-Taller 2024

Todos los cursos son en línea a través de TEAMS

11 Y 12 DE
MARZO



Clasificación científica
de Suelos

M.C. Sandra Monserrat
Barragán Maravilla

17:00 a 19:00 h

6 Y 8 DE
ABRIL



Producción de abonos
orgánicos

M.C. Rosario Fátima Garza
Hurtado

18:00 a 20:00 h

30 DE ABRIL Y 2
DE MAYO



Nanorremediación y
biorremediación de suelo y
agua

Dr. Fabián Fernández-Luqueño

16:00 a 18:00 h

16 Y 17 DE
MAYO



Interpretación de
análisis de suelos

Dr. Ricardo González Mateos

16:00 a 18:00 h

7 Y 8 DE
JUNIO



Diseño de dosis de
abonamiento y
fertilización de cultivos

M. C. Miriam Galán Reséndiz

16:00 a 18:00 h

25 Y 26 DE
JUNIO



Suelo fértil: herramientas
prácticas para su
conservación y
restauración

Dr. Juan Uriel Avelar Roblero

17:00 a 19:00 h

16 Y 17 DE
JULIO



Análisis de calidad de
agua para riego agrícola

Dr. Martín Solís Martínez

10:00 a 12:00 h

29 Y 30 DE
AGOSTO



Análisis térmico de la
materia orgánica del
suelo

Dr. Bruno Manuel Chávez
Vergara

14:00 a 16:00 h

5 Y 6 DE
SEPTIEMBRE



Cuantificación del carbono
en suelo y vegetación
desde una perspectiva
biogeoquímica

M. C. Ofelia Ivette Beltrán Paz

14:00 a 16:00 h

24 Y 25 DE
SEPTIEMBRE



Técnicas de micro
cartografía de suelos

M. C. Vicente Vidal Encina
Uribe

14:00 a 16:00 h

Costo por curso \$300 pesos

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

Inscripción:

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

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

Más información para socios y método de pago:

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



Integrando saberes campesinos y ciencia para la sustentabilidad del suelo

César Augusto De-La-Cruz-López¹

Roberto Alexander Fisher-Ortíz^{2*}

¹ Asistente de investigación, Grupo Académico de Ganadería Sustentable y Cambio Climático, El Colegio de la Frontera Sur-Unidad Villahermosa.

² Programa de doctorado en Ecología y Desarrollo Sustentable, Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente, El Colegio de la Frontera Sur-Unidad Villahermosa

*Autor para correspondencia: roberto.fisher@estudianteposgrado.ecosur.mx

Los agricultores utilizan prácticas agrícolas innovadoras y sustentables basadas en su experiencia y comprensión del mundo. Estas prácticas, que incluyen la diversificación de cultivos y la ingeniería de suelos, pueden ser potenciadas por la ciencia para enfrentar desafíos ambientales. Un diálogo entre científicos y agricultores puede generar soluciones más eficientes e innovadoras para la gestión sustentables del suelo.

Introducción

Desde los inicios de la civilización, cuando los seres humanos comenzaron a cultivar la tierra, los agricultores han estado en una constante búsqueda de conocimiento. A través de un proceso de prueba y error, han desarrollado sistemas agrícolas que son capaces de producir una amplia gama de productos, mientras resisten los desafíos que la naturaleza les presenta, como sequías, inundaciones y plagas. De manera similar, la ciencia ha desarrollado varias soluciones a estos problemas a través de pruebas de laboratorio, campos experimentales y trabajo con los agricultores.



Los campesinos no se limitan a sembrar y planificar sus cultivos de manera aleatoria. Poseen un conocimiento profundo y empírico del terreno que les permite identificar diferentes segmentos del paisaje.



Sin embargo, en la actualidad, nos enfrentamos a una serie de problemas que amenazan la sustentabilidad de nuestros sistemas agrícolas. Varios procesos sociales como el uso desmedido de insumos agrícolas, la sobreexplotación de suelos y aguas con fines agrícolas e industriales, entre muchos otros han llevado a la degradación de nuestros recursos naturales, incluyendo el suelo, que es fundamental para la agricultura.



Figura 1. a) Huerto de traspatio en ranchería La Lagartera, Municipio de Centro, Tabasco; b) Policultivo con certificación agroecológica en el municipio de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas; c) Sistema agroforestal de cacao en el municipio de Comalcalco, Tabasco; d) Sistema silvopastoril de árboles dispersos en pastizales, comunidad de El Chante, municipio de Autlán de Navarro, Jalisco.

De igual forma, ciertas poblaciones de plagas pueden beneficiarse de estas nuevas condiciones, y aumentar sus poblaciones o llegar a nuevas zonas generando un mayor daño a los cultivos con ello. Estos desafíos nos obligan a buscar soluciones innovadoras y sustentables. Una de las propuestas que han surgido es la agroecología.

Además, el cambio climático, que está alterando los patrones de lluvia y temperatura, está teniendo un impacto negativo significativo en la agricultura. Esto se debe a que, aunque a largo plazo estas nuevas condiciones climáticas pueden beneficiar ciertos sistemas, permitiendo por ejemplo sembrar cultivos de zonas cálidas en zonas antes templadas los cultivos actuales se han establecido bajo los patrones climáticos actuales, por lo cual no están del todo adaptados a estas nuevas condiciones.

La ciencia ha desarrollado varias soluciones a diversos problemas de la agricultura, como las plagas agrícolas, el agotamiento de los suelos, entre otras, esto a través de pruebas de laboratorio, campos experimentales y trabajo con los agricultores.





La agroecología es un enfoque transdisciplinario de investigación que busca integrar varias disciplinas y saberes fuera de la ciencia como los campesinos, con el fin de co-construir conocimientos y dar soluciones a las problemáticas sociales y técnico-ecológicas del campo. Este enfoque por lo tanto permite trabajar en diversas problemáticas desde la comprensión de los movimientos sociales campesinos y los sistemas agroalimentarios hasta las redes tróficas microscópicas del suelo.

En la parte técnico-ecológica, el cuál es el enfoque de este trabajo, reconoce que los agricultores han desarrollado, a lo largo de los años, una gran cantidad de conocimientos, técnicas e innovaciones que pueden ser útiles para enfrentar los desafíos actuales. Mediante el siguiente ensayo recuperamos este enfoque para analizar los saberes campesinos que potencialmente pueden mejorar la sustentabilidad del suelo.

Desarrollo

Diversificación de los agroecosistemas

A lo largo de diversas regiones, es posible observar una amplia variedad de sistemas agrícolas que están intrínsecamente adaptados a las condiciones locales. Estos sistemas son notablemente diversos y pueden incorporar elementos de la agricultura, la silvicultura y la ganadería, o una combinación de estos en sistemas agroforestales. Algunos ejemplos notables incluyen las milpas, los huertos de traspatio, los cacaotales y cafetales, y los sistemas ganaderos que integran el componente animal, arbóreo y pastos (silvopastoriles). Otros ya se encuentran en programas participativos de certificación agroecológica. Estos sistemas representan una fusión de prácticas agrícolas tradicionales y modernas, y son testimonio de la capacidad humana para adaptarse y prosperar en una variedad de condiciones ambientales (Figura 1).

La diversificación de los sistemas agrícolas es capaz de mejorar diversas cualidades del suelo de especial interés para lograr un manejo sustentable





La creación de sistemas con una alta diversidad biológica ofrece numerosas ventajas. En primer lugar, la correcta combinación de especies puede minimizar la competencia por recursos como la luz, el agua y los nutrientes. Esto se logra al seleccionar especies que se complementen entre sí, evitando la competencia directa. Esta estrategia permite un uso más eficiente de los recursos del suelo, lo que a su vez reduce la necesidad de insumos adicionales.

Además, la inclusión de leguminosas mejora la fertilidad ya que estas son capaces de fijar nitrógeno. Estas plantas realizan una simbiosis con bacterias que les permite absorber nitrógeno del aire y depositarlo en el suelo, donde puede ser utilizado por otras plantas.



Figura 2. Prácticas de suelo y su efecto sobre cualidades que mejoran en el suelo.

Algunas especies son capaces de absorber agua de las capas inferiores del suelo y redistribuirla en las capas superficiales. Este proceso, similar a un sistema de riego natural, beneficia a otras especies que comparten el mismo espacio.



Figura 3. a) Materia orgánica de los árboles de cacao y de sombra dejados en el lugar como abono en cacaotales en Comalcalco, Tabasco; b) Árboles y nopales usados como barrera de una pendiente de un coamíl (nombre local de la milpa) en El Limón, Jalisco.

Por lo tanto, la diversificación de los sistemas agrícolas es capaz de mejorar diversas cualidades del suelo de especial interés para lograr un manejo sustentable del suelo. Sin embargo, los beneficios específicos dependerán de la combinación particular de especies utilizadas.

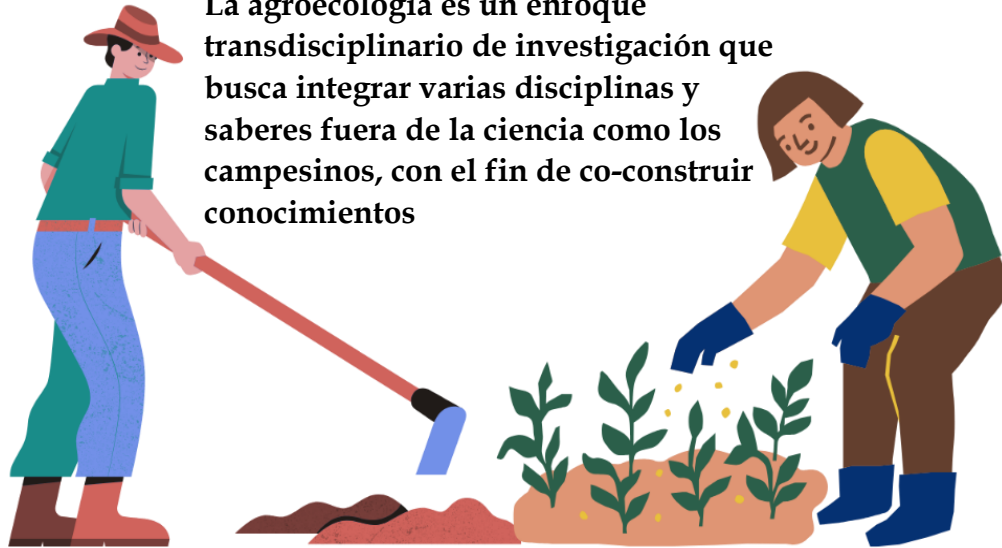
Prácticas agrícolas y su relación con el conocimiento y manejo del suelo

La segunda estrategia que los agricultores emplean con notable eficacia es la implementación de prácticas agrícolas que optimizan la disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo. Estas prácticas, que se llevan a cabo con los recursos y la tecnología a su disposición, son esencialmente intervenciones de ingeniería del suelo a escala micro que, aunque pequeñas, son efectivas (Figura 2 y 3). Se han documentado una gran variedad de estas prácticas en todo el mundo, incluyendo México (Figura 3).

Sumado a lo anterior, los campesinos no se limitan a sembrar y planificar sus cultivos de manera aleatoria. Poseen un conocimiento profundo y empírico del terreno que les permite identificar diferentes segmentos del paisaje. Esta identificación se basa en una serie de características que, aunque se definen desde su perspectiva y comprensión del mundo, tienen una correlación con las clasificaciones científicas que utilizamos en la academia (Figura 4). De esta manera, la ciencia y la sabiduría tradicional se entrelazan en la práctica agrícola cotidiana.



La agroecología es un enfoque transdisciplinario de investigación que busca integrar varias disciplinas y saberes fuera de la ciencia como los campesinos, con el fin de co-construir conocimientos



Estas características juegan un papel crucial en la toma de decisiones de los agricultores respecto a qué cultivo es el más adecuado para cada tipo de suelo. Por ejemplo, es habitual que en las laderas montañosas y accidentadas se evite la agricultura, dejando en su lugar pequeñas selvas o bosques. Esta estrategia

ayuda a prevenir la erosión total del suelo. En las zonas más bajas, se suelen realizar cultivos de bajo impacto como pequeñas milpas con árboles frutales silvestres y/o se establecen sistemas ganaderos a pequeña escala.

Finalmente, en los valles donde los suelos agrícolas son más profundos, se implementan sistemas agrícolas intensivos. Este enfoque estratificado de la agricultura demuestra cómo los productores pueden trabajar en armonía con la naturaleza, optimizando la productividad mientras minimizan el impacto ambiental.



Figura 4. Características e indicadores campesinos para el uso del suelo.



Un diálogo necesario entre agricultores y científicos

Como se observó en los ejemplos anteriores, los agricultores desarrollan una amplia gama de sistemas y prácticas agrícolas. Estas prácticas, que son intrínsecamente valiosas y deberían ser promovidas, tienen el potencial de facilitar un manejo sustentable del suelo. Entre sus ventajas se encuentra su fácil adopción, ya que requieren pocos insumos externos y están arraigadas en la comprensión y percepción del mundo de los agricultores. Por lo tanto, pueden ser de gran utilidad en la búsqueda de soluciones para un manejo más sustentable del suelo.

A través del diálogo entre los conocimientos tradicionales y los científicos, como lo promueve la agroecología, es posible apoyar la comprensión de los principios subyacentes a estas prácticas y mejorar su eficiencia, efectividad, y por supuesto, su sustentabilidad. Partiendo de este conocimiento y manteniendo un diálogo con los agricultores, la ciencia puede llegar a ellos de una manera más accesible y fácil de adoptar. Para lograr esto, es esencial que los científicos se acerquen más a los agricultores, comprendan sus conocimientos y necesidades, y compartan activamente los resultados de sus investigaciones.

Conclusiones

Los agricultores, a través de su experiencia y comprensión de los sistemas de producción, generan una serie de soluciones innovadoras para sus desafíos, incluyendo el manejo sustentable del suelo. Desde la perspectiva científica, podemos respaldar y potenciar estos esfuerzos y conocimientos para enfrentar los retos emergentes en un contexto de agotamiento de los recursos naturales y creciente presión debido al cambio climático. Si logramos fortalecer el diálogo entre los científicos y los agricultores, podemos intercambiar ideas y experiencias, lo que nos permitirá generar soluciones más innovadoras que las que podríamos alcanzar de manera aislada. Este enfoque colaborativo puede ser un catalizador para el desarrollo de estrategias de gestión del suelo más sustentables y eficientes.





Literatura recomendada

Altieri, M.A. (2009). *Estado del arte de la agroecología: Revisando avances y desafíos*. En: Altieri M.A. (Compilador). *Vertientes del pensamiento agroecológico: Fundamentos y Aplicaciones*. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología.

Toledo, V.M. & Barrera-Bassols, N. (2009). *La memoria biocultural: La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Icaria editorial.

Yu, R.P., Yang, H., Xing, Y., Zhang, W.P., Lambers, H. & Li, L. (2022). Belowground processes and sustainability in agroecosystems with intercropping. *Plant Soil*. 476, 263–288.

<https://doi.org/10.1007/s11104-022-05487-1>

Semblanzas de autores

César Augusto De La Cruz López. Ingeniero Ambiental por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural por El Colegio de la Frontera Sur. Mis líneas de investigación se han enfocado en la remediación de suelos con hidrocarburos, cambio climático y ganadería en sistemas tropicales.

Roberto Alexander Fisher-Ortíz. Ingeniero en Recursos Naturales y Agropecuarios por la Universidad de Guadalajara. Maestro en Ciencias y estudiante de doctorado por El Colegio de la Frontera Sur. Mi investigación se centra en entender los procesos-servicios ecosistémicos y resiliencia de los agroecosistemas y sistemas forestales.

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>



Micorrizas: El futuro para la seguridad y soberanía alimentaria

José Alberto Gío-Trujillo^{1*}
Carlos Juan Alvarado-López²
Neith Aracely Pacheco-López³
Jairo Cristóbal-Alejo¹
Arturo Reyes-Ramírez¹

¹Tecnológico Nacional de México, campus Conkal, Avenida Tecnológico s/n C.P. 97345, Conkal, Yucatán, México.

²Cátedras-CONAHCYT. Tecnológico Nacional de México, Campus Conkal. Avenida Tecnológico s/n C.P. 97345, Conkal, Yucatán, México.

³Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. Unidad sureste. Tablaje Catastral 31264, Kim. 5.5, Carretera. Sierra Papacal-Chuburna Puerto. Parque Científico. Tecnológico de Yucatán. C.P. 97302. Mérida, Yucatán, México.

*Autor para correspondencia: DD20800277@conkal.tecnm.mx

La desnutrición en el mundo afecta a casi un tercio de la población, derivado del poco acceso a alimentos con altos aportes nutricionales. El uso de hongos micorrícicos es considerado una alternativa agrícola viable para combatir la insuficiencia alimentaria y los efectos adversos hacia la nutrición y salud pública global. Los hongos micorrícicos juegan un importante rol en el manejo de la nutrición de los cultivos agrícolas, considerándolos promotores de la rentabilidad y productividad agrícola. Así como un regulador de la calidad nutricional y organolépticas de las cosechas, principalmente favoreciendo los aspectos relevantes postcosecha de los alimentos como la textura, sabor, olor y color.

Introducción

Actualmente, la población mundial atraviesa una importante problemática relacionada con la nutrición y salud pública, lo que afecta a más de 700,000,000 personas, principalmente en zonas subdesarrolladas de Centro a Sudamérica, el Caribe, África y Asia, causando un creciente rezago social, problemas de salud mental y bajo bienestar socio-económico de la población afectada.





La problemática denominada “Hambre oculta”, según la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se entiende, como la malnutrición de la población mundial causada por el poco acceso de alimentos con alto valor nutricional. La carencia de los alimentos se estima en una deficiencia en minerales como el hierro, yodo, zinc y vitaminas, nutrientes esenciales para el crecimiento, desarrollo y salud humana.

El suelo agrícola es el principal factor causante de la problemática de seguridad nutricional. Al representar el origen de más del 90 % de la producción de una gran variedad de productos alimenticios de origen vegetal como son las hortalizas, frutales, forrajes comestibles, semillas oleaginosas, legumbres y granos; se considera la principal fuente y el generador de bienestar y salud de la población (Fig. 1).

La carencia alimenticia se estima en una deficiencia en compuestos esenciales como vitaminas y minerales, destacando el hierro, yodo y zinc.



Figura 1. Los suelos agrícolas, representa la principal fuente de una gran variedad de alimentos de origen vegetal.



Por este motivo, la FAO, establece las siguientes estrategias y pilares claves para contrarrestar el desgaste de los suelos agrícolas y su problemática en relación a la mala nutrición de la población mundial; I) Fomentar la salud de los suelos agrícolas; II) Optimizar los sistemas de producción alimentaria y III) Transformar los sistemas agroalimentarios hacia la sostenibilidad. Dichos pilares son parte de los objetivos para el desarrollo sostenible (ODS) de la agenda 2030 y conforman la estructura de programas como “Hambre cero”, estrategias encaminadas a garantizar la disponibilidad y acceso alimentario de calidad nutricional para todas las personas en todas las partes del mundo (Fig. 2).



Figura 2. La accesibilidad de alimentos se enfoca en sus diferentes canales de distribución a pequeña (mercados regionales) y gran escala (supermercados).

Recientemente, se ha dado énfasis al uso de microorganismos benéficos del suelo en la agricultura, considerada una alternativa factible para optimizar la producción (mejorar rendimientos y productividad) de alimentos de origen vegetal. Entre los microorganismos benéficos presentes en el suelo resalta el uso de las micorrizas, como se le denomina a la relación simbiótica entre un hongo micorrízico y la raíz de las plantas. Comúnmente, las micorrizas asociadas con los cultivos agrícolas promueven un mejor crecimiento, desarrollo de las plantas y calidad de cosecha (mayor producción, peso y tamaño), al intervenir en la nutrición vegetal de los cultivos, mejorando principalmente la solubilidad del fósforo (P) y otros elementos minerales como el nitrógeno (N), potasio (K), hierro (Fe), zinc (Zn), yodo (I), calcio (Ca), manganeso (Mn), cobre (Cu), selenio (Se) etc., claves para el crecimiento de las plantas durante todas las etapas de su desarrollo.



Beneficios de la micorriza en las plantas

Los hongos micorrícicos permiten a la planta hospedera una mayor capacidad para absorber y transportar desde el suelo minerales como el **fósforo (P)**, **hierro (Fe)**, **zinc (Zn)**, **calcio (Ca)**, **manganeso (Mn)** y **cobre (Cu)**.

Las plantas son los hospederos indispensables de los hongos micorrícicos, interactuando con más del 80 % de las plantas terrestres. La simbiosis micorrícica consiste en un intercambio mutuo entre los hongos y las comunidades vegetales con las que se asocian. Los hongos micorrícicos

obtienen de las plantas los compuestos carbonados (carbohidratos) esenciales para su ciclo de vida. A su vez, las plantas micorrizadas proporcionan una mayor absorción de recursos del suelo (agua y nutrientes minerales) para su nutrición.

Dado que, las raíces micorrizadas (unión de la raíz y las hifas de los hongos micorrícicos) extienden su zona de influencia en el suelo hasta 20 veces. A esta zona de influencia se le denomina "hifosfera", formando una importante red subterránea entre las plantas y los nutrientes minerales en el suelo (Figura 3).



Figura 3. Principal característica de una planta micorrizada (extensión de su zona radicular) en comparación a una planta sin presencia de asociación micorrícica.



Lo que genera un efecto positivo en la nutrición de las plantas y un efecto bioestimulante en su crecimiento, desarrollo y producción. Adicionalmente, las raíces de las plantas les proporcionan a los hongos micorrícicos (hifas, esporas, etc.) un nicho ecológico estable para su sobrevivencia y protección sobre sus principales depredadores.

Como resultado de los beneficios mutuos durante esta interacción simbiótica, la agricultura moderna emplea a los hongos micorrícicos como una importante biofertilizante y estrategia para mejorar la producción y rendimiento agrícola, hacia su implementación como un método agrícola sostenible. Frecuentemente, su uso se encamina como complementos de la fertilización inorgánica (fertilizantes químicos), reduciendo hasta en un 50 % la aplicación de estos fertilizantes en el suelo y en los sistemas agrícolas. Lo que implicaría una reducción del volumen empleado de agroquímicos durante el manejo agrícola de un cultivo.

La micorriza, un regulador de la calidad nutritiva de los alimentos agrícolas

¿Cómo benefician las micorrizas a los alimentos?

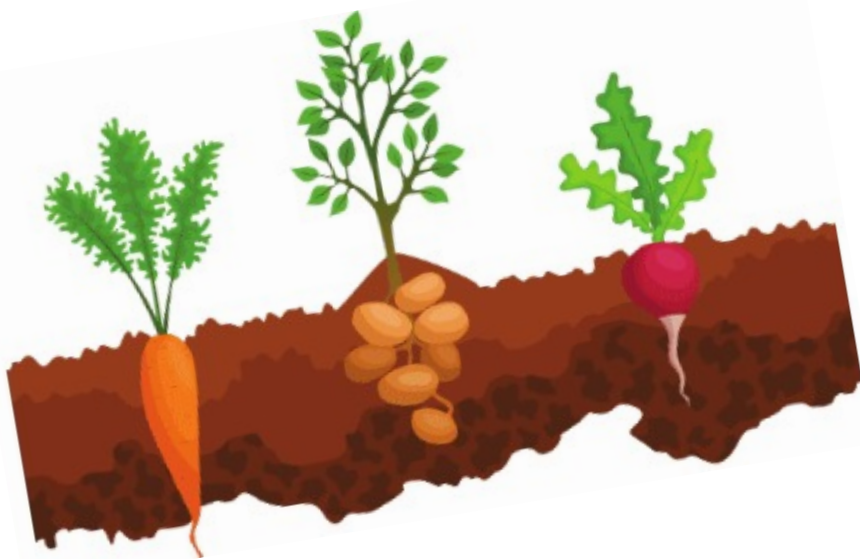
La micorriza, como un regulador de la calidad agrícola de las cosechas, tiene un enfoque dirigido en incrementar no solo los rendimientos y productividad agrícola, al generar un efecto estimulante en la nutrición de las plantas al promover una mayor absorción, transferencia y traslocación (trasporte de minerales del suelo hacia la planta) de minerales en la planta. Lo anterior implica un incremento en las dimensiones (largo y ancho) y peso en frutos.

Se ha documentado, que cultivos asociados con hongos micorrícicos favorece las condiciones y cualidades nutricionales de los alimentos (composición mineral y nutracéutica). Derivado de una mayor acumulación de nutrientes minerales en los tejidos vegetales de los alimentos aprovechable para el consumo humano, tales como los raíces, bulbos, tallos, brotes, follajes o frutos.





Este efecto permite un incremento en la composición mineral de los alimentos, principalmente en Fe y Zn, en frutos, semillas, tallos o follajes. Adicionalmente, diferentes parámetros sensoriales (color, sabor, olor y textura) y procesos organolépticos pueden ser determinados por la absorción y la translocación de ciertos minerales del suelo. Influyendo en la calidad visual (color y aspecto), la textura (dureza, masticabilidad), el olor y los diferentes grados de sabor, que van desde el dulce, astringente o amargo. En la última década, se ha evidenciado en una gran variedad de cultivos agrícolas el efecto de las micorrizas en relación con la calidad nutricional y organoléptica de las cosechas. En alimentos básicos como el arroz, maíz, trigo, cebada, garbanzo y sorgo, se ha documentado que la asociación micorrízica, incrementa la composición de zinc y hierro del grano, especialmente para elevar el consumo de estos nutrientes en la dieta humana.



En otros cultivos de importancia alimentaria, se han reportado el favorecimiento de parámetros de relevancia postcosecha y organoléptica. Se mencionan mayores contenidos de azúcares (°Brix), vitaminas (vitamina C) y compuestos esenciales como ácidos fenólicos y flavonoides, en frutos de fresa, frambuesa, papaya y especies del género citrus, como el naranjo y mandarina. Asimismo, en hortalizas se han reportado en ajo y cebolla, un

incremento en el contenido de ácidos orgánicos (ácido ascórbico), vitaminas y minerales (selenio y calcio). En frutos de tomate y Cucurbitáceas como el pepino y melón, se han evidenciado mejoras en su contenido nutraceutico (carotenoides y fenoles), principalmente en su capacidad antioxidante. Así como mejores condiciones en los atributos sensoriales que le brindan sabor a los frutos (contenido de azúcares, pH y ácidos orgánicos).

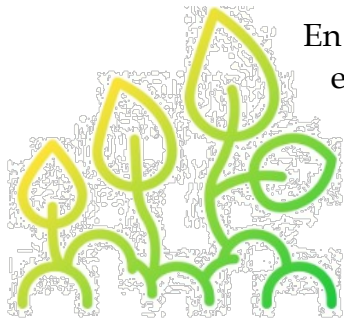




Para comprender tales efectos, la asociación micorrícica (hongo micorrícico -planta) interviene en una mayor movilidad y absorción por parte de la planta de diferentes minerales del suelo hacia la planta. Minerales como el P, Zn, Fe, Mn y Ca, se encuentran estrechamente involucrados en procesos reguladores de su metabolismo. Por ejemplo, los procesos que se relaciona con la hidrólisis de azúcares, formación de compuestos fenólicos y carotenoides, relacionados directamente con el sabor, pigmentación y capacidad antioxidante de los alimentos. Uno de estos minerales es el calcio (Ca^{+2}), considerado un elemento mineral con una función y participación directa en los procesos de formación de la pared celular y maduración. Jugando un papel clave en los atributos de textura y el aspecto visual en frutos, comprometiendo la dureza (firmeza) o turgencia de la cáscara y pulpa. Dichos atributos son primordiales para una buena aceptación en el mercado (comercialización). Además, su presencia en la planta puede determinar la calidad postcosecha de la fruta, al reducir incidencias de daños por patógenos y retrasar los procesos de maduración (catabolismo de lípidos) que limitan su vida de anaquel.

Los hongos micorrícicos como bioestimulantes de la nutrición vegetal de un amplio número de cultivos agrícolas

Conclusiones



En general, la micorriza constituye un importante método agrícola con expectativas hacia la agricultura sostenible y rentabilidad agrícola por sus efectos positivos como estimulante vegetal para un mayor desarrollo vegetal, productividad y ser tomado en cuenta como un complemento al manejo de la nutrición mineral (fertilizantes químicos) de los cultivos. Del mismo modo, el uso de micorrizas puede ser determinante para mejorar la calidad nutritiva (composición mineral y nutracéutica) y las propiedades organolépticas de los alimentos (sabor, textura, color y olor). Con miras a contribuir con la problemática de la nutrición humana en zonas prioritarias para su atención y la insuficiencia alimentaria que compromete cada día a la salud pública de la población mundial.



Literatura recomendada

FAO, FIDA, OMS, PMA, & UNICEF. (2023). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2023. Urbanización, transformación de los sistemas agroalimentarios y dietas saludables a lo largo del continuo rural-urbano. Roma, Italia. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc3017es>

López-Morales, M. L., Leos-Escobedo, L., Alfaro-Hernández, L., & Morales-Morales, A. E. (2022). Impacto de abonos orgánicos asociados con micorrizas sobre rendimiento y calidad nutracéutica del pepino. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(5), 785-798. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i5.2868>.

Upadhayay, V. K., Singh, J., Khan, A., Lohani, S., & Singh, A.V. (2019). Mycorrhizal mediated micronutrients transportation in food based plants: a biofortification strategy. In: Varma, A., Choudhary, D. (eds) *Mycorrhizosphere and pedogenesis*, Springer, Singapore. (pp: 1-14). https://doi.org/10.1007/978-981-13-6480-8_1

Semblanzas de autores

MC. José Alberto Gío-Trujillo. Ingeniero Agrónomo por el Tecnológico Nacional de México, Campus Tizimín. Maestría en Ciencias en Manejo de Recursos Naturales Tropicales por la Universidad Autónoma de Yucatán. Doctorado en Ciencias en Agricultura Tropical Sustentable. Tecnológico Nacional de México, campus Conkal.

Dr. Carlos Juan Alvarado-López. Ingeniero Químico por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Maestría en Ciencias, Biotecnología por la UACH. Doctorado en Ciencias, Biología Experimental por la UMSNH. Cátedras-CONAHCYT, TECNM, Campus Conkal. Nivel SNI: I.

Dra. Neith Aracely Pacheco-López. Ingeniera en Alimentos por la Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa (UAMI). Maestría: Biotecnología por la UMAI. Doctorado: Materiales Macromoleculares (Universidad Claude Bernard, Francia) y Biotecnología por la UMAI. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño de del Estado de Jalisco. Nivel SNI: I.

Dr. Jairo Cristóbal-Alejo. Licenciatura en Sistemas de Producción Agrícola: Instituto Tecnológico No. 25 de Cd. Altamirano, Guerrero. Maestría en Ciencias: Fitopatología. Colegio de Postgraduados. Doctorado en Ciencias: Fitopatología. Colegio de Posgraduados. TECNM, Campus Conkal. Nivel SNI: I.

Dr. Arturo Reyes-Ramírez. Licenciado en Química Clínica. Universidad Veracruzana. Maestría en Ciencias: Ingeniería Bioquímica. Instituto Tecnológico de Veracruz. Doctorado en Ciencias: Biotecnología de Plantas. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-Irapuato. TECM, Campus Conkal. Nivel SNI: I.





Guerreras contra la salinidad que potencian el crecimiento vegetal

Eréndira Esmeralda Hernández*
Lidia Velasco Velasco

Colegio de Postgraduados campus Montecillo, Km 36.5, Carretera Federal México Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México, C.P 56264.

*Autor de correspondencia: hernandez.erendira@colpos.mx, número celular: 5520836525

La salinidad es uno de los muchos problemas que aquejan al suelo y afectan la agricultura. Entender el funcionamiento de los suelos con este particular problema ha sido todo un reto. Las rizobacterias desafían esta situación y contribuyen con las plantas para alcanzar su desarrollo.

Introducción

Cuando hablamos de la agricultura, nos imaginamos vastos campos verdes, grandes producciones o simplemente nos centramos en el producto obtenido. Pero rara vez nos detenemos a pensar en el suelo que sostiene esos cultivos. No pensamos en su salud, en sus propiedades, su composición o si el suelo es capaz de sostener vida. Hay muchas preguntas que podemos hacernos respecto a este sustrato natural. Somos grandes agricultores porque obtenemos nuestro alimento a costa de él, pero no imaginamos el daño que le causamos con la aplicación excesiva de fertilizantes (salinización), mal uso del riego y otros tantos malos manejos que le brindamos.

Por otro lado, de forma natural ya contamos con áreas que no son cultivables, especialmente en áreas áridas y semiáridas, y nos enfrentamos a un desafío invisible pero considerable: la salinidad del suelo.





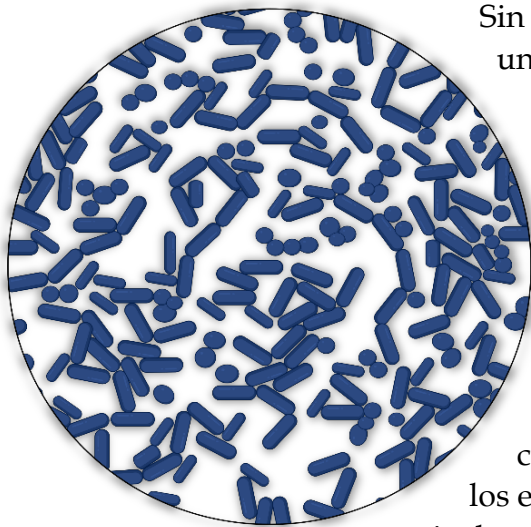
La salinidad en el suelo surge cuando en éste se acumulan niveles excesivos de sales, lo cual impacta adversamente en sus propiedades fisicoquímicas y reduce la diversidad microbiana.

Las sales en exceso en el suelo pueden obstaculizar la absorción de agua y nutrientes por parte de las raíces de las plantas, provocando estrés hídrico y desequilibrios nutrimentales. Además, debilita la estructura del suelo, lo que resulta en una menor retención de agua, afecta la circulación de agua y aire, dificulta el adecuado desarrollo radical de las plantas; amenazando así la salud del suelo, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental (Lamz Piedra & González Cepero, 2013).

Por suerte, existen soluciones para abordar este problema. Métodos como la lixiviación, que consiste en lavar el suelo con agua para eliminar las sales acumuladas en las capas superficiales, pueden ayudar a reducir la salinidad, al igual que el uso de cultivos capaces de tolerar la salinidad.

Sin embargo, estos enfoques tienen limitaciones y requieren una inversión considerable de tiempo y esfuerzo. Ante los desafíos futuros, se hace necesario emplear simultáneamente tecnologías alternativas para promover la agricultura sostenible. Una de estas alternativas prometedoras es la aplicación de Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR).

Estas Rizobacterias actúan como inductores de tolerancia a la salinidad en las plantas y promueven su crecimiento. Ofrecen una posible solución para mitigar los efectos negativos de la salinidad del suelo en la agricultura, abriendo el camino hacia un futuro donde la tierra árida pueda florecer nuevamente con cultivos prósperos y sostenibles.



Las Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal son una solución prometedoras para abordar la salinidad en el suelo.



¿Sal en el Suelo? ¡No es un condimento es un problema!

Cuando escuchamos la palabra sal, normalmente la asociamos con su uso en la cocina. Sin embargo, es importante destacar que la sal también puede encontrarse en el suelo. *¿Alguna vez te has preguntado qué es la salinidad y qué factores contribuyen su presencia en el suelo?*

La salinidad del suelo se refiere a la cantidad de sales presentes en él, se mide a través de la conductividad eléctrica (CE). Se considera un suelo salino cuando la CE es mayor a 4 dSm^{-1} . Las sales minerales solubles presentes en el suelo incluyen los cationes como el sodio (Na^+), calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+) y aniones como el cloruro (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}), y nitrato (NO_3^-). La salinidad del suelo más frecuente es causada por el cloruro de sodio (NaCl), aunque también

pueden presentar diferentes combinaciones de sales, como los cloruros y los sulfatos de sodio, calcio, magnesio, entre otros.

La salinización del suelo puede ocurrir por razones tanto naturales (primarias) como provocadas por acción antropogénica (secundarias), es decir, inducido por el ser humano y sus actividades. En el primer caso, la salinidad del suelo se debe al material original de éste, su proximidad al mar, la elevación sobre el nivel del mar, la intemperie y los depósitos marinos y lacustres.

En el segundo caso, la salinización del suelo está relacionada con el manejo inadecuado del agua para el riego, extracción excesiva de agua subterránea y uso excesivo de agroquímicos (Lamz Piedra & González Cepero, 2013).



La salinidad afecta todos los aspectos de la morfología, fisiología y bioquímica de las plantas, provocando una pérdida significativa del rendimiento del cultivo.



La salinidad: El desafío silencioso que amenaza la agricultura

La salinidad del suelo es el resultado tanto de procesos naturales como de la actividad humana, constituye un desafío relevante con implicaciones significativas para la sostenibilidad agrícola.

La salinidad afecta todos los aspectos de la morfología, fisiología y bioquímica de las plantas, provocando una pérdida significativa del rendimiento de los cultivos.

La salinidad dificulta la absorción de agua y nutrientes esenciales (K^+ , NO_3^- , PO_4^{3-}) por las raíces de las plantas, ya que la sal actúa como una barrera entre la raíz, ocasionando desequilibrios nutricionales (Fig. 1), además de afectar procesos biológicos como la germinación de semilla, crecimiento y desarrollo vegetativo, así mismo, se afectan procesos metabólicos como la fotosíntesis.

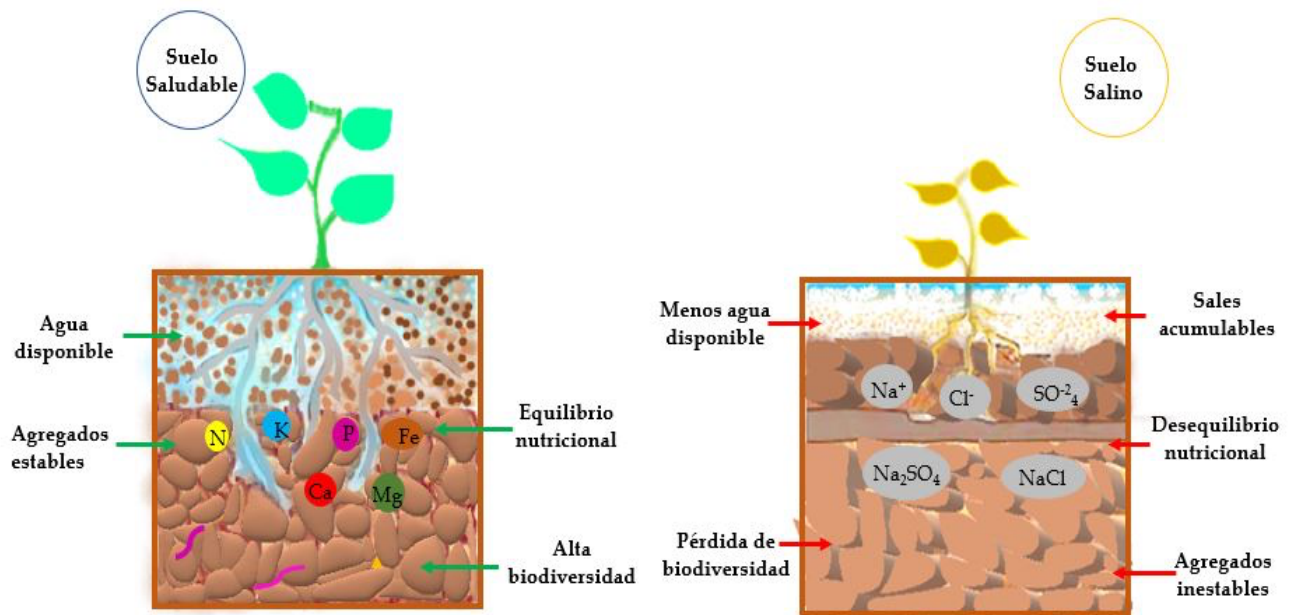


Figura 1. Comparación de un suelo saludable y un suelo salino

Actualmente más del 74% de los suelos dedicados a la agricultura a nivel mundial muestran problemas de salinidad (Argentel *et al.*, 2017).



Sobreviviendo al cambio, sobreviviendo a la salinidad...

Evolutivamente, las plantas han adquirido habilidades de supervivencia; al desarrollarse o enfrentarse a una situación o un ambiente salino (suelos salinos). Éstas, tienden a asociarse y desarrollar mecanismos de interacción con microorganismos que se encuentran en su entorno radical o “rizosfera”.

Hoy en día, se le conoce como microbioma al conjunto de microorganismos que habitan dentro y fuera del sistema radical. A este, lo integran nuestras guerreras, las PGPR; como su nombre le atribuye, promueven el crecimiento vegetal por medio de distintos mecanismos que éstas poseen directa o indirectamente.

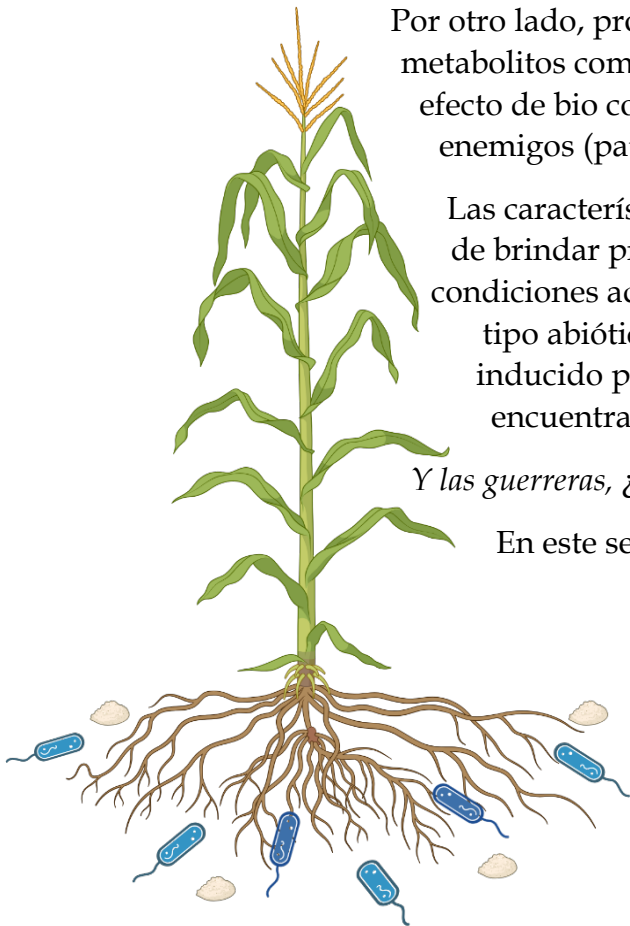
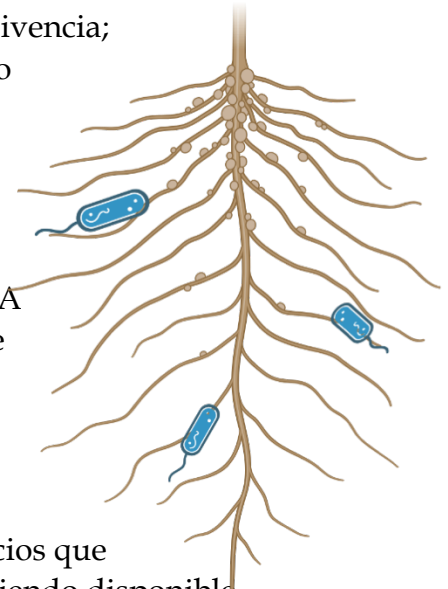
¿Por qué las llamamos guerreras?

Las nombramos de esta forma, por los múltiples beneficios que aportan a las plantas, como proveer nutrientes, haciendo disponible y asimilable nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, entre otros. Por otro lado, promueven el crecimiento mediante la producción de metabolitos como las auxinas principalmente, también tienen un efecto de bio control, es decir, protegen a las plantas de otros enemigos (patógenos).

Las características que las hace únicas, es la capacidad que tienen de brindar protección y resistencia a las plantas para tolerar condiciones adversas, o mejor conocido como resistencia a estrés de tipo abiótico. Este tipo de estrés, que padecen las plantas es inducido por la salinidad del suelo del medio en el que se encuentran.

Y las guerreras, ¿Qué más hacen y cómo ayudan a las plantas?

En este sentido, las Rizobacterias les confieren esa resistencia a las plantas, debido a la producción de metabolitos (auxinas), principalmente ácido indol acético (AIA) que participan en la división, elongación y diferenciación celular.





Las Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal presentan mecanismos específicos que estimulan el crecimiento y permiten la tolerancia al estrés por salinidad

Las Rizobacterias también tienen la capacidad de modular la producción de este metabolito (AIA) mejorando el crecimiento de la planta, aumenta la biomasa y el área de superficie de la raíz y producción de raíces laterales en la planta.

Mediante la producción de 1-aminociclopropano-1-carboxilato (ACC) desaminasa hidroliza el ACC. El ACC es oxidado por una enzima, la ACC Oxidasa que lleva a la producción del etileno; siendo este, la hormona que ocasiona al envejecimiento celular vegetal, producido en las plantas inducido por factores que causan estrés como la salinidad del suelo, sequía, entre otros.

Pero gracias a las Rizobacterias que presentan esta capacidad de producción de la enzima ACC desaminasa permite la reconversión (hidroliza) de la ACC, transformándolo a amoníaco y α -cetobutirato, y esto puede ser utilizado como fuente de nitrógeno y con ello causan la reducción del nivel de etileno en las plantas; mejorando así el crecimiento vegetal (Ravanbakhsh *et al.*, 2018) (Fig. 2).

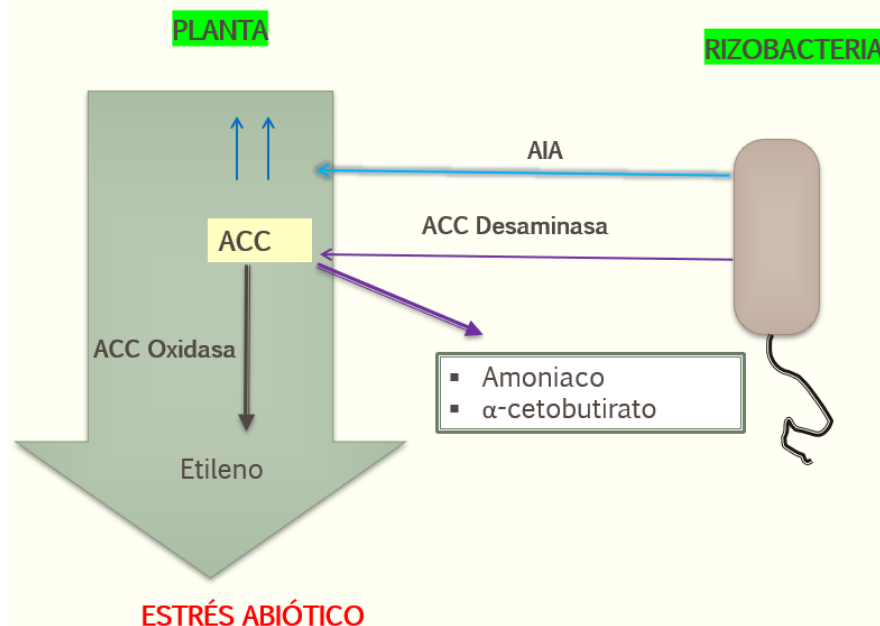


Figura 2. Modulación del etileno por Rizobacterias



Conclusiones

Las Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal son una solución prometedora para abordar la salinidad en el suelo, ya que cumplen un rol específico en las plantas y su capacidad para tolerar estrés tipo abiótico mediante la producción de metabolitos. En el suelo también se encuentran habitando este tipo de microorganismos, los cuales además de soportar las condiciones de su entorno, favorecen el crecimiento de las plantas. La interacción entre las rizobacterias y las plantas representa una oportunidad para mejorar la productividad y la resiliencia de los cultivos en suelos salino, además que son áreas de estudio que merecen atención para maximizar su potencial en la mejora de la producción.



Literatura recomendada



Argentel M.L., Fonseca R.I., Garatuza P.J., Yépez G.E., González A.J. 2017. Efecto de la salinidad en callos de variedades de trigo durante el cultivo in vitro. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8: 477-488.

Lamz Piedra, A., & González Cepero, M. 2013. La salinidad como problema en la agricultura: La mejora vegetal una solución inmediata. *Cultivos Tropicales*, 34(0258-5936).

Ravanbakhsh M, Sasidharan R, Voeselek L, Kowalchuk GA, Jousset A (2018) Microbial modulation of plant ethylene signaling: ecological and evolutionary consequences. *Microbiome* 6:52

Semblanzas de autores

M.C. Eréndira Esmeralda Hernández Andrade

Ingeniera en Agronomía por la UAM-X, maestra en ciencias, especialidad: Edafología; subespecialidad: Génesis, Morfología y Clasificación de Suelos, por el Colegio de Postgraduados, actualmente Doctorante, donde investiga el efecto de la salinidad en el huauzontle

M.C. Lidia Velasco Velasco

Ingeniera especialista en suelos por la UACH, maestra en ciencias por el Colegio de postgraduados, colabora como asesora de tesis de estudiantes de la UACH, cuenta con experiencia en microbiología agrícola y su línea de investigación son las PGPR y Micorrizas arbusculares.





Nutrición orgánico-biológica del aguacatero (*Persea americana*, Mill) cultivar Hass en Michoacán

Luis Mario Tapia Vargas¹
Anselmo Hernández Pérez¹
Magali Ruiz Rivas¹
Adelaida Stephany Hernández Valencia^{2*}

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Uruapan.

² Colegio de Postgraduados. Instituto de Fitosanidad

*Autor para correspondencia: hernandez.adelaida@colpos.mx

La Sierra Purépecha presenta condiciones óptimas para el cultivo del aguacate “Hass”, debido a su clima fresco con una temperatura mínima promedio de 6° C, y la máxima promedio es de 25° C., y suelo muy permeable. Sin embargo, el suelo posee baja fertilidad natural y ante el alto precio de los fertilizantes industriales el manejo orgánico-biológico de la nutrición, es factible de implementar, además, se mejora la fertilidad del suelo, protege al ambiente y favorece el reciclaje de residuos orgánicos.

Andosoles de la Sierra Purépecha

Los suelos del Eje Neovolcánico, son de baja fertilidad, su origen de cenizas volcánicas recientes en términos geológicos, les confieren bajos contenidos de arcillas por lo que tienen una capacidad de retención de nutrientes muy baja, aunado a esto, las altas precipitaciones registradas en esta región (de 1,000 a 2,000 mm anuales), originan un lavado continuo de los nutrientes del suelo, por la alta conductividad hidráulica del suelo que puede alcanzar hasta 80 mm/hora. Ante el incremento en los costos de los fertilizantes minerales y la rapidez de descomposición de la materia orgánica del suelo más de 2% anual, es importante considerar el uso de fertilizantes orgánicos y biológicos como una forma de incrementar la fertilidad del suelo y mantener una buena nutrición al cultivo y su productividad.

Los suelos del Eje Neovolcánico son de forma natural de baja fertilidad, su origen de cenizas volcánicas recientes en términos geológicos.





La materia orgánica puede contener entre 97 y 99% del nitrógeno total del suelo y la mayoría de los nutrientes en tejido vegetal, están directamente relacionados con materia orgánica del suelo (Núñez, 2016).

Antecedentes

Hasta 1960 la agricultura de la Sierra Purépecha, estaba compuesta por cultivos anuales como maíz, trigo, a menor escala hortalizas como jícamas, crucíferas y frutales (duraznos y aguacate criollo), donde a partir de los 60's, tras el descubrimiento del material segregante "Hass" en California (USA), se presentó una expansión del cultivo en el estado de Michoacán con 17 y 59 mil ha en 1970 y 1980, respectivamente (Martín, 2016). Este crecimiento se mantuvo una tasa de 20 mil ha por década, hasta el año 2020 que alcanzó las 150 mil ha. Las plantaciones se realizaron a expensas de suelos derivados de cenizas volcánicas de baja fertilidad, lo cual limita la absorción de nutrientes y el crecimiento de las raíces a los primeros 40 cm de profundidad del suelo y raíces de sostén hasta 1.40 m (Fig. 1). Esto hace indispensable el suministro de nutrientes al árbol de aguacate con el fin de mejorar su rendimiento y calidad del fruto.



La Sierra Purépecha presenta condiciones ideales para el cultivo del aguacate.

Importancia de la nutrición del aguacatero

El cultivo del aguacate extrae en promedio por cada tonelada de fruto producido alrededor de 2.5 kg de nitrógeno, 0.5 kg de fósforo, 3.5 kg de potasio y menos de 1.0 kg de Calcio, Magnesio, Azufre, Zinc, Hierro, Boro, de cada elemento, pero también esenciales para una correcta nutrición del aguacatero, dentro del manejo convencional estos elementos se proporcionan al árbol por medio de fertilizantes minerales. Hasta la guerra del Golfo Pérsico en 2007, los fertilizantes minerales eran relativamente baratos y subieron 1000 %. Al terminar la guerra bajaron los precios, pero no al nivel anterior a la guerra, se quedaron a un 450% por encima del valor de US 9.00 por bulto de 50 kg al consumidor hasta 2007, es decir, US \$31.00 por bulto de 50 kg, a partir de 2009, permaneció en ese precio hasta 2022 por la guerra de Ucrania otra vez incrementó su precio, ahora en 2024 vale US \$64.00 por bulto, al público.

La materia orgánica contiene de 97 a 99% del nitrógeno total del suelo y la mayoría de los nutrientes en tejido vegetal.



Figura 1. Distribución del sistema radicular del aguacatero, raíces absorbentes primeros 40 cm del suelo, raíces de anclaje hasta 1.40 cm de profundidad.

Fertilizantes bio-orgánicos

El manejo a largo plazo de la biofertilización es benéfico para el suelo, contiene todos los nutrientes que el cultivo requiere, los libera lentamente, activa la microflora del suelo, limita la acción de la microflora perjudicial, libera hormonas inductoras del crecimiento radicular. También, retiene humedad del suelo y nutrientes que de otro modo serían lixiviados, aporta amortiguamiento contra compuestos químicos contaminantes, proporciona energía y mejoramiento de las propiedades físicas del suelo, origina la formación de humus (Krull *et al.*, 2018). Los micro-organismos en suelos con alto contenido de materia orgánica, viven y actúan sobre este componente del suelo, liberando nutrientes y coadyuvando a proporcionar vida al suelo, mejorando el entorno para el crecimiento de las raíces del aguacate por la floculación del suelo producto de la actividad microbiana.



Los micro-organismos en los biofertilizantes actúan como fitoestimulantes para la germinación y el desarrollo del sistema radicular, al mejorar las propiedades físicas del suelo, además participan en la remediación del suelo al degradar residuos tóxicos, control de patógenos del suelo y la resistencia del cultivo a estrés biótico o abiótico. También hay un aporte importante de nutrientes los cuales, aunque sea en bajas cantidades, el empleo constante es un catalizador de la vida microbiana y de la liberación indirecta de nutrientes, por la actividad biológica (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de nutrientes de diferentes bio-fertilizantes y su aporte a la nutrición del cultivo.

Elemento	Lombricomposta (ppm)	Fermento orgánico (ppm)	Extracto de pescado (ppm)
Materia orgánica (%)	57.3	55.1	44.8
Carbono	21.4		
Nitrógeno	1.8	1.4	5.8
P ₂ O ₅	2.3	0.3	2.1
K ₂ O	0.95	1.2	2.9
Calcio	6.23	0.8	0.4
Mg	0.70	0.5	0.13
Fe (ppm)	750	421	350
Relación (C/N)	11.9	15.4	17.2

La producción de lombricomposta y en general de biofertilizantes no requieren grandes espacios (Fig. 2). Un horno de 1 m de ancho por 3 m de largo es suficiente para producir lixiviados de lombriz rico en elementos nutritivos 225 ppm de N-NO₃, 1.5 ppm de Fósforo, y 65 ppm de potasio. Produce 20 L/día y la aplicación de estos productos puede realizarse con fertirriego o directamente a la zona radicular del árbol.





Figura 2. Horno de composta y lixiviados de lombriz.

Formas de fertilización bio-orgánica

En aguacate se han realizado diversos estudios en Michoacán con la aplicación foliar o edáfica de diferentes compuestos bio-orgánicos, donde la respuesta es sorprendente pues se puede sustituir hasta en 100% el uso de fertilizantes químicos y en caso de que sea necesario usarlos, la eficiencia de la fertilización se incrementa pues la mayor densidad radicular, producto del mejoramiento de las propiedades físicas del suelo, se mejora la asimilación de nutrientes, pues están en solución y de forma asimilable, estos biofertilizantes son agregados con hongos (*Trichoderma harzianum*, *Glomus intrarradices*) y bacterias benéficas (*Bacillus subtilis*, *Azospirillum brasilense*).



Respuesta a la Fertilización biorgánica

En Michoacán se han desarrollado investigaciones de fertilizantes bio-orgánicos tales como; lixiviados de lombriz, supermagro, bocashi y estos han tendido resultados muy alentadores mejorando desde la concentración de clorofila en las hojas y por consiguiente el peso y rendimiento de fruto en huertos con altas densidades, superando en algunos tratamientos los valores que registra el testigo con fertilización solamente química (Cuadro 2).

Cuadro 2. Respuesta a la fertilización bio-orgánica en aguacate de Michoacán.

Tratamiento	Unidades SPAD	Peso medio fruto (g)	Rendimiento (kg/árbol)
Ácidos Orgánicos + Bacterias benéficas	59.7ab	245.7 a	52.4 a
Ácidos orgánicos + Micorrizas	53.4 b	224.6 a	47.7 ab
Fermentos orgánicos	67.8 a	252.1 a	49.2 ab
Extracto de Pescado	49.6 b	248.1 a	48.4 ab
Lombricomposta	52.1 b	227.3 a	44.1 ab
Composta maíz	47.6 b	231.4 a	40.3 b
Manejo convencional	59.8 ab	217.4 a	51.6 ab
Tukey 5%	10.4	57.8	7.9

Nota: cantidades con la misma letra, iguales estadísticamente ($P \geq 0.95$)

La disponibilidad de nutrientes en la solución del suelo, se observa claramente que el testigo presenta mejores valores de elementos nutritivos disponibles (Cuadro 3). Sin embargo, aún en menor cantidad los biofertilizantes presentan valores aceptables permaneciendo constantes durante un ciclo completo de nutrición. En otro tipo de análisis nutricional, el extracto celular de peciolo, los nutrientes ya asimilados, presentan valores más bajos que la fertilización química, aunque parecen ser suficientes para la productividad del aguacate, como se observa en el rendimiento de fruto, por lo que parece ser, que en realidad no importa mucho una gran cantidad de nutrientes en el suelo, sino que permanezcan, aunque sea en bajas cantidades, siempre constantes en el suelo.

El cultivo del aguacate extrae en promedio por cada tonelada de fruto producido 2.5 kg de nitrógeno, 0.5 kg de fósforo, 3.5 kg de potasio.



Cuadro 3. Evaluación de la nutrición de la solución del suelo y el contenido nutricional del extracto celular de peciolo de aguacate en Michoacán 2020-2022.

Tratamiento	Solución del suelo					Extracto celular de peciolo		
	pH	CE (dS m ⁻¹)	N-NO ₃ (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	N-NO ₃ (ppm)	P (ppm)	K (ppm)
Ácidos Orgánicos + Bacterias benéficas	7.7	0.59	199	1.78	100	204	0.35	2150
Ácidos orgánicos + Micorrizas	7.4	0.61	165	1.85	126	199	0.38	2040
Fermentos orgánicos	7.6	0.55	175	1.67	131	205	0.34	2175
Extracto de Pescado	8.1	0.67	199	1.84	115	210	0.40	2085
Lombricomposta	6.8	0.74	184	1.56	124	189	0.37	1980
Composta maíz	7.2	0.75	156	1.68	116	210	0.31	1990

Conclusiones

Los fertilizantes bio-orgánicos son una opción aceptable para el manejo nutricional del cultivo, son consistentes en el tiempo, proporcionan un adecuado nivel nutricional disponible en la solución del suelo, los rendimientos de fruto son competitivos, sobre todo en huertos de altas densidades y pueden reducir el impacto del manejo de la fertilización química, pues contribuyen a mantener el suelo productivo y en condiciones de manejo ecológico de menor daño ambiental. Sin embargo, se requiere mayor investigación en cuanto a medir la actividad biológica del suelo por el uso de los bio-orgánicos, evaluar la estructura del suelo, el aporte a la densidad radicular, la eliminación de residuos tóxicos y algunas variables fisiológicas como la fotosíntesis y los cambios en el metabolismo.



El manejo a largo plazo de la biofertilización es benéfico para el suelo.



Literatura Revisada

Krull E.S., Skjemstad, J.O., Baldock, A.J. 2018. Functions of soil organic matter and the effect on soil properties. Grains Research and Development Corporation. Researchgate.net 129 p.

Martín, C.M.L. 2016. La formación histórica del sistema de innovación de la industria del aguacate en Michoacán. Tzintzun 63:269-304

Núñez, E.R. 2016. El suelo como medio natural de la nutrición de cultivos. In: Nutrición de Cultivos. Alcántar, G. G., Trejo T.L., Gómez M. F. (eds). Colegio de Postgraduados. P 105-149

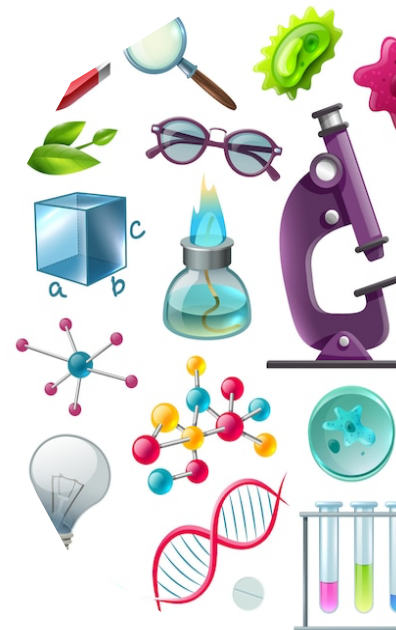
Semblanzas de autores

Dr. Luis Mario Tapia Vargas. Investigador Titular C responsable de la investigación en el cultivo de aguacate en el área de nutrición y manejo del agua, profesor de asignatura de Riego y Drenaje y de Conservación de Suelo y Agua de la Universidad Michoacana.

Dr. Anselmo Hernández Pérez. Investigador Titular C responsable del laboratorio de fitopatología del Campo Experimental Uruapan y de proyectos de investigación en enfermedades del aguacate y frutillas.

Dra. Magali Ruiz Rivas. Investigador Titular B, responsable del laboratorio de biotecnología del Campo Experimental Uruapan y de proyectos de investigación en propagación somática y plagas y enfermedades del aguacate y frutillas.

M. C. Stephany Adelaida Hernández Valencia. Estudiante de Doctorado en Fitopatología. Profesora del Tecnológico Nacional de México.





Los constructores del suelo no reconocidos (olvidados)

Lidia Velasco Velasco^{1*}
Oscar Fernández Fernández²
Patsy Jackeline Almazán Castañeda¹

¹ Colegio de Postgraduados campus Montecillo, Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, CP. 56264

² Universidad Autónoma de Chapingo, Carretera Federal México-Texcoco Km 38.5, Texcoco, Estado de México, CP. 56230.

*Autor para correspondencia: velasco.lidia@colpos.mx

Los hongos micorrízicos arbusculares se han empleado con la finalidad de aportar nutrientes, agua y resiliencia a las plantas con quienes se asocian. Sin embargo, desempeñan otras tareas importantes como la formación, estabilización, mejoramiento y mantenimiento de la estructura del suelo; como resultado de los procesos físicos, biológicos y bioquímicos en los que participan estos organismos.

Introducción

Evolutivamente las plantas han desarrollado diversos tipos de relaciones con los microorganismos, tal es el caso de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), los hongos son microorganismos eucariotas distintos a las plantas y animales, de acuerdo con la forma de alimentarse pueden clasificarse en tres grandes grupos; descomponedores, parasitarios y simbióticos, estos últimos, establecen una relación mutualista con las raíces de las plantas. En esta relación simbiótica, la planta le permite al hongo colonizar y desarrollar estructuras específicas dentro y fuera de las raíces de las plantas. Es decir, el hongo desarrolla estructuras externas a la raíz conocido como micelio extraradical, y con ello navegar mayor volumen de suelo.





Esta forma de relacionarse implica un juego de ganar-ganar en el que la planta le provee al hongo alimento (azúcares y ácidos grasos) que lo mantienen vivo, y le permite desarrollarse y completa su ciclo de vida. A cambio, el hongo por medio de sus estructuras extra e intra radicales facilita la absorción de nutrientes, agua, así mismo otorga tolerancia a estrés abiótico y biótico. En el suelo, los hongos micorrízicos ayudan en la aceleración de la descomposición de la materia orgánica y la formación de agregados del suelo (Shi *et al.*, 2023).

Valor significativo del suelo

Siempre hemos visto al suelo como el lugar sobre el que caminamos, el medio en el que crecen plantas, habitan los animales y una gran variedad de microbios. El suelo es más que un medio en el cual se puede cultivar. Para ello, debemos ver que ofrece además de proveer comida para sus habitantes, presenta características físicas, químicas, biológicas y morfológicas únicas que se distingue para cada tipo de suelo. En este sentido, cada suelo es diferente y posee capacidades y cualidades diferentes en función a sus características y composición. En él, ocurren infinidad de procesos (por ejemplo, los ciclos biogeoquímicos, el reciclaje de nutrientes) en interacción con sus habitantes y con ello se convierte en un sistema biológico complejo y a su vez fascinante.

¡Y entonces! ¿Qué es la estructura del suelo y qué función desempeña?

Los hongos micorrízicos arbusculares tienen una importante contribución con su hospedero; como agentes que translocan nutrientes y agua, a cambio reciben carbono y lípidos.

La estructura del suelo es una propiedad física y la podemos definir como la columna vertebral; como en los humanos sería el sistema óseo, que permiten soportar y darle forma al cuerpo. Para el suelo, la estructura es el arreglo o acomodo tridimensional de las partículas (arenas, limos, arcillas, Materia Orgánica, óxidos, microorganismos), formando agregados órgano-minerales que se presentan en tiempo, espacio y en orden jerárquico (Tisdall y Oades, 1982). Los microorganismos que habitan en el suelo participan activamente en este proceso y uno de los actores principales son los hongos micorrízicos. La función principal de la estructura del suelo es la distribución del agua, circulación de aire en los espacios vacíos, desarrollo de raíces y sostén de la vida microbiana. Por lo anterior, la importancia de la estructura del suelo, que nos olvidamos de ella cuando intentamos comprender el estudio del suelo y su diversidad.



Esto nos lleva a la pregunta: ¿Cómo actúan las micorrizas en la estructura del suelo?

La simbiosis micorrízica y sus múltiples beneficios con sus hospederos se enfoca principalmente a la parte nutrimental, sin embargo, también actúa sobre su entorno, el medio en el que explora y se desenvuelve que es el suelo. En este medio, los hongos micorrízicos actúan como extensión de las raíces de su hospedero para explorar nuevas áreas de difícil acceso este proceso se conoce como colonización.

Durante la colonización, las hifas interactúan con nuevas comunidades de microorganismos, nuevos terrenos y por supuesto nuevos obstáculos como falta de agua, estructuras muy duras como las rocas difíciles de traspasar u otros microorganismos que pueden ser competencia para adquirir nutrientes. Los hongos micorrízicos arbusculares tienen la capacidad de formar constantemente ramificaciones y anastomosis (fusión entre ramificaciones) que se generan del micelio extra radical, formando diferentes arquitecturas, distintas longitudes y por ende, modificando la densidad de hifas que se forman; esto permite interactuar con el entorno físico del suelo y sus agregados. Durante su crecimiento o colonización, agrupan las partículas del suelo por medio de empuje físico, ocurre una

alineación local de las partículas, o lo que podemos llamar como un efecto "enmallamiento". La construcción de esta red hifal extra radical ayuda a mejorar el volumen de suelo conectado. En este proceso, el micelio ejerce una fuerza física que permite juntar y agrupar las partículas en pequeños agregados (micro agregados) para después formar agregados más grandes (macro agregados) estables y resistentes a una desintegración por medio de una fuerza mecánica (Figura 1b). En algunas otras ocasiones, el micelio también penetra los microagregados y los desplaza para aglomerarlos. Los HMA también agrupan partículas por medio de glicoproteínas (más conocidas como glomalinas) producidas en el micelio extra radical en conjunto con otros microorganismos que en él habitan y conviven. Estas glicoproteínas secretadas, funcionan como pegamento el cual permite adherir a las partículas del suelo unas con otras formando agregados más fuertes, este efecto es más reconocido como mecanismo bioquímico (Figura 1c).

La estructura del suelo es una de las propiedades físicas más importante de suelo, por su funcionalidad en el aspecto agrícola.

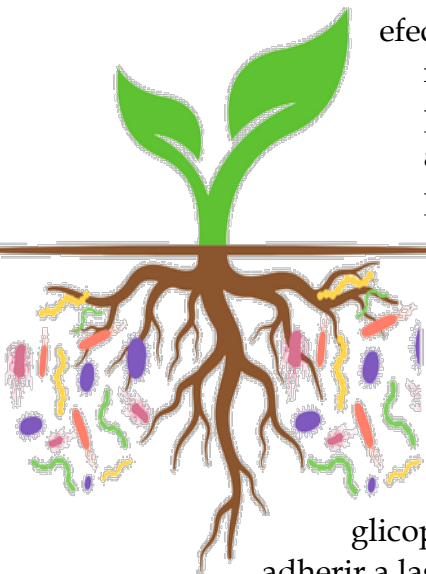




Figura 1. Formación de agregados, a) partículas del suelo sin presencia de micelio, b) colonización de las hifas extra radicales de los hongos micorrízicos; inicio de enmallamiento, c) formación de macro agregados por el micelio extra radical y la glomalina.

Las micorrizas tienen la capacidad de colonizar espacios intransitados por las raíces, por lo que a su paso, agrupan partículas y contribuyen a estabilización de agregados.



Conclusión



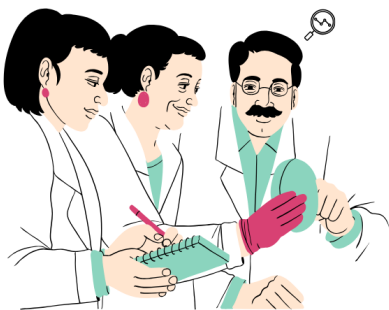
Los hongos micorrízicos tienen funciones importantes en el suelo como la formación de agregados que proporciona una distribución y formación de estructuras en el suelo bien consolidadas. Estructuras más resistentes, bien formados y de calidad que ofrece al suelo mayor resistencia a desastres naturales o acción humana, con fines de separación como el viento o el agua y la erosión. Además, proporciona un ambiente más amigable para el desarrollo de las raíces y la circulación del agua, lo que beneficia el almacenamiento de agua en el suelo y posteriormente la recarga de acuíferos. Al mismo tiempo, mejora la aireación del suelo lo que genera un mejor ambiente para otros microorganismos del suelo. En conjunto, la calidad de la vida incrementa dentro de suelo, todo a partir de la colonización micorrizica.



Literatura recomendada

Shi J, Wang X, & Wang E. (2023). Mycorrhizal symbiosis in plant growth and stress adaptation: From genes to ecosystems. *Annual Review of Plant Biology* 74: 569–607. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-061722-090342>

Tisdall JM & Oades JM. (1982). Materia orgánica y agregados estables al agua en suelos. *Revista de Ciencia del Suelo* 33: 141–163.



Semblanzas de autores

M.C. Lidia Velasco Velasco. Ingeniera especialista en suelos por la UACH, Maestra en Ciencias por el Colegio de postgraduados, colabora como asesora de tesis de estudiantes de la UACH, cuenta con experiencia en microbiología agrícola y su línea de investigación son las PGPR y Micorrizas Arbusculares.

M.C. Oscar Fernández Fernández. Ingeniero Agrónomo Especialista en Suelos por la Universidad Autónoma Chapingo. Maestría y Doctorado en Ciencias con especialidad en Biotecnología de Plantas por el CINVESTAV-Unidad Irapuato.

Profesor-Investigador de tiempo completo en el Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo desde 2010. Donde imparto materias relacionadas a la Génesis, Morfología, Clasificación, Aprovechamiento y Conservación del recurso suelo. Iniciando en el mundo del microbioma del suelo y la aplicación de las ciencias ómicas en su estudio. Experiencia como capacitador en temas de fertilidad de suelos, nutrición vegetal y manejo integral de suelos.

M.C. Patsy J. Almazán Castañeda. Bióloga por el Instituto Tecnológico de Cd. Altamirano, M. C. en el Área de Microbiología, Edafología, por el Colegio de Postgraduados. Apasionada por el estudio de hongos ectomicorrizicos y la biorremediación de suelos.

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

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

TERRA
Latinoamericana



ISSN Electrónico 2395 - 8030

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



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



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



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



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

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

DEL 14 AL 18 DE OCTUBRE DE 2024



**Universidad Autónoma
de Chihuahua**



Sitio web del #48CMCS





Compostando inocuidad para la producción de alimentos orgánicos

José Alfredo Guevara-Franco
Emmanuel Junco-Carlón
José Leonardo Ledea-Rodríguez *

Departamento Académico de Ciencia Animal y Conservación del Hábitat. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Carretera al Sur km. 5.5. CP. 23080. La Paz, Baja California Sur, México.

*Autor para correspondencia: ledea1017@gmail.com

Es interés del presente escrito divulgar la utilidad, tecnología y consideraciones para el uso de estiércol compostado, práctica que se remonta al período Neolítico, hace 12,000 años. Sin embargo, con la revolución verde y el desarrollo de fertilizantes químicos, el uso del estiércol en la agricultura disminuyó considerablemente. Su elaboración se divide en fases denominadas mesófila, termófila, mesófila II, y maduración, caracterizadas por diferentes niveles de temperatura que conducen a la descomposición progresiva de la materia orgánica y la disminución del contenido de microorganismos patógenos y metales pesados. Esto último determina la inocuidad del producto final, o sea, del compost. La perspectiva del uso de composta en la fertilización hortícola es prometedora y respaldada por investigaciones científicas que sustentan sus beneficios agronómicos, medioambientales y económicos.



Introducción

Las referencias del inicio de aplicación del compostaje no están claras, sin embargo, algunos estudios indican que se usaba desde el Neolítico, hace 12,000 años, y existen evidencias de su uso por las antiguas culturas egipcias, griegas y romanas que reconocieron los beneficios de utilizar los desechos animales para enriquecer el suelo. Sin embargo, fue en la Edad Media cuando el estiércol ganó mayor protagonismo como fuente de nutrientes para las plantas. La tecnología del compostaje ofrece muchos beneficios, desde la práctica es muy fácil de elaborar, ecológicamente enriquece el suelo y mejora su capacidad de nutrir las plantas, y permite obtener productos agrícolas de valor agregado.

Compostaje es la mezcla de materia orgánica constituida por desechos de alimentos domésticos, vegetales, ramas, excrementos de animales de granja, entre otras.



Algunas generalidades sobre los tipos de composta incluyen el compost express, que se realiza cortando los residuos orgánicos en trozos pequeños y agregando material seco a la compostera, aireándolo regularmente y esperando unos meses para obtener compost listo para cosechar; el compost de estiércol, que se realiza mezclando estiércol con agua para alcanzar altas temperaturas y contiene altos niveles de nitrógeno; la avicomposta, que se genera con la ayuda de gallinas y produce un compost de alta calidad; el compost de café, elaborado a partir de los restos de la producción de café y rico en nutrientes; y la turba, una mezcla de varios materiales que es versátil y útil en diferentes situaciones.

Todos estos tipos de composta ofrecen beneficios específicos para las plantas y el suelo, contribuyendo a mejorar la fertilidad de la tierra, controlar la erosión, mejorar la estructura del suelo y promover un crecimiento saludable de las plantas.

Es importante a la hora de referirnos a *Abono y Composta* tener algunas consideraciones sobre los conceptos que definen a estos dos productos, en este sentido, se debe comprender que abono y composta son dos términos relacionados con la fertilización y el enriquecimiento del suelo, pero tienen diferencias significativas en cuanto a su composición y proceso de formación. A continuación, se mencionan muy brevemente algunas de las diferencias entre ambos:

Abono

Se refiere a cualquier sustancia que se añade al suelo con el propósito de suministrar nutrientes a las plantas y mejorar su crecimiento estos pueden ser de origen orgánico o inorgánico. Los abonos inorgánicos son generalmente productos químicos sintéticos que contienen nutrientes específicos, como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), en formas fácilmente asimilables por las plantas.

Composta y sus derivados

Ya se hizo referencia en párrafos anteriores al entendido del concepto de composta, pero nos es de interés compartir, además, algunos de los derivados de esta, que no son necesariamente composta.

Vermicompost: Utiliza lombrices o pre-inóculos de microorganismos.

Té de composta: Extracto soluble en agua a partir del compost.

Lixiviado de composta: Corresponde al agua que drena por el exceso de humedad del material, durante el proceso de compostaje.

Extracto de composta: Es el producto de hacer pasar el agua a través del compost.

Té de estiércol: Extracto acuoso de estiércol.





¿Qué es el compostaje?

Se entiende por compostaje a la mezcla de materia orgánica constituida por desechos de alimentos domésticos, vegetales, ramas, excrementos de animales de granja (Figura 1 A), entre otras fuentes, con cierta composición que se descomponen en condiciones aerobias, o sea, en presencia de oxígeno (Figura 1 B), y el producto resultante que es el compost es de utilidad para la nutrición de plantas y mejora de la vida del suelo, así como sus propiedades físicas y químicas.

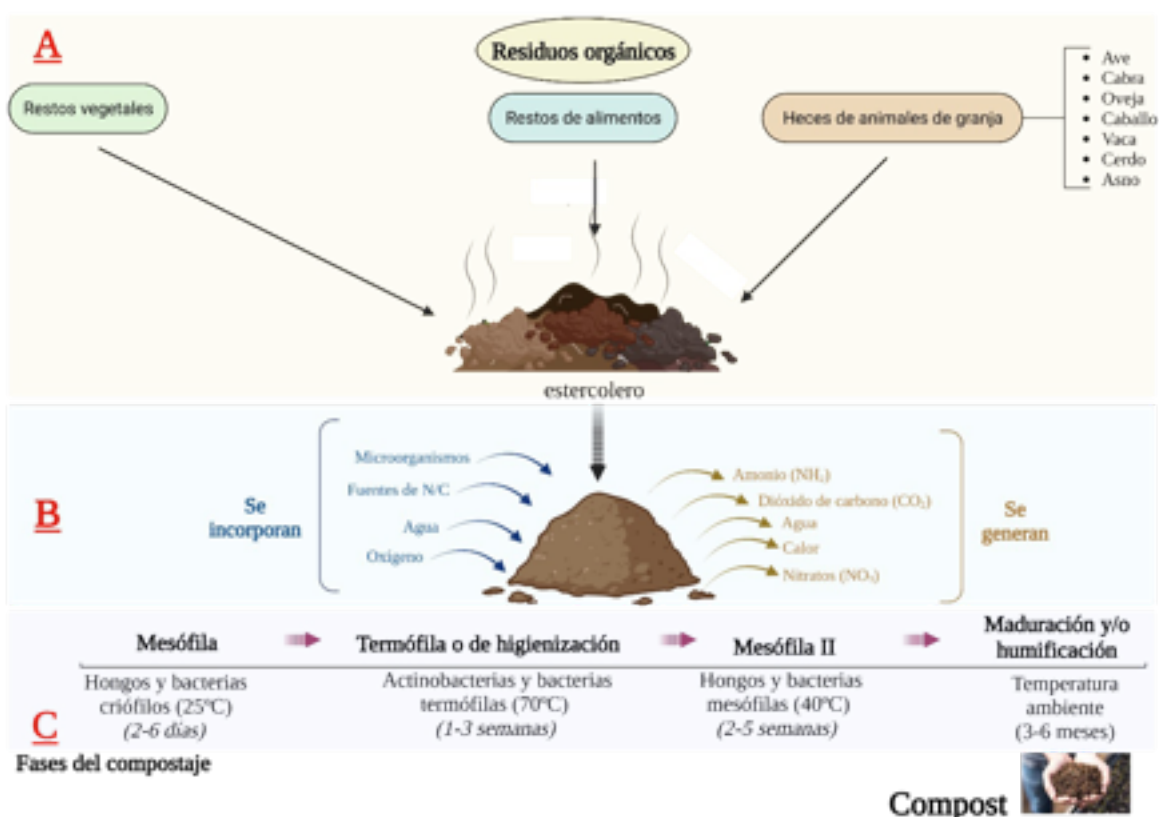


Figura 1. Niveles del compostaje. A) Materias primas; B) Productos de entrada y salida dentro del proceso de elaboración del compost; C) Fases termófilas por rangos de temperatura y representatividad de microorganismos por fase.

No a todos los materiales que se han transformado aeróbicamente se les considera compost, ya que el proceso de elaboración incluye diferentes etapas que no se deben omitir, alterar o traslapar para poder obtener un compost de calidad (Figura 1 C).



Tecnología

La humanidad de forma estructurada y organizada desarrolló una herramienta que se basa en el aprovechamiento de la actividad microbiana remanente en las heces y restos orgánicos, para acelerar el proceso de descomposición de la materia orgánica contenida en éstos, utilizando a su favor el incremento de la temperatura y variaciones de pH que acompaña la descomposición de la materia orgánica por parte de los microorganismos.

El consecuente incremento de la temperatura desde valores de 25°, 40°, 70° y nuevamente 40°C estimula forzosamente la renovación de diferentes grupos de microorganismos a la vez que promueve las condiciones ideales de temperatura y humedad para que los microorganismos dentro de cada nicho condicionado por la temperatura manifiesten su actividad microbiana (Figura 1 C).

De esta manera, dentro de cada rango de temperatura se producirán productos que servirán de sustrato a la masa microbiana existente, y a hasta el agotamiento de este sustrato no se generará de forma espontánea la siguiente fase, con nuevas características de temperatura, pH y humedad que definirán la nueva población microbiana (Figura 2), y así de forma cíclica hasta obtenerse como producto final un material orgánico enriquecido con compuestos nutritivos, libre de toxinas y de microorganismos patógenos. A esta herramienta se le conoce como Biotecnología, y al proceso compostaje.

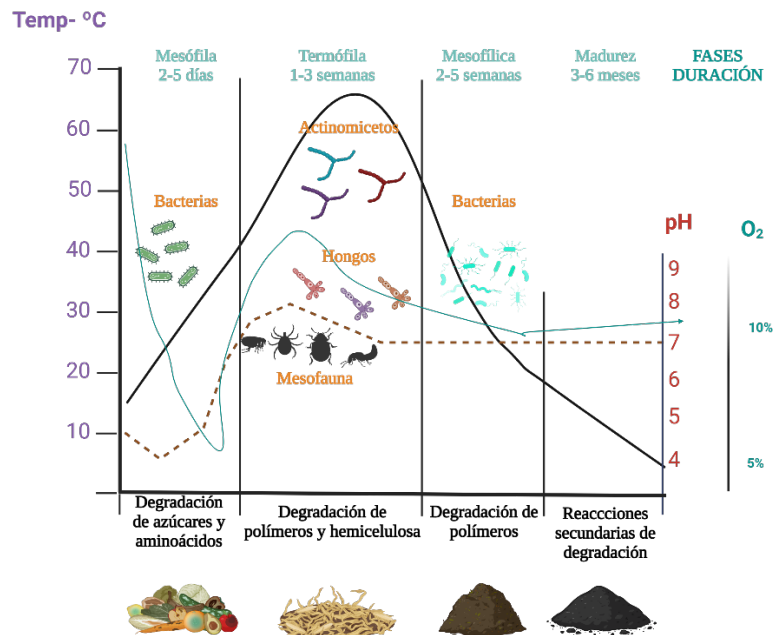


Figura 2. Población de organismos (macro y micro), variaciones de pH y temperatura en la transformación de materia orgánica a compost.



Perspectivas

La humanidad a través del tiempo ha venido perfeccionando la tecnología del compostaje. Dentro de las innovaciones se señala la incorporación de otros organismos que generan nuevos subproductos que enriquecen el compost, entre los que se encuentran las lombrices de tierra e insectos; incluso se piensa en el compostaje como una de las herramientas más importantes que permitirá el reciclaje para la producción de alimento en el establecimiento de la primera colonia de humanos en el espacio, por lo que, cada vez que veas a un animal defecando, o tú mismo lo estés haciendo, la idea que debe venir a la mente es que se está generando un valioso recurso.



Consideraciones de uso según el tipo de estiércol

El estiércol tiene diferentes constituyentes determinados por el tipo de dieta que consuman los animales, por ejemplo, los desechos orgánicos del hombre y carnívoros en general son ricos en compuestos nitrogenados, azufrados, agua y minerales, y esto se debe a que la dieta está basada de forma general en el consumo de proteínas, carbohidratos, lípidos, grasas y agua, por lo cual, desprende un olor desagradablemente característico. Además de estas particularidades, posee dos limitaciones muy importantes para su uso como compost.

La primera limitación es que el proceso de descomposición hasta composta es excesivamente prolongado, hasta dos años, mientras que la segunda limitación radica en que no llega a alcanzar temperaturas superiores a los 60°C, aunque esto está ligado al volumen del compostaje, al ser menor a un metro cúbico la temperatura es inferior a 60°C y se habla de un semi compostaje, ante estas condiciones un número importante de bacterias patógenas sobreviven con lo cual se compromete su inocuidad y no puede utilizarse en la agricultura.



Otros animales como los herbívoros, las heces están constituidas por un bajo contenido de nitrógeno y alto contenido de fibra. En estado fresco las heces desprenden un olor tenue, muy diferente a cuando están interviniendo procesos de fermentación que acompañan su descomposición. Los estiércoles compostados más empleados son los obtenidos de animales de granja, como vaca, caballo, aves, conejo, asno, cerdo, oveja, cabra entre otros, debido a que puede usarse en casi toda clase de suelos y cultivos (Tabla 1), pero las características y composición química de la composta obtenida se deben a varios factores, entre los que se encuentra la especie animal, tipo de alimentación, edad del estiércol, condiciones de compostaje, relación carbono:nitrógeno y el proceso utilizado.

Tabla 1. Valores estimados sobre las características químicas del compost de diferentes especies de animales de corral.

Especie animal	Nitrógeno, %	Fósforo, %	Potasio, %	Carbono/Nitrógeno
Caballo	0.5-1.5	0.3-0.8	0.5-1.5	25:1-40:1
Vaca	0.5-2	0.2-1	0.5-1.5	20:1-30:1
Pollo/pavo	2-4	1-3	1-2	10:1-20:1
Conejo	2-4	1-2	1-2	15:1-20:1
Cerdo	0.5-1.5	0.3-0.8	0.5-1.5	10:1-20:1
Asno	0.5-1.5	0.2-0.8	0.5-1.5	20:1-30:1
Oveja	0.8-1.5	0.3-0.8	0.8-1.5	15:1-25:1
Cabra	1-3	0.5-1.5	1-2.5	20:1-30:1

No se recomienda el uso directo de estiércol en cultivos, ya que inherentemente de la actividad humana, este se descompondrá siguiendo el mismo proceso que se mencionó en párrafos anteriores, y los subproductos intermedios e incremento de la temperatura provocarán la muerte de cultivos, también pueden contener semillas, virus, bacterias patógenas que pueden transferirse a los cultivos y de forma paulatina a las personas, incluso al compost obtenido es recomendable un análisis para descartar el riesgo de transmisión de enfermedades mediante microorganismos patógenos.





Riesgos de usar un compost deficientemente elaborado

- *Fitotoxicidad*

Las plantas pueden ser intoxicadas por la presencia de elementos intermedios del proceso de fermentación que acompaña la descomposición de la materia orgánica, como lo constituyen el amonio (NH_2) y los nitratos (NO_3). El NH_2 en condiciones de calor y humedad se transforma en amoníaco, un gas tóxico incluso para el hombre.

- *Hambre de nitrógeno*

Materiales que no han culminado el proceso de transformación, no poseen una adecuada relación carbono/nitrógeno recomendada en 25:1, sin embargo, no es una norma general, recordando que las bacterias utilizan el carbono como sustrato y el nitrógeno para multiplicarse, por lo que cuando son depositados en el suelo, el carbono incrementará el número de bacterias y el nitrógeno presente en el "compost" no supe las necesidades de estas bacterias, por lo que éstas consumen el nitrógeno del suelo, agotándolo lo suficiente para que no quede disponible para las plantas.

- *Raíces sin oxígeno*

Cuando se aplica al suelo un material sin culminar el proceso de descomposición, los microorganismos utilizan el oxígeno del suelo para continuar el proceso de transformación de la materia orgánica contenida en el compost, agotándolo para las plantas (Punto compost, 2023).

¿Cuáles son los efectos adversos que puede provocar el uso de un compost deficientemente preparado?

Desde la concepción para la obtención del compostaje se debe considerar como parte del proceso de elaboración de este, su inocuidad, sin embargo, hay circunstancias que pueden pasar por alto en la elaboración del compost, por ejemplo, si se alcanzaron las temperaturas requeridas, pero por períodos de tiempo muy cortos, o se presentó una contaminación posterior con agua durante las etapas de enfriamiento, estas condicionantes pueden promover la supervivencia de microorganismos patógenos. Si bien a nivel internacional hay un entendido sobre lo que se considera un patógeno, el número de ellos para considerar un producto inocuo varía entre países (Figura 3).



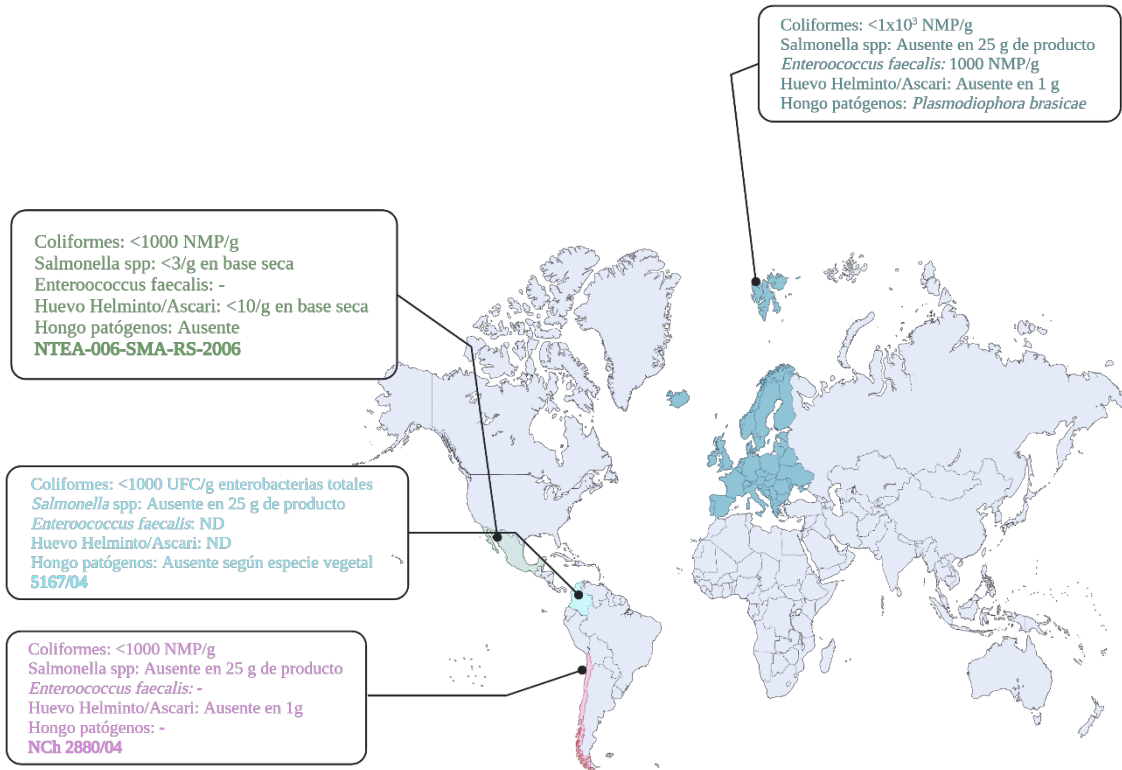


Figura 3. Límites microbiológicos según normas oficiales de diferentes países.

Otro grupo menos abordado y que no se relaciona con la presencia de microorganismos patógenos puede comprometer la calidad del compost, aun cuando este se considere inocuo, se trata de la presencia de metales pesados. Los metales pesados constituyen un grupo de elementos químicos que pueden llegar al compost mediante el agua de riego o el suelo utilizado para la confección de este. Éstos no se descomponen y tienen efectos nocivos en la salud humana y de los microorganismos. Como normativa de referencia se utiliza la propuesta por la Unión Europea, aunque cada país se rige por su propia normatividad, en el caso de México es la norma NOM-117-SSA1-199





Conclusiones

El uso de compostaje se remonta a la aparición del hombre moderno y sus beneficios al suelo y microbiota que en el reside le otorgan mucha confianza para la producción de alimentos orgánicos, siempre y cuando se respete la tecnología de producción del compost, misma que ha venido evolucionando con el de cursar del tiempo y ha logrado incrementar la calidad del compostaje a la vez que reduce los tiempos de preparación de este y diversifica las moléculas presentes en el mismo. Aún quedan varias alternativas y nuevas fuentes, residuos y desechos orgánicos por probar para la producción de composta de calidad para el mejoramiento del suelo, incremento de la productividad de los cultivos agrícolas con un enfoque inocuo y apoyo a la transición a una agricultura basada en la producción de alimentos orgánicos.

Literatura recomendada

DOF (Diario de la Federación). 1994. Norma Oficial Mexicana (NOM-117-SSA11-1994). "Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por absorción atómica". Disponible en https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4869827&fecha=23/02/1995#gsc.tab=0

Román P, Martínez M, Pantoja A. 2013. Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América latina. Santiago de Chile: Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. ("Cambio climático, inseguridad alimentaria y obesidad infantil") ISBN. 978-92-5-307844-8. Publisher. FAO

Puntocompost (2023, abril 3). Guía de compostaje. Puntocompost. <https://puntocompost.wordpress.com/productos/>

Semblanza de los autores

Dr. José Alfredo Guevara-Franco. Profesor-Investigador de tiempo completo definitivo, titular "C" del Departamento de Académico de Ciencia Animal y Conservación del Hábitat de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS). Ingeniero Zootecnista por la UABCS, Maestro en Ciencias en sistemas de producción animal con área mayor en ciencia de la carne por la Universidad Autónoma de Chihuahua, Diploma de Estudios avanzados en Nutrición y Bromatología y Doctor por la Universidad de León, España, en el programa doctoral Estrategias para la mejora y control de calidad de los alimentos de origen animal.

Dr. Emmanuel Junco-Carlón. Ingeniero en Producción Animal por la UABCS, Maestro en Ciencias Zootécnicas con especialidad en Nutrición Animal, Doctor en Manejo de Recursos Naturales en la Facultad de Ciencias Forestales. Actualmente, formo parte del sistema estatal de investigadores COSCYT y soy miembro del Sistema Nacional de Investigadores como Candidato a partir del año 2023.

Dr. José Leonardo Ledea-Rodríguez. Profesor-Investigador por tiempo determinado del Departamento Académico de Ciencia Animal y Conservación del Hábitat de la UABCS. Enfoca su línea de investigación a la producción de alimentos funcionales con principios nutraceuticos para la alimentación humana y animal a partir del uso de Bio-insumos, Biofertilizantes, Bio-estimulantes e intercambiadores de cationes. SNII y Consejo Sudcaliforniano de Ciencia y Tecnología.





Sembrando el futuro: ciencia de datos en la agricultura moderna

René Juárez-Altamirano^{1*}
Dulce Flores Rentería²

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

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

*Autor para correspondencia: rene.juarez@cinvestav.mx, Tel: 244-4424817



La agricultura se ha desarrollado por medio de prácticas tradicionales y experiencias acumuladas de generación en generación. Lo cual, nos ha aportado los recursos necesarios para nuestro día a día. Sin embargo, dichas prácticas deben adaptarse a las tecnologías emergentes que incrementen la capacidad de producción.

En un mundo cada vez más digitalizado el uso de las computadoras como fuente o almacén de información puede ser aprovechado en el sector agrícola con la aplicación de la ciencia de datos, la cual surge como una herramienta que permite recopilar y analizar grandes cantidades de información, para encontrar patrones y usarlos en mejorar la productividad y la eficiencia de los cultivos con un enfoque sostenible.

¿Cómo podemos usar la ciencia de datos en la agricultura?

Los productores agrícolas a pesar de su amplio conocimiento y experiencia presentan obstáculos difíciles de prevenir y controlar en la producción de los alimentos, desde cambios del clima, aparición de nuevas plagas y enfermedades, así como el aumento en la demanda de producción, que sin duda cada vez representará un reto debido al cambio climático.

Los productores agrícolas a pesar de su amplio conocimiento y experiencia siempre se han enfrentado a cambios difíciles de prevenir y controlar.



El uso de la ciencia de datos es una tecnología que los agricultores pueden implementar para mejorar la productividad y rentabilidad de sus cultivos, al evitar pérdidas y mejorar el uso de los recursos disponibles.

Disciplinas como máquinas de aprendizaje (machine learning), aprendizaje profundo (deep learning) y tecnologías de inteligencia artificial se basan en la ciencia de datos y pueden ser empleadas en usos específicos dentro de la agricultura. Estas disciplinas de



inteligencia artificial utilizan las computadoras para aprender y predecir con base a los datos suministrados por los usuarios. En otras palabras, se usan datos basados en las observaciones de los productores para identificar patrones, predecir resultados y tomar decisiones en búsqueda de mejora.

¿Qué usos específicos tienen actualmente dentro de la agricultura? A lo largo de este texto revisaremos los principales usos de estas tecnologías.

El monitoreo de los cultivos es donde inicia todo, desde la antigüedad los agricultores han recopilado información de sus cultivos sin siquiera saberlo. Un agricultor posee

información sobre las condiciones y características de las plantas pues evalúan el volumen de agua que cada cultivo necesita y la fecha de siembra más adecuada.



Datos basados en las observaciones de los productores para identificar patrones, predecir resultados y tomar decisiones de búsqueda de mejora.



Sin embargo, en la actualidad existen diferentes sensores que pueden generar esta información de forma rápida y eficiente (Fig. 1), mediante el uso de drones, teledetección, sistemas de monitoreo de humedad, cámaras de campo, entre otros dispositivos que se instalan en las parcelas agrícolas para monitorear cambios en el suelo y de los cultivos en las distintas etapas de desarrollo. El análisis de los datos generados nos permite conocer el estado actual de las áreas cultivadas y tomar decisiones correctivas de ajuste.



Figura 1. Uso de tecnologías para el monitoreo de los cambios en parcelas agrícolas.

Con la información generada a partir del monitoreo podemos categorizar los patrones en los datos según el propósito que se le quiera dar en campo.



La información generada a partir del monitoreo nos permite categorizar los patrones según sea el propósito que se requiera en campo (Fig. 2). Por ejemplo, entre las aplicaciones está la gestión del riego, donde una vez conociendo las necesidades de agua de los cultivos, el contenido de humedad de los suelos y algunos patrones meteorológicos como la precipitación o la temperatura, se puede realizar una programación de riego en los cultivos, con base al requerimiento, etapa de desarrollo y factores climáticos de la zona y por ende hacer uso eficiente del recurso hídrico.

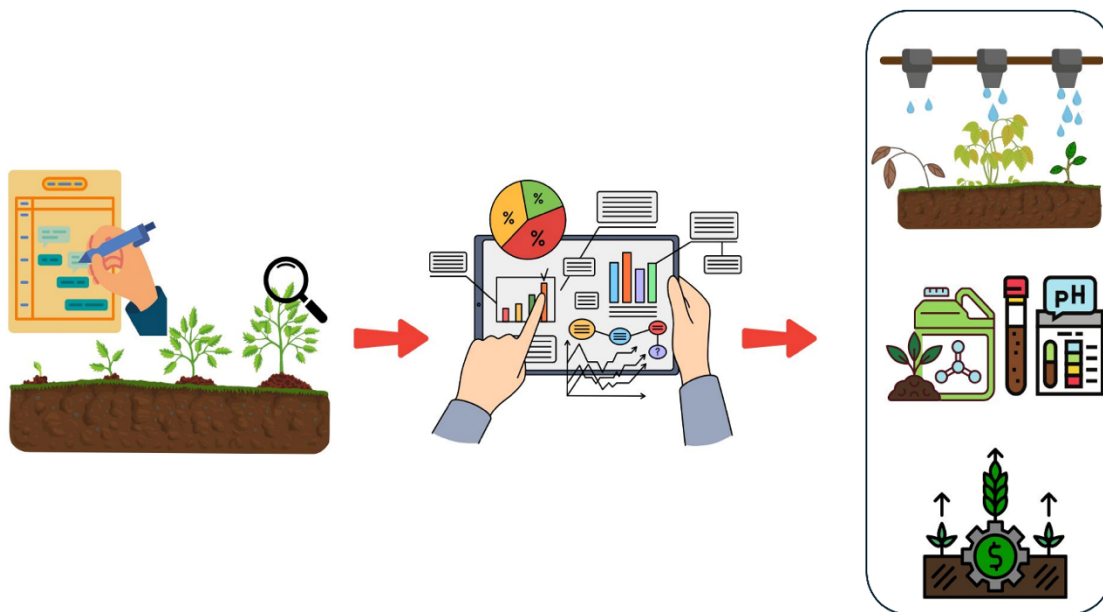
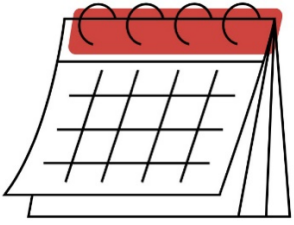


Figura 2. Uso de información de los cultivos en la ciencia de datos para proponer modificaciones en la gestión del riego, monitorear las características del suelo y mejorar el rendimiento agrícola.

Otra de las utilidades de la información generada, está relacionada con los suelos, pues se obtiene información de importancia para la agricultura, por ejemplo, su capacidad para almacenar agua, contenido de materia orgánica, pH, el contenido de nutrientes entre otras características que ayuden a mejorar la preparación de los suelos para la siembra, el uso de fertilizantes y el manejo durante todo el ciclo del cultivo.





Planear los cultivos también es una actividad importante dentro de la agricultura, con técnicas novedosas como máquinas de aprendizaje se pueden analizar bases de datos extensas de información histórica sobre cambios en los patrones meteorológicos, con esta información pueden producirse modelos predictivos que den información que ayuden en la toma de decisiones de que cultivos son más convenientes sembrar y que resistan los cambios climáticos o incluso en qué periodo del año es más adecuado cultivar, esto resulta de especial importancia en un contexto de cambio climático.

Una vez analizadas las necesidades de agua, las características de los suelos y seleccionado el mejor plan para cultivar, es importante evaluar si el rendimiento de los cultivos mejoró, para eso se hace uso de la información obtenida a lo largo de un ciclo del cultivo e información georreferenciada que en conjunto con técnicas de inteligencia artificial u otras tecnologías de modelado, pueden dar como resultado la generación de mapas digitales.

Información obtenida a lo largo de un ciclo del cultivo e información georreferenciada pueden dar como resultado la generación de mapas digitales.

Los mapas generados permiten identificar de forma espacial, áreas con problemáticas o donde las condiciones están provocando

la disminución del rendimiento de los cultivos, y con ello, dirigir los esfuerzos con el objetivo de mejorar la eficiencia de los insumos, por ejemplo, mediante el uso de los mapas, podemos identificar si un sistema de riego presenta problemas de eficiencia de distribución, o si presenta algún tipo de falla, al existir áreas dentro de la parcela que estén siendo suministradas con más o menos volumen de agua.





Asimismo, el uso de mapas digitales puede escalarse a regiones más extensas (Fig. 3), por ejemplo, al recopilarse datos meteorológicos de diversos periodos históricos en una región pueden generarse modelos predictivos con cambios climáticos que ayuden a la toma de decisiones de los productores e incluso la predicción de plagas o enfermedades.

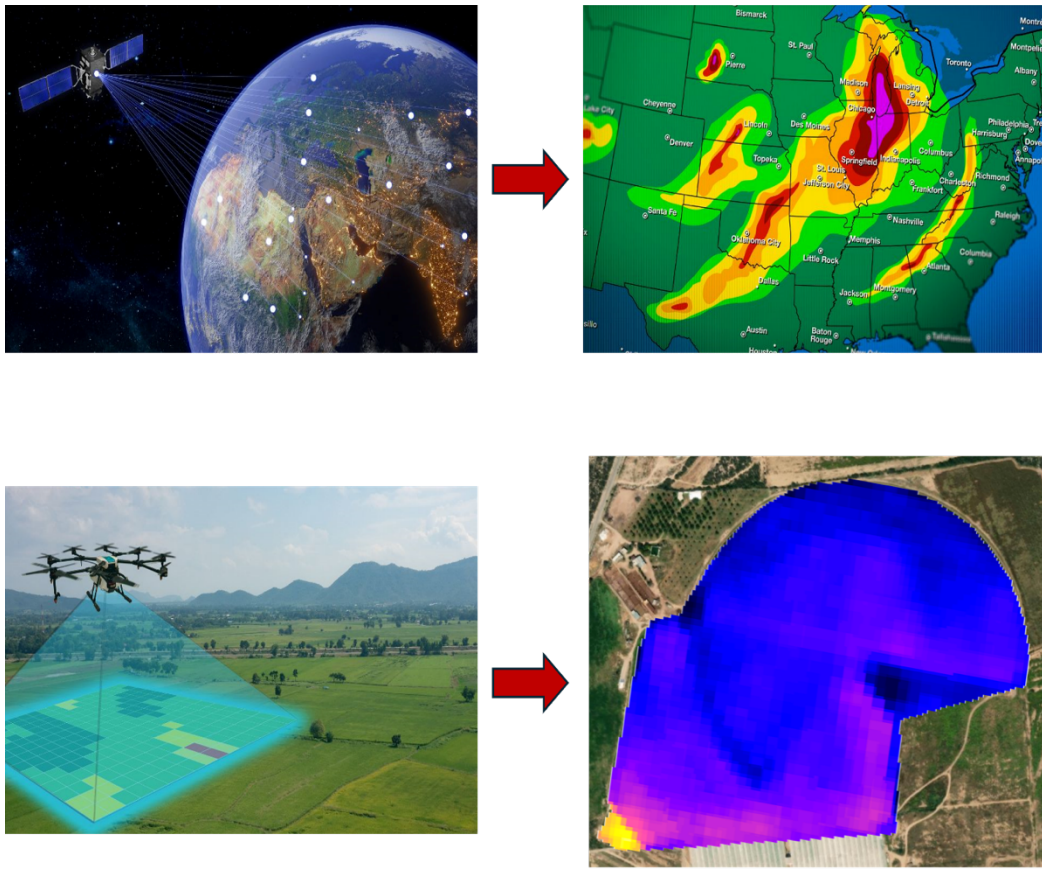


Figura 3. La ciencia de datos permite la creación de modelos predictivos multiescales que ayuden con la planificación de los cultivos.

Las ventajas del uso de la ciencia de datos en la agricultura son claras, sin embargo, quizás uno de los retos más importantes en el uso de estas tecnologías emergentes es el desconocimiento, muchos productores carecen del acceso a esta tecnología pues no existe el acercamiento con expertos en el análisis de datos que los guíen, en otras ocasiones los productores creen que un alto monto de inversión, cuando la realidad es que actualmente se ha ampliado el acceso a los datos, pues existe información de libre acceso en bases de datos o con instrumentos de percepción remota como la información satelital.



Involucrar a todos los productores agrícolas en el uso de estas tecnologías no solo resultará en beneficios para ellos también promoverá la disminución en la presión de los recursos y seguridad alimentaria de la población en general.

Conclusiones

En la actualidad la agricultura no depende únicamente de sus activos tangibles, depende cada vez más de sus activos intangibles como la información y el conocimiento. Ante esta situación la ciencia de datos cobra cada vez más relevancia en este sector, al manejar información, darle interpretación y aplicar los conocimientos generados en la planeación de la agricultura podrá contribuir en la atención de diversos objetivos del desarrollo sostenible pero principalmente el objetivo de la seguridad alimentaria, pues al reducir las pérdidas y mejorar el rendimiento de los cultivos se protege a los consumidores y se garantiza productos alimenticios que generen los menores impactos al ambiente. Es por ello que es necesario acercar y orientar a los productores agrícolas en el uso de estas tecnologías emergentes de forma responsable.

Las ventajas del uso de la ciencia de datos en la agricultura son claras, sin embargo, quizás uno de los retos más importantes en el uso de estas tecnologías emergentes es el desconocimiento.

Literatura recomendada

Araújo SO., Peres RS., Ramalho JC., Lindon F., Barata J. Machine Learning Applications in Agriculture: Current Trends, Challenges, and Future Perspectives. *Agronomy*, 2023.

Rosales-Soto, A., y Arechavala-Vargas, R. Agricultura inteligente en México: Analítica de datos como herramienta de competitividad. Vinculatégica. 2020.





Semblanzas de autores

M. en C. René Juárez Altamirano. Ingeniero Ambiental por la Facultad de Ingeniería Química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y Maestro en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía por el Cinvestav. Estudió los flujos de hídricos y su interacción planta-suelo-ambiente en sistemas productivos agrícolas del sureste del estado de Coahuila para la generación de modelos predictivos en búsqueda de la mejora en los rendimientos de los cultivos.

Dra. Dulce Yahid 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.



Lo mejor para tu **invernadero**



**sabsa**[®]
el éxito de tu cultivo

sabsa.mx ☎ 800 40 042 00 ventas@sabsa.mx





Una bomba y canales que no corren ¿Reprogramados por microorganismos?

José Leonardo Ledea-Rodríguez ¹
Liliana Lara-Capistrán ²
Tomás Rivas-García ³
Francisco Higinio Ruiz-Espinoza ^{1*}

¹Universidad Autónoma de Baja California
Sur. Carretera al Sur km. 5.5. CP. 23080. La Paz, Baja California Sur, México.

²Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas. Circuito Universitario
Gonzálo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria. 91090 Xalapa, Veracruz, México

³Universidad Autónoma de Chapingo. Carretera Federal México-Texcoco. Km 38.5. CP.
56230. Texcoco, Estado de México, México.

*Autor para correspondencia: fruiz@uabcs.mx

La bomba de protones es una de las primeras y más importantes estructuras con las que cuenta una planta a nivel de raíz desde la germinación de la semilla, y está activa hasta el último momento de existencia de la planta. Esta estructura junto a otras similares, pero con diferente función permite la absorción de agua y nutrientes por parte de la planta, pero en especial la bomba de protones porque es la que controla hasta cierto punto la nutrición de la planta, y podría modificarse su funcionamiento a partir del uso de bio-insumos microbianos.

Introducción

La bomba de protones se ubica en la membrana celular de las plantas, desempeña un papel central en la absorción de nutrientes y la regulación del pH extracelular. La restauración ecológica no solo busca revertir el daño causado por actividades humanas, también promueve la regeneración, la mejora de la biodiversidad, la calidad del suelo y del agua, así como la resiliencia de los ecosistemas frente a futuros desafíos ambientales. Al ser tan importante, la célula está muy bien protegida por un “muro y una red”, denominados pared y membrana celular, respectivamente. Una de las funciones de estos dos componentes de la célula es seleccionar qué cosas pueden entrar o no a su interior, esto con base en la importancia y necesidad para la célula. Además, algunas proteínas desarrollan la función de “obreros” ya que operan dentro de la célula, regulando el funcionamiento de la pared celular. Estas proteínas están especializadas en reconocer grupos de “amigos” que viajan juntos o solos, y se nombran moléculas y protones, estos últimos vienen siendo como bolitas pequeñas con mucha energía. Sin embargo, solo aquellas proteínas altamente especializadas pueden hacer este arduo y complejo trabajo, y se les reconoce como bombas de protones.





¿Qué es la bomba de protones y cómo funciona?

La bomba de protones está ubicada en la membrana celular de los seres vivos y nunca descansa (Fig. 1). Debe su nombre a la forma en que trabaja, lo cual consiste en lanzar con fuerza hacia dentro o hacia afuera de la célula a los protones. Estos, como ya se mencionó, poseen mucha energía y llegan a la célula mediante los alimentos que consumimos, la bomba de protones debe ubicarlos, porque ellos por sí solos no pueden moverse hacia el lugar que les corresponde para que puedan ayudar con su energía al correcto funcionamiento de las células.

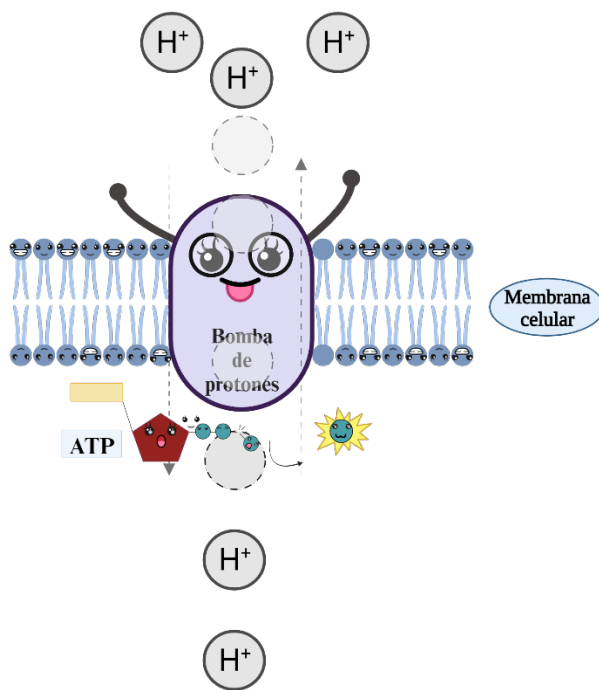


Figura 1. Esquematización de la bomba de protones.

Ya que la “bomba de protones” es la principal responsable de mantener el equilibrio entre la cantidad de protones dentro y fuera de la célula, y si este equilibrio no existiera o se interrumpiera momentáneamente, la planta no podría absorber y desarrollar sus funciones fisiológicas y metabólicas esenciales, lo que ocasionaría un estrés y posterior muerte.

En las plantas, las células que forman las raíces funcionan a partir de la bomba de protones, sin ella, la planta no podría absorber los nutrientes necesarios, como agua y minerales, que están fuera y dentro de la célula, y que necesitan transportarse. Si la bomba de protones dejara de realizar su función en la célula de la raíz, los protones no podrían moverse dentro de la célula con normalidad. Esto ocasionaría que la célula se sienta cansada y sin la energía necesaria para hacer todas las cosas importantes que debe, esto no solo afectaría las células de la raíz, también a todas las células de la planta.

La bomba de protones se ubica en la membrana celular de las plantas, desempeña un papel central en la absorción de nutrientes y la regulación del pH extracelular.



Su actividad constante, desde la germinación hasta la madurez de la planta, destaca su importancia en el mantenimiento del equilibrio celular y salud vegetal.

La bomba de protones necesita energía para realizar su actividad de “bombeo”. Esta energía proviene de una molécula que se llama adenosín trifosfato, pero como su nombre es un poco difícil de recordar la llamamos ATP para abreviar. Su forma se parece a un “chicle de color amarillo” (molécula de adenosina) con tres bolitas (unidades de energía-fosfatos-) pegadas (Fig. 2A), cuando la célula necesita energía utiliza uno de estos fosfatos para poder realizar todas sus funciones (Fig. 2B), incluida la bomba de protones. Pero no desechan la bolita de ATP, sino que la célula la puede recargar y volverla a usar (Fig. 2C-D), de esta manera la molécula de ATP puede considerarse la energía “mágica” que ayuda a funcionar a la bomba de protones.

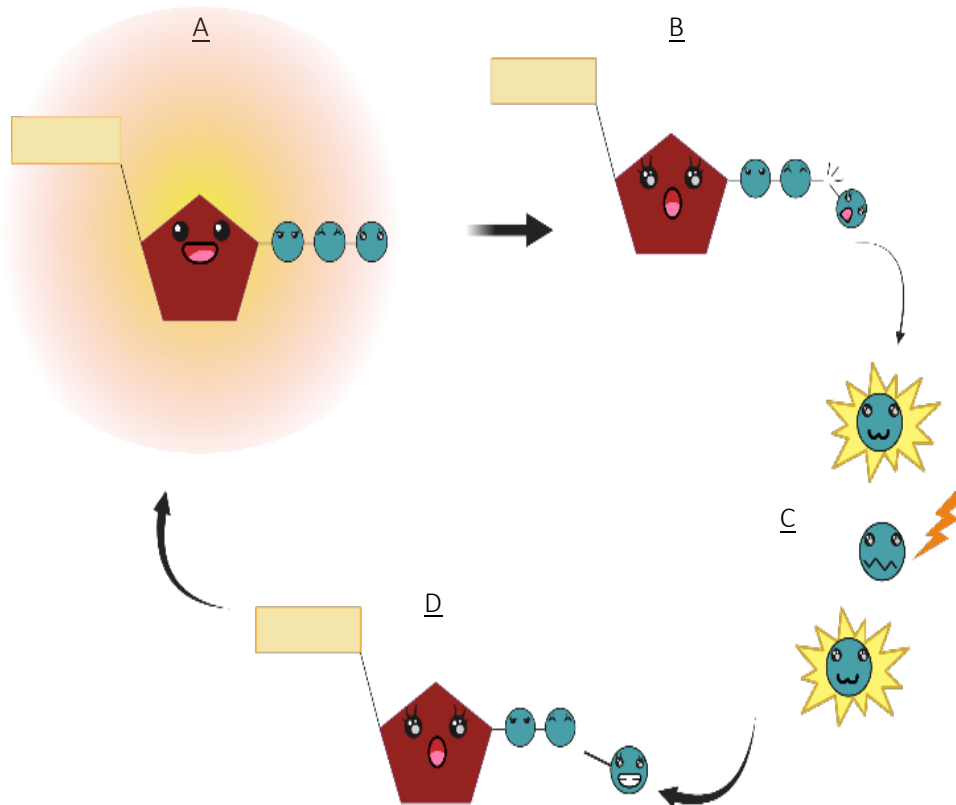


Figura 2. Esquemática de una molécula de ATP.



Para continuar es necesario conocer que es el potencial de hidrógeno (pH)

La bomba de protones está presente en células de animales y de plantas, de éstas últimas también en sus órganos (raíz, tallo, hoja, flores y frutos) donde también están presentes los protones. La concentración de protones define el potencial de hidrógeno (pH) de algo, por lo tanto, toda sustancia que podamos probar, oler o tocar tiene pH. Este pH tiene una escala de medición de 0-14, dónde cero es ácido, 7 es neutro, 14 es básico (Fig. 3), por ejemplo, el jugo de limón o vinagre es ácido y se encuentra entre 2-3 en la escala de pH, el agua de lluvia tiene un pH de 5.6 lo que la hace un poco ácida, el jabón con el que nos bañamos posee un pH entre 9-10, por lo que es básico.

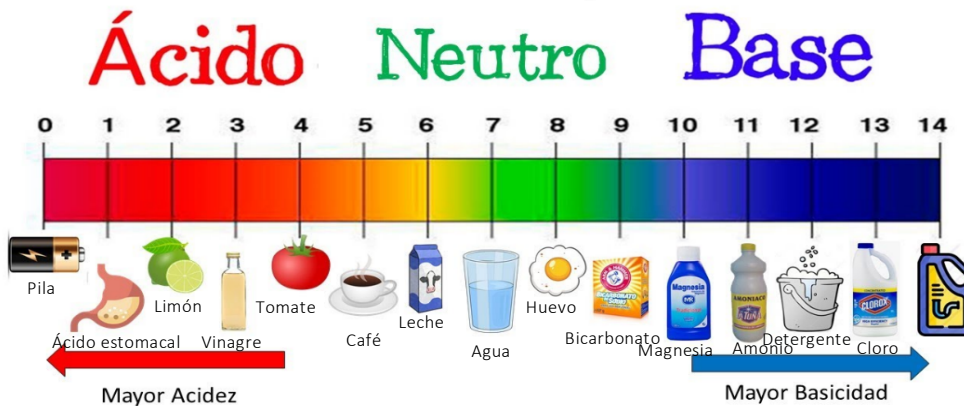


Figura 3. Escala en la que se mide el pH (Tomado de A Cierta Ciencia, 23 de febrero 2021. Licencia Creative Commons -CC BY-NC 4.0-).

Otra utilidad de la bomba de protones

La bomba de protones modifica el pH del medio extracelular (fuera de la célula) a partir del movimiento de estos desde el interior hasta el exterior de la raíz, donde se acumulan acidificando el medio extracelular. Como es un medio ácido muchos minerales y componentes orgánicos son solubilizados, permitiéndose que la planta absorba desde la solución del suelo iones esenciales como calcio, potasio, magnesio, hierro, entre otros; además de este efecto, la función de la bomba de protones antes descrita ayuda a que la planta pueda superar diversas condiciones, como estrés abiótico (falta o exceso de agua, nutrimentos, luz, aire entre otros) o biótico (generado por otros organismos, como herbívoros, bacterias, hongos, virus, gusanos, entre otros).

La manipulación potencial de esta bomba mediante el uso de bio-insumos microbianos abre nuevas posibilidades para la mejora de cultivos y la producción de tejidos vegetales con propiedades funcionales y principios nutraceuticos.

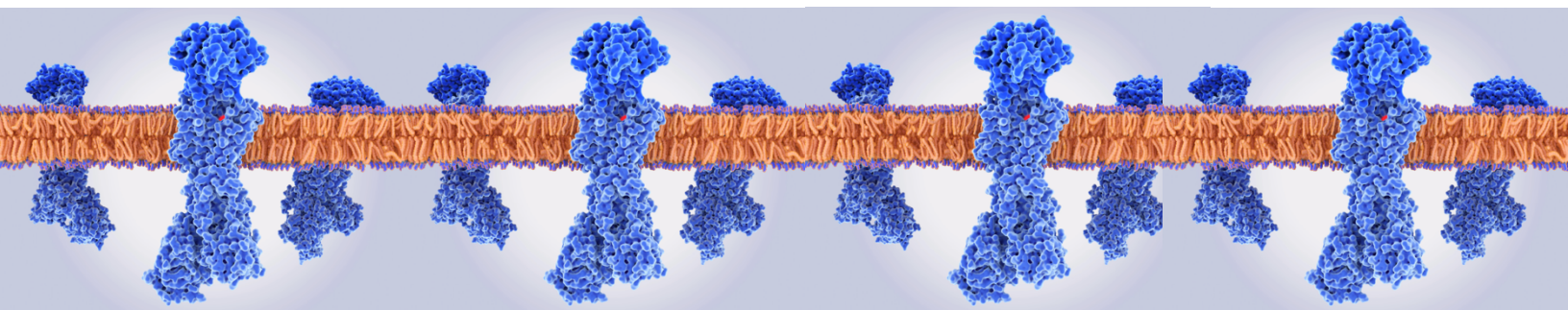


Canales que no corren y otros que empujan. Difusión y transporte activo

La bomba de protones no es la única que moviliza a los protones al interior o exterior de la célula, también existen canales, pero sin agua, mediante los cuales los protones pasan libremente a través de ellos. A este tipo de paso por dichos canales se le conoce como transporte pasivo porque no requiere energía para mover las moléculas que pasan a través de él como lo requiere la bomba de protones. Y es que las moléculas que se trasladan por este tipo de canal son importantes, pero no tanto, por eso se van lentito, a su paso, mediante los canales de transporte pasivo. Para comprender mejor imagina que estás cerca de un lugar donde se hacen pizzas, y puedes percibir el olor, aunque no estés en el lugar donde la están haciendo, esto es una forma de transporte pasivo.

Hay otros canales, que es como si fueran un río, pero sin agua, y estos sí necesitan energía para mover los protones y otras moléculas de forma rápida; las moléculas que se transportan de manera rápida son muy importantes para la célula, como los protones, por eso son transportados por esta vía, al igual que la bomba de protones necesita las bolitas del ATP para funcionar. La bomba de protones es un buen ejemplo de transporte activo, aunque no el único, recuerda que existen canales que utilizan este tipo de funcionamiento para transportar otras moléculas como los ácidos orgánicos que vienen siendo como pequeños dulcecitos para atraer a algunos microorganismos que le generan beneficios a la planta (hongos y bacterias), por ejemplo. La combinación de ambos tipos de transporte, pasivo y activo le permiten a la planta crecer de forma saludable, por eso ambos son importantes.

El adenosín trifosfato (ATP) se revela como la fuente de energía necesaria para el funcionamiento de la bomba de protones.





¿Constituyen los Bio-insumos de origen microbianos re-programadores de la bomba de protones?

Los microorganismos que viven en suelo, como las bacterias y los hongos (buenos o malos) desarrollan diferentes actividades para vivir, para ello, al igual que las plantas producen algunas moléculas como ácidos orgánicos para protegerse y disolver algunos compuestos que necesitan para sobrevivir.

Sin embargo, esta actividad de supervivencia en ocasiones puede ser pesada por lo que negocian con las plantas para vivir en sus raíces sin generarle ningún daño y proveerle o compartir algunos elementos nutritivos, que solo ellos pueden gestionar con el medio ambiente, y de esta manera todos ganan, a este tipo de relación se llama simbiosis. Esta buena convivencia en muchos sentidos altera ciertas funciones en las plantas, como lo pueden constituir el

funcionamiento de los canales de transporte, por lo cual, las plantas generalmente terminan favoreciéndose desde el punto de vista nutritivo, aunque algunos autores que han estudiado este fenómeno señalan que no siempre es favorable la alteración del funcionamiento de estos canales.

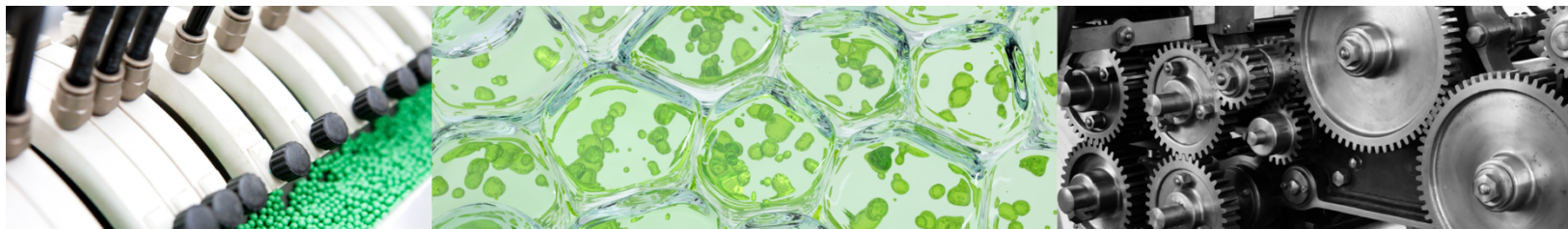
Los microorganismos producen compuestos que acidifican el espacio extracelular y alrededor de las raíces, lo cual contribuye a la liberación de nutrientes en el suelo y mejora su absorción a nivel de la raíz, pero también existen microorganismos que pueden reducir la actividad de los mecanismos que están involucrados en la absorción de nutrientes, ya que producen compuestos que neutralizan la acidez del espacio extracelular y, por tanto, se ve afectada la absorción de nutrientes, sin embargo, no se conoce con exactitud la magnitud de la afectación ni los mecanismos que median esta actividad.

Es de relevante importancia conocer el funcionamiento de los canales (pasivos y activos), para comprender su alcance desde la fisiología vegetal. Uno de los principales beneficios que puede conllevar la modificación del funcionamiento de estos canales para el beneficio de la planta, es condicionar la nutrición de esta, y con ello prescribir el tipo de moléculas predominantes en el tejido vegetal como lo constituye la presencia y concentración de pigmentos fotosintéticos, funcionamiento hormonal de la planta, así como el contenido y tipo de mineral.





Este conocimiento podría ser un punto de partida coexistente con la producción de alimentos funcionales con principios nutraceuticos, utilizando a la Biotecnología mediante el uso de Bio-insumos, Bio-estimulantes, o Bio-fertilizante. Esta área de estudio es incipiente, y por lo tanto se precisan de experimentos que validen varias hipótesis que se plantean sobre la alteración en el funcionamiento de los canales pasivos y activos, en especial la bomba de protones.



Conclusiones

La bomba de protones se revela como una pieza clave en la maquinaria biológica de las plantas, influyendo en aspectos fundamentales como la absorción de nutrientes y respuesta a condiciones adversas. Este conocimiento ofrece oportunidades emocionantes para mejorar la producción agrícola y calidad de los alimentos.

Para aquellos interesados en este campo deben considerar que, a medida que se avanza en la comprensión de las interacciones a nivel molecular, se vislumbra un futuro donde la reprogramación de la bomba de protones a partir de bio-estimulantes o biofertilizantes donde se incluyen los bio-insumos microbianos, podrían constituir una herramienta clave para el cultivo de alimentos y mejora en la producción de estos, a partir precisamente de la función de esta estructura como mediadora de la actividad de absorción de agua y minerales, para obtener tejidos vegetales con propiedades funcionales y principios nutraceuticos destinados a la alimentación del hombre y animal. Sin embargo, aún son incipientes y escasas la exploración de nuevas metodologías y desarrollo de técnicas que permitan abordar estos desafíos.



La juventud y lectores en sentido general pueden desempeñar un papel fundamental al difundir este conocimiento, participar en proyectos de investigación y contribuir a la implementación de prácticas agrícolas más sostenibles. Así, se abre una ventana de oportunidad donde la comprensión profunda de la bomba de protones se traduzca en avances concretos para una agricultura más eficiente y respetuosa con el medio ambiente.



Literatura recomendada



Bashan, Y., Harrison, S. K., & Whitmoyer, R. E. (1990). Enhanced growth of wheat and soybean plants inoculated with *Azospirillum brasilense* is not necessarily due to general enhancement of mineral uptake. *Appl. Environ. Microbiol*, 56, 769–775. <https://doi.org/10.1128/aem.56.3.769-775.1990>

Campbell, A. N., Mitchell, L. G., & Reece, J. B. (2014). *Biología de Campbell* (V. Moran, Ed.; 3th Edition). Pearson education.

Carrillo, A. E., Li, C. Y., & Bashan, Y. (2002). Increased acidification in the rhizosphere of cactus seedlings induced by *Azospirillum brasilense*. *Naturwissenschaften*, 89(9), 428–432.

<https://doi.org/10.1007/s00114-002-0347-6>

Semblanza de los autores

Dr. José Leonardo Ledea-Rodríguez. Postdoctorante del Departamento Académico de Agronomía de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Enfoca su línea de investigación a la producción de alimentos funcionales con principios nutraceuticos para la alimentación humana y animal a partir del uso de Bio-insumos, Biofertilizantes, Bio-estimulantes e intercambiadores de cationes. SNII (México) nivel 1 y Consejo Sudcaliforniano de Ciencia y Tecnología (COSCYT).

Dra. Liliana Lara-Capistrán. Profesor de tiempo completo, adscrita a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la U.V., pertenece al SNII I y perfil PRODEP, la línea de investigación que desarrollo es la horticultura protegida sustentable, pertenezco al cuerpo académico: Horticultura Sostenible y Calidad Poscosecha UVER-CA-139., formo parte del núcleo básico de la maestría y doctorado de ciencias agrícolas de la Universidad Veracruzana.

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

Dr. Francisco Higinio Ruiz-Espinoza. Profesor-Investigador del Departamento Académico de Agronomía de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Ingeniero Agrónomo por la Universidad Autónoma de Baja California Sur (México), Maestro en Ciencias en Tecnología de Semillas por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN, México) y Doctorado en Manejo Sustentable de los Recursos Naturales de Zonas Áridas y Semiáridas por la Universidad Juárez del Estado de Durango. Miembro del SNII.





Para cuidar nuestras raíces no hay que traicionar nuestro pasado: agroecología prehispánica

Valeria Fernanda Cabrera Bautista
María Belén López Zapata
Jocelyn Ailyn Martínez Díaz
Astrid Iriana Sánchez Vázquez

La milpa versus el monocultivo y el reto de preservar nuestros suelos

Agotamiento del suelo al privarlo de biodiversidad

Mayor uso de fertilizantes

Monocultivos

Producción especializada

Siembra de un solo tipo de cultivo en el campo



Un tipo de raíz disponible: no es suficiente para mantener la estructura del suelo



Chinampas



Sistemas de canales eutróficos que involucran el uso de lodo con amplia diversidad microbiana

Se crean ecosistemas que permiten interacciones ecológicas benéficas entre la planta y el suelo

Sistema agrícola rural con una diversidad de cultivos, principalmente maíz, frijol, y calabaza



Milpa

Cultivos más resistentes a las plagas

Menor uso de fertilizantes

Son espacios en los que se logran albergar hasta **60** variedades de cultivos



Información relacionada con la infografía publicada en las páginas 72 y 73

Para cuidar nuestras raíces no hay que traicionar nuestro pasado: agroecología prehispánica

Valeria Fernanda Cabrera Bautista
María Belén López Zapata
Jocelyn Ailyn Martínez Díaz
Astrid Iriana Sánchez Vázquez*

Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Avenida Universidad
s/n, Cd. Universitaria, Ciudad Universitaria, 66455 San Nicolás de los Garza, N.L.

*Autor para correspondencia: astrid.sanchezvz@uanl.edu.mx.

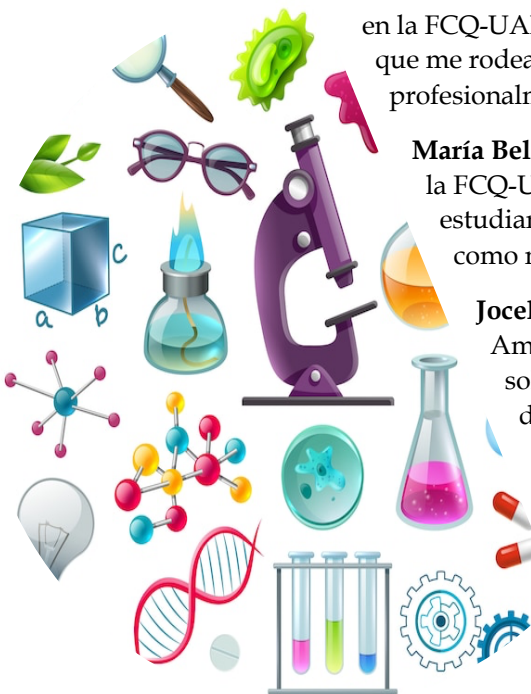
Semblanzas de autores

Valeria Fernanda Cabrera Bautista. Estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, en la FCQ-UANL, una de mis aspiraciones es poder aportar a mi entorno y sociedad que me rodea con mis conocimientos adquiridos y por adquirir académica y profesionalmente, me visualizo como un futuro agente de cambio.

María Belén López Zapata. Estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, en la FCQ-UANL, tengo presente el usar los conocimientos adquiridos como estudiantes y como ciudadano para ayudar y mejorar el entorno, teniendo como meta la preservación y mejora de nuestro ambiente.

Jocelyn Ailyn Martínez Díaz. Estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, en la FCQ-UANL, comprometida con la búsqueda de soluciones innovadoras y sostenibles en el ámbito ingenieril, deseo destacar como contribuyente académico y civil en la creación de un futuro más ecológico.

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.





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



48 Congreso Mexicano de la Ciencia del Suelo



DEL 14 AL 18 DE OCTUBRE DE 2024

Universidad Autónoma de
Chihuahua



Sitio web del #48cmcs



Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo



Congreso Mexicano de la Ciencia del Suelo

| ISSN: 2992-8125 | www.vocesdelsuelo.org.mx |
| Volumen 2 – Número 1 – 2024 |



El mole: Un platillo que expresa al suelo

Mónica Andrea González Tavera
Ana María Hernández Ayala
Jesús Omar Herrera Vielma
Astrid Iriana Sánchez-Vázquez*

Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Av. Universidad s/n, Cd. Universitaria, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L, CP. 66455

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

La ciencia está en todas partes, la comida es un ejemplo de esto. México es reconocido por su gran gastronomía, uno de los platos más significativos es el mole. Y es con este que hacemos la analogía de la formación del suelo, el cual surge por la degradación de las rocas madre, similar a la molienda de las semillas y chiles. La presentación del mole y la variedad de chiles empleados cambia según la región, por lo que no hay dos moles ni suelos iguales.

Introducción

México goza de la presencia de 26 de los 32 grupos de suelos existentes en el mundo.

La ciencia está en todas partes, incluso en la comida, ya que es empleada para el almacenamiento, seguridad y la generación de alimentos. Sin embargo, la ciencia también puede interpretarse y entenderse con la comida, ejemplo de esto es la gravedad en la famosa historia de Newton y la manzana.

México es reconocido por su gran gastronomía, en la cual se emplea cualquier recurso de la tierra para generar un plato completo. Uno de los platos más significativos del país es el mole, el cual es común en todo el territorio mexicano por su composición de salsas y especias. Desde su invención ha sufrido cambios, por lo que disfruta de una riqueza gastronómica ocasionada por las variantes de sus recetas. Así mismo, México goza de la presencia de 26 de los 32 grupos de suelos existentes en el mundo, por lo que, quizás, el suelo y el mole, tengan más cosas en común de lo que se percibe a simple vista.





El mole es un platillo prehispánico que ha formado parte de nuestra cultura desde hace siglos. Con el paso del tiempo éste ha cambiado sus preparaciones e ingredientes para llegar a lo que hoy conocemos como mole, del mismo modo, el suelo necesita del tiempo para poder generarse.

La formación del suelo surge por la degradación de la roca madre (conocidas como material original) y minerales, donde sufren de fragmentación para convertirlas en pequeños pedazos por diversos efectos que generan esta



ruptura, similar a la molienda de las semillas y chiles que se pulverizan, donde se necesita aplicar presión para su fragmentación. Por otra parte, la mezcla de las especias con el chocolate y los chiles, son una alusión al proceso de translocación, en donde debe haber una mezcla y separación de sustancias para que el suelo nuevo surja.

El clima también es un factor elemental para el suelo, son indispensables tanto la temperatura como la humedad (precipitaciones), siendo que, al haber mayor cantidad de agua, aumenta la cobertura vegetal y su aporte. En el mole, el agua se usa para cocinar materia orgánica como carnes de pollo, pato, venado y armadillo, verduras y quelites, dándole suavidad y riqueza, tal y como se deleita en un bocado del platillo. Utilizando esta comparativa entre el suelo y el mole, podemos comentar los siguiente: Siendo el guajolote la roca madre de todos los moles (Fig. 1).



Figura 1. La preparación del mole es una representación de la formación del suelo.



Figura 2. Platillo de mole.

La presentación del mole y la variedad de chiles cambia según la región, cosa que también sucede con los suelos, al existir tanta variedad de minerales, climas y organismos, la gama de suelos que hay en México es tan amplia como sus tipos de moles, por lo que, no hay dos suelos iguales como no hay dos moles iguales.

Literatura recomendada

Dorronsor, C. (s.f.). Lección 1. Factores formadores del suelo. EDAFOLOGÍA. Recuperado el 20 de febrero de 2024, de <http://edafologia.ugr.es/introeda/tema01/factform.htm>



Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (Ed.). (2004). Patrimonio Cultural y Turismo. El mole en la ruta de los dioses (Vol. 12).

<https://www.cultura.gob.mx/turismocultural/cuadernos/pdf12/cuaderno12.pdf#page=25>

SEMARNAT (Ed.). (2010). Atlas de suelos.

https://gisviewer.semarnat.gob.mx/geointegrador/enlace/atlas2010/atlas_suelos.pdf

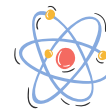
Semblanzas de autores

Mónica Andrea González Tavera. Estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, mi meta es conocer del tema a base de la elaboración de proyectos, así como aprender de proyectos ajenos y externar la investigación.

Ana María Hernández Ayala. Estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, en la FCQ-UANL, mi meta es difundir y aprender sobre la materia ambiental en suelos y residuos, así como desarrollar mis habilidades en el ámbito del desarrollo sustentable.

Jesús Omar Herrera Vielma. Estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, en la FCQ-UANL, tengo el objetivo de comprender y divulgar la relación existente entre el suelo, aire y agua; recalando la importancia de prevenir la contaminación y promover el bienestar.

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.





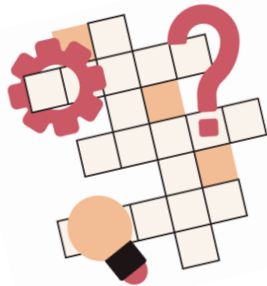
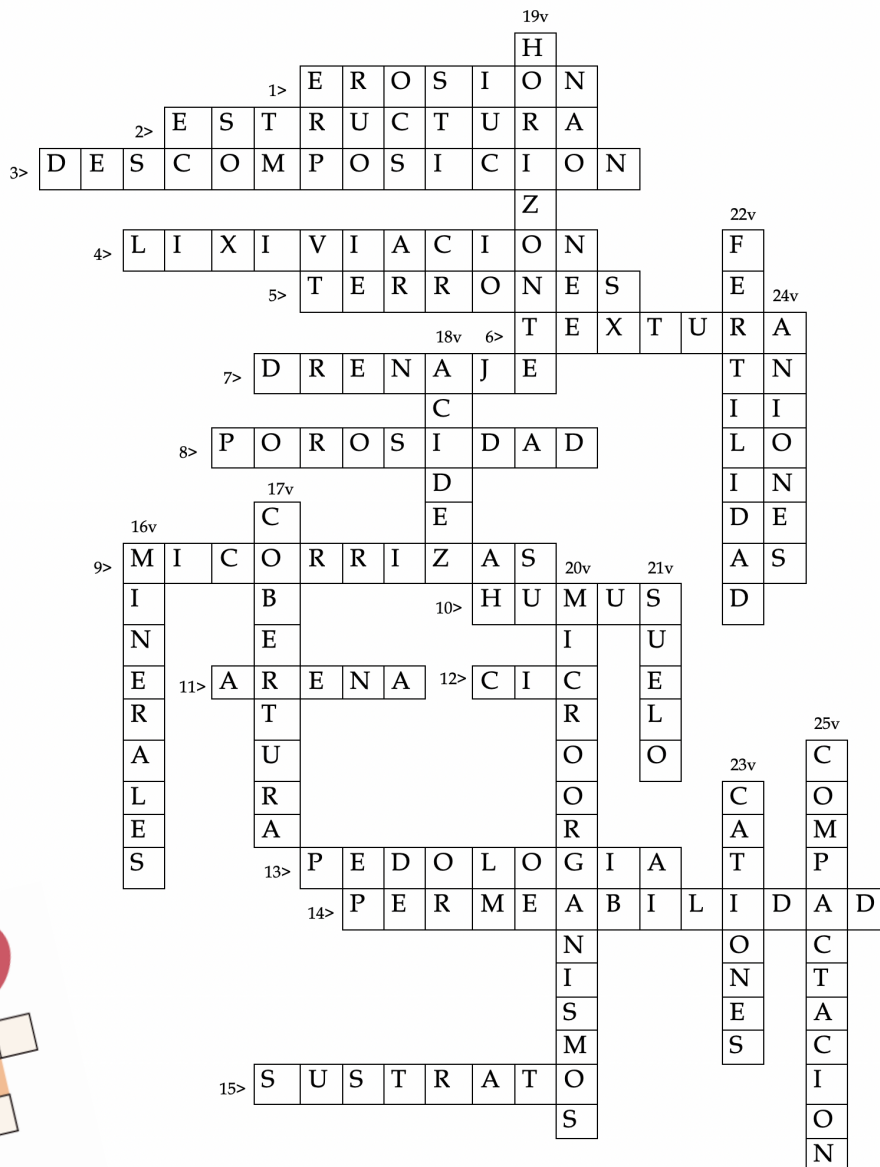
Solución

Crucigrama voces del suelo

Andrés Torres-Gómez*
 Fabián Fernández-Luqueño

Centro 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





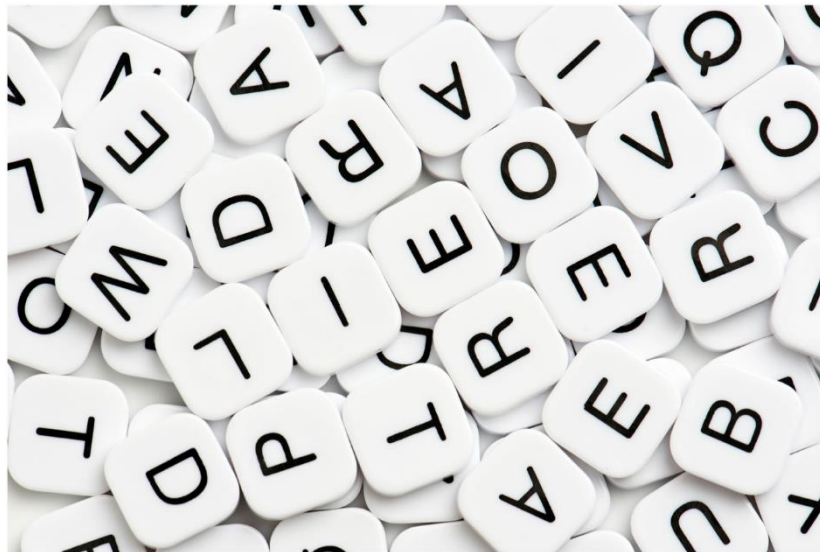
Suelos sustentables: desvelando las letras esenciales

Dulce Flores-Rentería

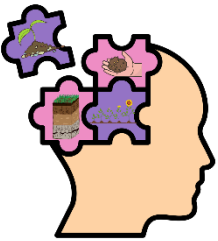
CONAHCYT - CINVESTAV Unidad Saltillo. Grupo de Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía. Av. Industria Metalúrgica 1062, Parque Industrial Ramos Arizpe, C.P. 25900, Ramos Arizpe, Coahuila, México.

*Autor para correspondencia: yaahid.flores@cinvestav.edu.mx

Esta sopa de letras incluye palabras clave relacionadas con la sustentabilidad del suelo, la cual es fundamental para garantizar la producción de alimentos saludables y nutritivos, así como para proteger el medio ambiente. Esta es una herramienta divertida y educativa que puede ayudar a los lectores a conocer términos clave sobre la sostenibilidad del suelo, los cuales pueden ser buscados de manera complementaria en las referencias proporcionadas.



La solución a la sopa de letras se publicará en el Número 3 de la Revista Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente



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



Términos de búsqueda

1. Suelo
2. Compostaje
3. Agroecología
4. Agricultura
5. Erosión
6. Fertilidad
7. Conservación
8. Biodiversidad
9. Resiliencia
10. Recarbonización
11. Sustentabilidad
12. COS (carbono orgánico del suelo)

Literatura recomendada



FAO 2017. Directrices voluntarias para la gestión sostenible de los suelos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Roma, Italia. Disponible en línea:

<https://www.fao.org/3/i6874es/I6874ES.pdf>

FAO 2018. Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Bogotá, Colombia. Disponible en línea: <https://www.fao.org/3/i8864es/I8864ES.pdf>

FAO 2020. Recarbonización de los suelos del mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Rusia. Disponible en línea:

<https://www.fao.org/3/ca6522es/CA6522ES.pdf>

Semblanzas de autores



Dra. Dulce Yahid 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.



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

Cursos-Taller 2024

Todos los cursos son en línea a través de TEAMS

11 Y 12 DE
MARZO



Clasificación científica
de Suelos

M.C. Sandra Monserrat
Barragán Maravilla

17:00 a 19:00 h

6 Y 8 DE
ABRIL



Producción de abonos
orgánicos

M.C. Rosario Fátima Garza
Hurtado

18:00 a 20:00 h

30 DE ABRIL Y 2
DE MAYO



Nanorremediación y
biorremediación de suelo y
agua

Dr. Fabián Fernández-Luqueño

16:00 a 18:00 h

16 Y 17 DE
MAYO



Interpretación de
análisis de suelos

Dr. Ricardo González Mateos

16:00 a 18:00 h

7 Y 8 DE
JUNIO



Diseño de dosis de
abonamiento y
fertilización de cultivos

M. C. Miriam Galán Reséndiz

16:00 a 18:00 h

25 Y 26 DE
JUNIO



Suelo fértil: herramientas
prácticas para su
conservación y
restauración

Dr. Juan Uriel Avelar Roblero

17:00 a 19:00 h

16 Y 17 DE
JULIO



Análisis de calidad de
agua para riego agrícola

Dr. Martín Solís Martínez

10:00 a 12:00 h

29 Y 30 DE
AGOSTO



Análisis térmico de la
materia orgánica del
suelo

Dr. Bruno Manuel Chávez
Vergara

14:00 a 16:00 h

5 Y 6 DE
SEPTIEMBRE



Cuantificación del carbono
en suelo y vegetación
desde una perspectiva
biogeoquímica

M. C. Ofelia Ivette Beltrán Paz

14:00 a 16:00 h

24 Y 25 DE
SEPTIEMBRE



Técnicas de micro
cartografía de suelos

M. C. Vicente Vidal Encina
Uribe

14:00 a 16:00 h

Costo por curso \$300 pesos

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

Inscripción:

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

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

Más información para socios y método de pago:

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



¡México tiene un Museo Nacional de Suelos!

Sandra Monserrat Barragán-Maravilla*
Gabriel Alejandro Hernández-Vallecillo
Patricio Sánchez-Guzmán

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

*Autor para correspondencia: sandy.barragan.maravilla@gmail.com

En el año 2020, se inauguró el Museo Nacional de Suelos, primero y único en México, con el objetivo de concientizar al público acerca de la importancia de conservación y diversidad de suelos en nuestro país, así como el uso y manejo que se les debe dar de acuerdo con sus propiedades y características.

Introducción

Los monolitos son perfiles de suelos removidos con mínima perturbación endurecidos de manera artificial, y preparados para ser preservados con fines de exhibición. La técnica de elaboración de monolitos de suelo, fue traída a México por el Dr. Carlos A. Ortiz Solorio en 1982, tras asistir a un curso impartido en el ISRIC, Wageningen, Holanda en el Museo Mundial de Suelos.

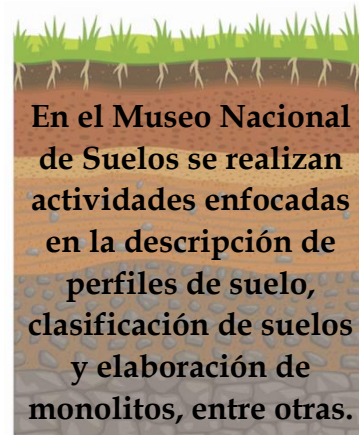


Figura 1. Ejemplares de monolitos de suelos en el interior del Museo Nacional de Suelos.

Desde 1984 en el Posgrado en Edafología del Colegio de Postgraduados se dicta el curso “Colecciones de suelos”, en el que han recolectado aproximadamente 500 ejemplares de suelos de distintas partes del país. Algunos de esos ejemplares fueron donados a diferentes instituciones, y otros se destruyeron por la falta de espacio y un lugar para su exhibición.



Es por eso que en medio de la pandemia por COVID 19, profesores, estudiantes y laboratoristas del posgrado en Edafología con mucho entusiasmo y compromiso comenzaron a limpiar y habilitar un espacio con fines de exposición en el Colegio de Postgraduados. El Museo de Suelos, recinto de apenas 35 m², se adecuó para la exposición de los ejemplares en el marco de la celebración del Día Mundial del Suelo del año 2020. Para el primer año de aniversario, cambia su denominación a Museo Nacional de Suelos (MNS) puesto que, en México, es el primero y único de su tipo.



Desarrollo

En la fachada del Museo se exhibe un mural titulado: “El suelo, Un pilar de la Vida” y unas pinturas que representan la diversidad de los suelos del Valle de México, desde las montañas hasta el lago de Texcoco, con un estilo similar a las acuarelas de Walter Kubiens (1897-1970), profesor y naturalista checo, y se complementa con unos glifos tomados del código de Santa María Asunción, que representan distintas clases de tierra que las comunidades Acolhuas identificaron hace más de 500 años.




Figura 2. Fachada del Museo Nacional de Suelos.

Al ingresar al Museo, podemos observar alrededor de 60 monolitos en los que se puede apreciar la acumulación de materia orgánica y actividad de raíces en los horizontes superficiales; otros rasgos como revestimientos de arcilla, concreciones de sílice, nódulos de manganeso, materiales cementados, caras de fricción, fragmentos de cerámica y acumulaciones de óxidos de hierro, así como diferentes materiales parentales en los horizontes subsuperficiales.




Los ejemplares están clasificados técnicamente acorde con la World Reference Base for Soil Resources (WRB) y la Soil Taxonomy del United States Department of Agriculture (USDA), por lo que se tienen Andisols (Andosols), Vertisols, Inceptisols (Luvisols, Cambisols y Solonetz), Aridisols (Calcisols y Gipsisols) y Entisols (Anthrosols y Leptosols), entre otros.

En el Museo Nacional de Suelos se realizan actividades de difusión y capacitación enfocadas en la descripción de perfiles de suelo, análisis de laboratorio para clasificar suelos, elaboración de monolitos y su clasificación científica de suelos, entre otras. Los cursos y pláticas van dirigidos a estudiantes de licenciatura y posgrado, ya que los monolitos también son una herramienta que ayuda a explicar de forma práctica los procesos de formación de suelo (pedogénesis) y sus componentes. Se ha recibido la visita de agricultores y público en general que tienen interés en conocer los suelos de sus regiones. También, se han exhibido monolitos tanto en ferias científicas universitarias, como en congresos nacionales, e incluso en el Senado de la República, evento que despertó el interés para crear iniciativas de ley relacionadas con el estudio de los suelos.



A nivel global solo existen 38 museos dedicados exclusivamente a los suelos.



Recientemente, en el año 2023, se realizaron las primeras y únicas dos Colecciones de Suelos con importancia agrícola y económica a escala estatal y regional. La primera es una colección del Estado de México, que consta de 14 ejemplares para una superficie de 22,500 km² y se localiza en el MNS; mientras que, la segunda se realizó en el Municipio de Temascalcingo, Estado de México, que consta de siete ejemplares para una superficie de 362.39 km² y se localiza en las instalaciones de la casa de cultura de dicha demarcación, para que la información que se generó, sea consultada en la toma de decisiones de los productores.

Dentro de las colecciones elaboradas destacan las siguientes: 1) Monoliths Collection "UMDI-J, ISCC2020+2" que fue exhibida en el "6th International Soil Classification Congress," 2) "Suelos volcánicos" para la Feria de Ciencias en la UAM-Iztapalapa, 3) "Suelos Técnicos" para el Geopedregal, Ciudad Universitaria, UNAM, 4) "Suelos Salinos y Sódicos" para la celebración del Día Mundial del Suelo 2022 en la FES-Aragón, UNAM, 5) "Museo Nacional de Suelos", para el Senado de la República, 6) "Colección de monolitos de suelo del Municipio de



Temascalcingo” para el Día Mundial del Suelo 2023, y 7) “Colección de Suelos del Estado de México” en colaboración con INIFAP-Toluca, la cual será inaugurada próximamente.

Cada una de estas colecciones cuenta con un tríptico que contiene información del museo, datos generales del grupo o los grupos taxonómicos de la colección, fotos de los monolitos de suelo y un código QR para consultar la ubicación en donde el ejemplar fue recolectado, así como la descripción en campo del perfil del suelo y datos de sus propiedades físicas y químicas obtenidos por análisis de laboratorio.

Finalmente, el Museo Nacional de Suelos, cuenta con una página de Facebook en la que se publican las visitas que se reciben, anuncios de cursos-talleres e información relacionada con las actividades que se realizan en el área de Génesis, Morfología y Clasificación de suelos, en secciones como: “¿Sabías qué?”, “Recomendación de artículo científico”, “cortometrajes educativos”, “Grupos de Suelos” y “Frase del mes” (poemas, reflexiones o frases relacionadas con el suelo).



Figura 3. Visita de alumnos de diferentes instituciones del país al Museo Nacional de Suelos.



Conclusiones

Contar con un museo es imprescindible para llegar a más personas interesadas en la ciencia del suelo, ya sea desde la perspectiva agrícola, la docencia o la investigación, pero reconociendo y generando conocimiento de los suelos a escala regional y conjuntarlos a nivel nacional.

A nivel global solo existen 38 museos dedicados exclusivamente a los suelos, aunque el Museo de Suelos en México no se ha considerado por su reciente creación. Sin embargo, el Museo Nacional de Suelos pretende concientizar al público de la importancia de la conservación y diversidad de suelos en nuestro país, así como el uso y manejo apropiado de acuerdo con sus características, fomentar una correcta toma de decisiones que favorezcan el éxito y desarrollo de las actividades agrícolas, pecuarias, forestales, hidrológicas, entre otras, de manera sustentable y amigable con el ambiente.



Literatura recomendada

Richer-de-Forges, A. C., Lowe, D. J., Minasny, B., Adamo, P., Amato, M., Ceddia, MB, ... & Arrouays, D. (2021). A review of the world's soil museums and exhibitions. In: Donald L. Sparks (ed.). *Advances in Agronomy* 166 (pp. 277-304). Academic Press.

Taboada-Castro, M. M., Lafuente, F., Getino-Álvarez, M., Sanz, R. M., & Turrión, M. B. (2022). Monolitos edafológicos: una herramienta útil para dar a conocer el suelo más allá del ámbito universitario. *Revista de Ciências Agrárias*, 45(4), 708-711. <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/28767/21448>.

Van Baren, J. H. V. y W. Bomer. (1979). *Procedimientos para la colección y preservación de perfiles de suelo*. Publicación Técnica 1. ISRIC, Wageningen, The Netherlands.

Semblanzas de autores

Sandra Monserrat Barragán Maravilla. Bióloga, egresada de la FES-Zaragoza, UNAM. Maestra en Ciencias y Candidata a Doctora en Ciencias, Posgrado de Edafología, Colegio de Postgraduados. Ha descrito y clasificado suelos en proyectos Nacionales, Estatales y Municipales. Realiza estudios de Génesis y Clasificación de suelos.

Gabriel Alejandro Hernández Vallecillo. Biólogo, egresado de la FES-Zaragoza, UNAM. Maestro en Ciencias y Candidato a Doctor en Ciencias, Posgrado de Edafología, Colegio de Postgraduados. Ha realizado mapeo digital de suelos en los proyectos como el Tren Maya y el Levantamiento de Suelos del ex lago de Texcoco. Realiza estudios del efecto de incendios forestales en las propiedades de los suelos.

Patricio Sánchez Guzmán. Ingeniero Agrónomo especialista en suelos, Universidad Autónoma Chapingo. Maestro en Ciencias, Posgrado de Edafología, Colegio de Postgraduados. Investigador Adjunto, responsable del Laboratorio de Génesis, Morfología y Clasificación de Suelos y del Museo Nacional de Suelos. Realiza estudios de Entnopedología, Ordenamiento Territorial y Levantamientos de Suelos.





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



48 Congreso Mexicano de la Ciencia del Suelo



DEL 14 AL 18 DE OCTUBRE DE 2024

Universidad Autónoma de
Chihuahua



Sitio web del #48cmcs



Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo



Congreso Mexicano de la Ciencia del Suelo

| ISSN: 2992-8125 | www.vocesdelsuelo.org.mx |
| Volumen 2 – Número 1 – 2024 |



Ganadores del concurso de creatividad biológica

REFORESTACIÓN URBANA

En el marco del día mundial de la ecología el Colegio de Biólogos de Coahuila, el Museo del Desierto y la Secretaria del Medio Ambiente del estado de Coahuila de Zaragoza realizaron el Concurso de creatividad biológica, Reforestación Urbana. El concurso tuvo como propósito resaltar la importancia de los árboles en las ciudades.



El concurso contó con dos categorías, a) infantil, para participantes entre 8 y trece años; y b) juvenil para participantes mayores de 14 años.

Se contó con una nutrida participación y aquí se presentan los tres primeros lugares de cada categoría, a solicitud del Presidente del Colegio de Biólogos de Coahuila.





1er lugar. Categoría Infantil. Título: "Perdí mi casa".
Autora: Mía Alexa García Ruvalcaba. 10 años.



2do lugar. Categoría Infantil. Título: "Reforestando ando".
Autora: Elisa Fernanda Medina Carranza. 10 años.



3er lugar. Categoría Infantil. Título: "Batalla perdida".
Autora: Valentina Martínez Rodríguez. 13 años.



1er lugar. Categoría Juvenil. Título: "Un árbol una vida". En portada.
Autora: Miriam Jaqueline Ramos Briones. 16 años.



2do lugar. Categoría Juvenil. Título: "Ciudades verdes, un hábitat para todos".
Autor: Dante Ronaldo Navarro Ibarra. 15 años.



3er lugar. Categoría Juvenil. Título: "Razón de Vida".
Autora: Regina Lara Torres. 16 años.



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



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



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



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

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

DEL 14 AL 18 DE OCTUBRE DE 2024



**Universidad Autónoma
de Chihuahua**



Sitio web del #48CMCS



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



Publicación trimestral
| Marzo-Junio-Septiembre-Diciembre |

ISSN: 2992-8125