



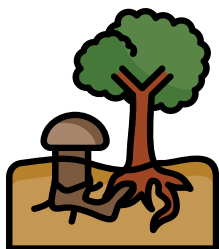
Simbiosis micorrízica: la red invisible que sostiene a los cultivos

Adriana Antonio-Bautista¹
Gabriela Guillen-Cruz²
César R. Sarabia Castillo*

¹Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas, Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, CP 25315. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

² Programa de Recursos Fitogenéticos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, CP 25315. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

*Autor para correspondencia: ing.cesarsarabia@gmail.com

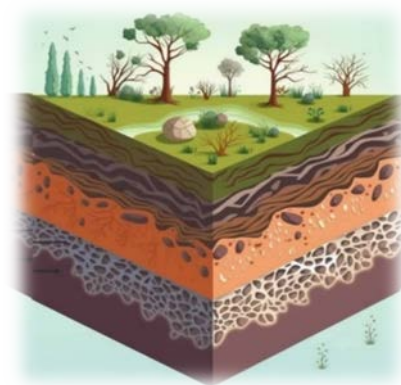


El suelo alberga a los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), aliados microscópicos que forman una simbiosis esencial con las plantas. Una simbiosis que se traduce en el intercambiando de azúcares vegetales por agua y nutrientes (como el fósforo) mediante su red externa de hifas (micelio). Esta interacción influye directamente en la productividad de los cultivos y en la salud del suelo al aumentar la disponibilidad de nutrientes, minimizar los factores de estrés y promover la sostenibilidad de los sistemas agrícolas.

Introducción

El suelo no es algo que resulte interesante para la mayoría de las personas; sin embargo, es un recurso esencial para la producción de alimentos y es considerado un ecosistema dinámico, complejo y diverso. En él se albergan una gran cantidad de aliados microscópicos como bacterias, protozoarios y hongos, que trabajan constantemente y de manera silenciosa para mantener la fertilidad de la tierra.

Entre estos habitantes se destacan los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), que son microorganismos benéficos del suelo que viven en simbiosis con más del 80 % de las plantas terrestres, con las que colaboran para poder absorber nutrientes y agua al extender el alcance de sus raíces, mientras que la planta les da azúcares derivados de la fotosíntesis.



Los HMA amplían el alcance de las raíces de las plantas para poder absorber nutrientes y agua de manera más eficiente.



¿Qué son los hongos micorrízicos arbusculares?



Más allá de ser solo habitantes del suelo, los HMA son considerados biofertilizantes naturales, al favorecer la nutrición de los cultivos y actúan como una barrera de protección contra enfermedades. En pocas palabras, esta interacción funciona como un “trueque” perfecto en donde los HMA optimizan la alimentación de la planta y a cambio, obtienen hospedaje y energía para sobrevivir.

Más allá de ser solo habitantes del suelo, los HMA son considerados biofertilizantes naturales.

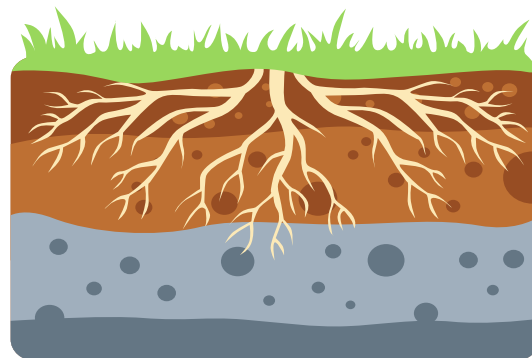
¿Cómo ocurre esta simbiosis?

El lenguaje secreto bajo tierra

Los HMA influyen de manera directa en la productividad de los cultivos y en la salud del suelo, al aumentar la disponibilidad de nutrientes y minimizar los factores de estrés.

Para que se realice el establecimiento y desarrollo de la simbiosis entre los HMA y las raíces, se lleva a cabo un proceso complejo que inicia con el reconocimiento del hongo micorrízico mediante señales químicas; en este reconocimiento la planta libera por medio de la raíz sustancias químicas que atraen a las hifas (estructuras semejantes a hilos microscópicos que forman la estructura básica de los hongos). El hongo a su vez responde a este diálogo con la secreción de sus propias señales químicas avisando a la planta que está listo para adherirse a ella (Figura 1). Una vez que se reconocen, las hifas forman una estructura aplanada sobre la raíz llamada apresorio (Figura 2A), que funciona como

puerta de entrada hacia las células de la raíz. A partir de este momento, el ciclo de la simbiosis se diferencia en dos fases, una intraradical, es decir que ocurre dentro de la raíz y otra extraradical, que ocurre fuera de las raíces.



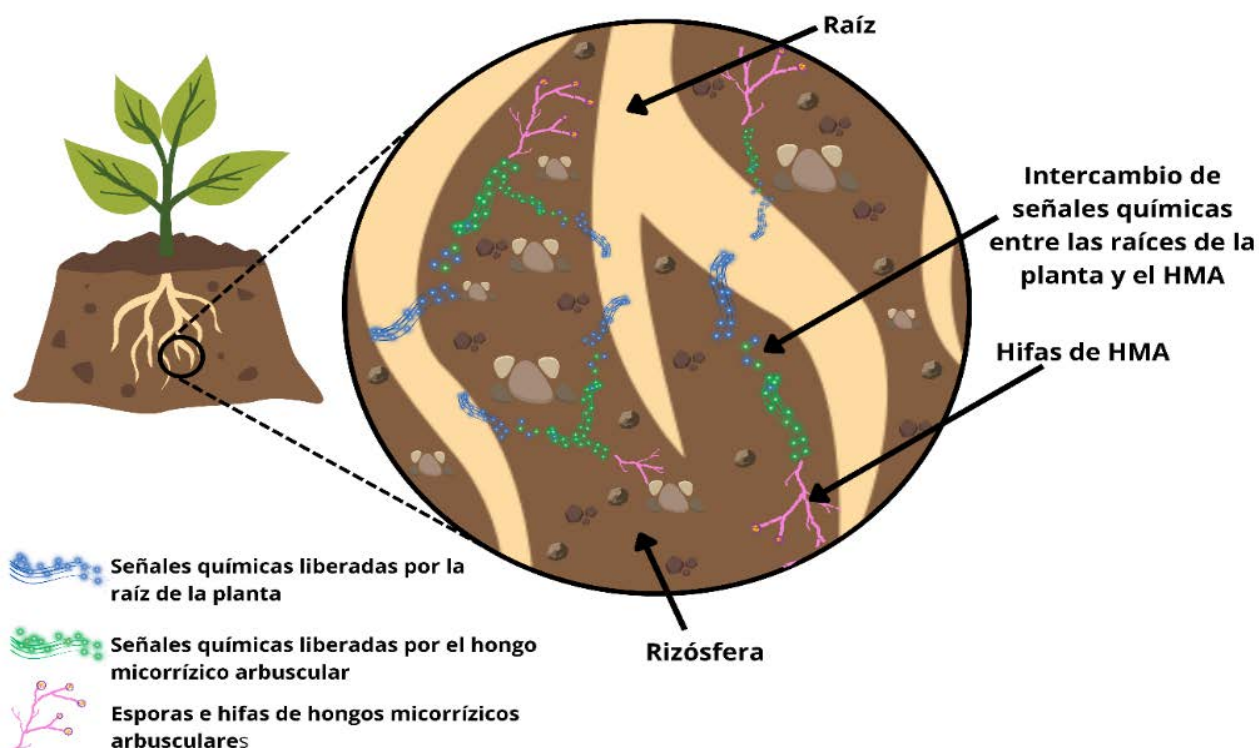


Figura 1. Intercambio de señales químicas entre la raíz de la planta y los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), que permite su reconocimiento e inicio de la simbiosis.

Un viaje hacia el interior (fase intraradical)

Ya que se encuentra formado el apresorio, este ejerce presión sobre la raíz para introducir las hifas en las células, una vez dentro, las hifas van creciendo entre las células formando una red interna (figura 2A). Cuando se encuentra una célula adecuada, se ramifica creando un arbusculo: una estructura característica en forma de árbol, la cual se encarga del intercambio de nutrientes entre el hongo y la planta. Además, para asegurar su supervivencia, el HMA forma vesículas, que son diminutas esferas de reserva llenas de lípidos (grasas) que aseguran un suministro constante de nutrientes para el hongo en tiempos de escasez (Figura 2B).



Para asegurar su supervivencia, el hongo forma vesículas, que son diminutas esferas de reserva llenas de lípidos.

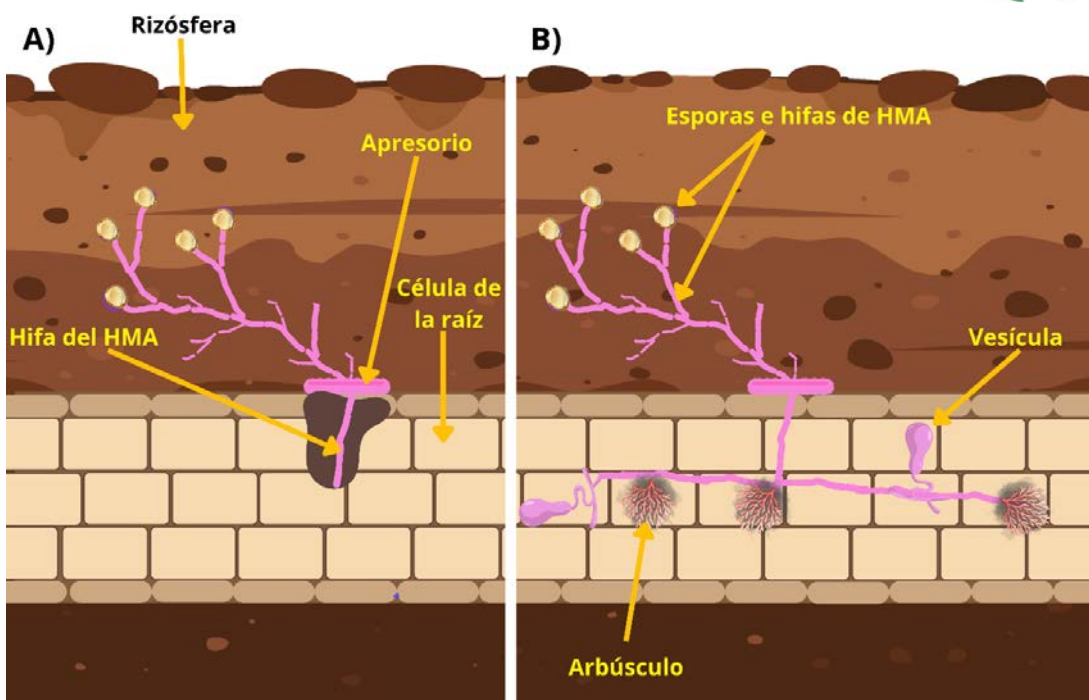


Figura 2. Proceso de establecimiento de la simbiosis entre los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y la raíz de la planta. A) Formación del apresorio y penetración de las hifas en las células de la raíz. B) Desarrollo de estructuras intraradicales como arbúsculos y vesículas.

La red exterior: expandiendo fronteras (fase extraradical)

Mientras tanto, fuera de la raíz el hongo continúa creciendo, expandiendo su red de hifas por el suelo formando el micelio, este micelio funciona como una extensión microscópica de las raíces, formando una gran red que llega más allá de donde la raíz podría llegar por sí misma.

Imagínalo como un túnel que conecta a la raíz con el suelo circundante y por el cual se transportan agua y minerales (especialmente fósforo) directamente a la planta (Figura 3A).

El cierre del ciclo

Cuando la misión se ha cumplido, el HMA produce esporas en el suelo (Figura 3B). Estas esporas funcionan de forma similar a las semillas de las plantas, las cuales representan un mecanismo de supervivencia para que se lleve a cabo una nueva simbiosis con otras especies vegetales.

A pesar de su enorme importancia, los hongos micorrízicos arbusculares suelen ser los grandes olvidados en el campo.



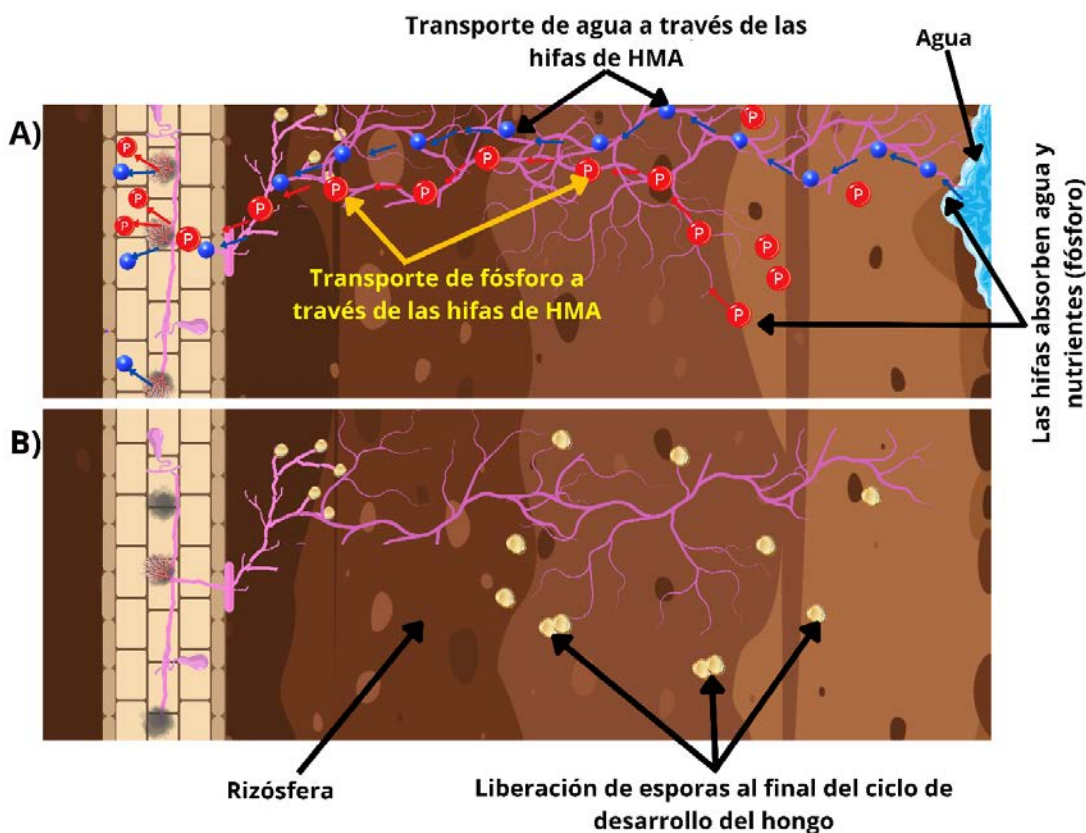


Figura 3. Fase extraradical de los hongos micorrízicos arbusculares. A) Expansión del micelio en el suelo y transporte de agua y nutrientes hacia la planta a través de la red de hifas. B) Formación de esporas como estructuras de reproducción y supervivencia para el establecimiento de nuevas asociaciones simbióticas.



¿Por qué son importantes los hongos micorrízicos arbusculares?

La importancia de los HMA no se limita exclusivamente a formar una simbiosis con las raíces de las plantas, sino que va más allá de esto, ya que influyen de manera directa en la productividad de los cultivos y en la salud del suelo, al aumentar la disponibilidad de nutrientes y minimizar los factores de estrés, promoviendo la sostenibilidad de ecosistemas agrícolas. Porque, aunque son invisibles a simple vista, su papel es fundamental para el equilibrio del suelo y la salud de los cultivos. A continuación, se resumen los principales beneficios de los HMA (Tabla 1).

Los HMA influyen de manera directa en la productividad de los cultivos y en la salud del suelo, al aumentar la disponibilidad de nutrientes y minimizar los factores de estrés



Tabla 1. Principales funciones y beneficios de los HMA en sistemas agrícolas

Aspecto	¿Cómo ayudan los HMA?	Impacto en plantas, suelo y agricultura
Nutrición vegetal	Facilitan la absorción de nutrientes esenciales para las plantas como el fósforo y nitrógeno	Mejor crecimiento vegetal y aumento en la productividad en suelos pobres o degradados
Aprovechamiento del agua	Mayor exploración del suelo mediante sus redes de hifas	Aumento en la tolerancia a sequías
Protección contra patógenos	Activan respuestas de defensa de las plantas	Menos enfermedades en cultivos y menor dependencia de agroquímicos
Mejora del suelo	Favorecen la formación de agregados del suelo	Mejor estructura del suelo y menor erosión
Sostenibilidad agrícola	Mejor aprovechamiento de fertilizantes	Agricultura más sustentable y resiliente
Biodiversidad y equilibrio ecológico	Creación de redes que sostienen a otros microorganismos (bacterias y hongos)	Ecosistemas más estables y funcionales

Conclusión

La simbiosis entre los HMA y las plantas terrestres resulta ser un proceso altamente especializado y vital de la naturaleza. Como se ha descrito, esta alianza subterránea no solo optimiza la nutrición vegetal y da acceso al agua a los cultivos mediante la expansión de su micelio, sino que también logra fortalecer la salud y estructura del suelo. Reconocer que el suelo no es solo "tierra", sino un tejido vivo sostenido por estas redes invisibles es el primer paso para valorar el equilibrio ecológico de los sistemas agrícolas y transitar hacia una agricultura más sostenible. Al proteger a estos aliados microscópicos, no solo aseguramos la salud de las plantas, sino también la fertilidad de nuestro planeta a largo plazo.





Literatura recomendada

- Carrillo-Saucedo, S.M., Puente-Rivera, J., Montes-Recinas, S. & Cruz-Ortega, R. (2022). Las micorrizas como una herramienta para la restauración ecológica. *Acta Botánica Mexicana*, 129, e1932.
- Luna-Fontalvo, J. A., Santos-Castellar, G.J., Atencia-Meza, L.C., Morales C., Ramires-Roncallo, K. & Negritto, M.A. (2019). Hongos micorrícicos arbusculares: phylum Glomeromycota. *Infloflora Boletín de Botánica*, 6, 1-16.
- Umer, M., Anwar, N. Mubeen, M., Li, Y., Ali, A., Alshaharni, M.O. & Liu, P. (2025). Roles of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth and disease management for sustainable agriculture. *Frontiers in Microbiology*, 16, 16162873.



Semblanzas de autores

Adriana Antonio-Bautista: Dra. en Ciencias en Recursos Fitogenéticos para Zonas Áridas por la UAAAN. Investigadora del Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN. Pertenece al SNII nivel I. Sus líneas de investigación se centran en la caracterización y conservación ex situ de recursos fitogenéticos nativos con potencial ornamental, agrícola y forestal de las zonas áridas y semiáridas.

Gabriela Guillen-Cruz: Dra. en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía por el Cinvestav. Actualmente es investigadora invitada en el Programa de Recursos Fitogenéticos de la UAAAN. Pertenece al SNII nivel C. Su trayectoria se ha centrado en el estudio del intercambio de carbono entre la atmósfera y los ecosistemas terrestres, la salud y calidad del suelo y los efectos del cambio global en diferentes ecosistemas.

César R. Sarabia-Castillo: Dr. en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía por el Cinvestav-Salttillo. Investigador invitado en el Programa de Recursos Fitogenéticos de la UAAAN. SNII nivel I. Miembro de la SMCS, A.C. Su investigación se enfoca en el estudio de nanomateriales y sus efectos en las interacciones Planta-Suelo-Microorganismos.



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

TERRA
Latinoamericana



ISSN Electrónico 2395 - 8030

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