



Hongos micorrízicos arbusculares frente al estrés hídrico: una oportunidad para el cultivo del nogal

Sandra Pérez Álvarez^{1*}
Yonaisy Mujica Pérez²
Esteban Sánchez Chávez³
Luisa Patricia Uranga Valencia¹
Joel Rascón Solano¹

¹ Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua, Km 2.5, carretera Delicias-Rosales, Campus Delicias, CD. Delicias, Chihuahua, México, CP. 33000

² Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) Carretera a Tapaste, San José de las Lajas, Cuba, CP. 32700

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

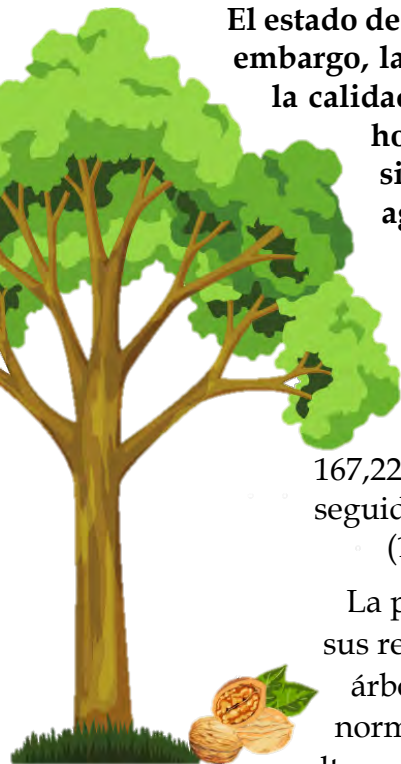
*Autor para correspondencia: spalvarez@uach.mx

El estado de Chihuahua es el principal productor de nuez pecanera en México, sin embargo, la falta de agua puede disminuir considerablemente el rendimiento y la calidad de la nuez. Una alternativa amigable con el ambiente es el uso de hongos micorrízicos arbusculares quienes forman una relación simbiótica con las raíces de las plantas, lo que mejora la absorción de agua y nutrientes, así como la resistencia a condiciones adversas.

Introducción

El nogal pecanero (*Carya illinoensis* Koch) es un frutal importante en México, en el 2023 se sembraron 166,311.54 ha con un rendimiento de 167,226.79 t ha⁻¹, Chihuahua fue el primer estado productor (100,206.84 t ha⁻¹) seguido de Sonora (27,568.18 t ha⁻¹), Coahuila (18,253.06 t ha⁻¹) y Durango (10,758.12 t ha⁻¹).

La producción del nogal pecanero depende en gran medida del agua, y sus requerimientos son elevados (entre 1,170 y 1,310 mm por año para los árboles adultos). Sin embargo, en las zonas de clima árido donde normalmente se planta, el agua escasea, por lo que, es crucial buscar alternativas para aprovechar al máximo el agua disponible, considerando factores como el tipo de riego y el clima local.





El estado de Chihuahua es el principal productor de nuez pecanera en México, sin embargo, el estrés hídrico puede disminuir el rendimiento

Una de las opciones para mejorar el aprovechamiento del agua en los nogales son las micorrizas que son hongos que establecen una relación de simbiosis con las raíces de las plantas, incrementando la absorción de agua y nutrientes, así como promoviendo la resistencia de la planta hospedera a condiciones adversas. Diversos estudios han evidenciado que la aplicación de micorrizas puede aumentar la calidad de la nuez pecanera y el rendimiento, así como reducir el consumo de fertilizantes y el índice de alternancia.

Además, las micorrizas pueden favorecer la colonización natural de hongos ectomicorrízicos en las raíces del nogal, lo que contribuye a la diversidad fúngica y a la salud del sistema radicular. Por lo tanto, las micorrizas son un elemento importante para mejorar el aprovechamiento del agua en el nogal pecanero, tanto en condiciones naturales como en sistemas de riego.

Desarrollo

Las micorrizas son hongos que forman una relación simbiótica con gran cantidad de plantas terrestres comestibles y no comestibles (más del 80 %), y los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son los más comunes, ya que se han descrito > 244 especies.

La simbiosis de los HMA se debe a que estos hongos no pueden completar su ciclo de vida en ausencia de una raíz hospedera ya que las plantas le dan azúcares y otros carbohidratos que producen durante la fotosíntesis lo que es esencial para el crecimiento y la reproducción de los HMA y a cambio, las micorrizas mejoran la absorción de agua y nutrientes en general, protegen contra patógenos y contribuyen a una mejor estructura del suelo (Figura 1).

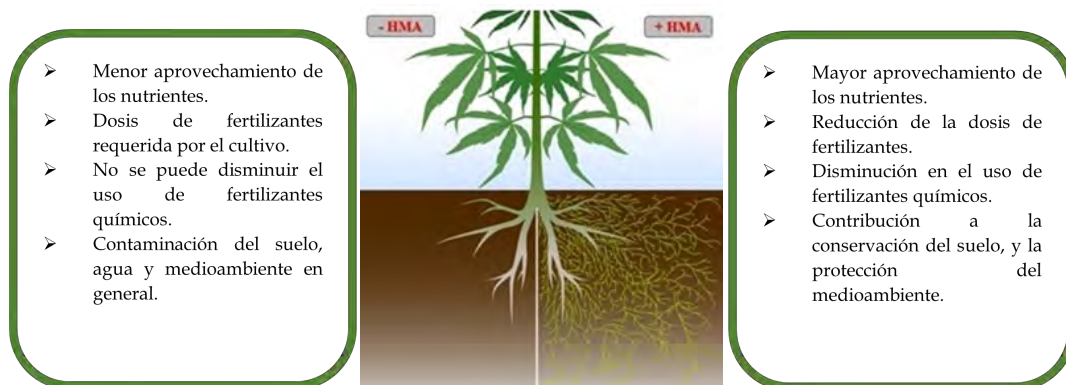


Figura 1. Aportes de los HMA a las plantas. Izquierda: plantas no inoculadas; Derecha: plantas inoculadas



Un ejemplo de HMA es *Glomus cubense*, un hongo micorrízico arbuscular que forma asociaciones no solo con plantas en invernadero sino también en condiciones de campo (Figura 2).

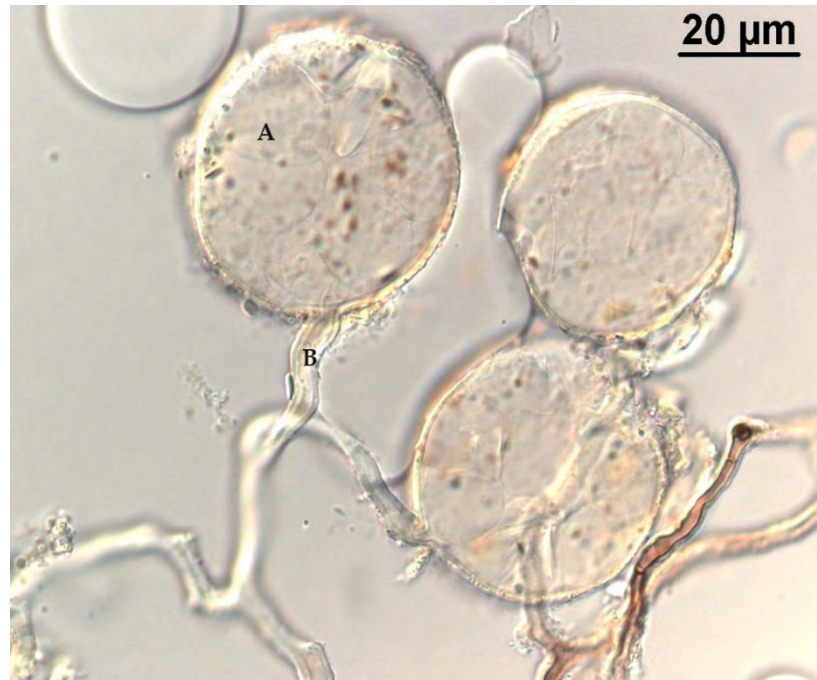


Figura 2. Esporas del HMA *Glomus cubense* donde A: Vesículas; B: Hifas intracelulares



El nogal pecanero durante la temporada de crecimiento puede necesitar entre 1 170 y 1 310 mm de precipitación por año



Las micorrizas arbusculares y el estrés hídrico

La sequía y el estrés hídrico son dos factores críticos que afectan la producción del nogal pecanero. La sequía, que se caracteriza por la falta de precipitación, reduce la disponibilidad de agua en el suelo, lo que puede afectar el crecimiento y desarrollo de los árboles. El estrés hídrico, por otro lado, ocurre cuando las plantas no reciben suficiente agua para satisfacer sus necesidades, lo que puede provocar marchitez, pérdida de hojas y disminución en la producción y calidad de las nueces.



A pesar de que las plantas tienen mecanismos de adaptación a la falta de agua, como lo es el cierre estomático, esto no es suficiente pues cuando los cultivos no tienen agua disponible se origina también una falta de nutrientes ya que muchos de ellos entran disueltos en dicho elemento.

Para afrontar el estrés hídrico (cuando la demanda de agua supera la cantidad disponible durante un período determinado), una estrategia efectiva es establecer relaciones con microorganismos benéficos, entre los que se destacan los HMA. Algunas de las ventajas de esta simbiosis se muestran en la figura 3.

Como se aprecia en la figura 3 las micorrizas son sin duda una alternativa a utilizar en regiones áridas o semiáridas de México las cuales se caracterizan por tener una escasez de agua y condiciones climáticas extremas, por ejemplo, las precipitaciones anuales en estas regiones suelen estar entre 500 y 800 mm.



Las plantas que tienen hongos micorrízicos asociados regulan sus tasas de transpiración, lo que les ayuda a hacer frente a las condiciones de estrés hídrico.



El transporte de agua se ve facilitado por el micelio fúngico (hilos de hongos o red de hongos), especialmente en suelos con poca capacidad de retener agua.



La nutrición mineral, el suministro de agua y la resistencia a diferentes estreses ambientales pueden mejorar en las plantas colonizadas por HMA.



La simbiosis HMA tiene un efecto positivo sobre el rendimiento de las plantas en condiciones de estrés hídrico.

Figura 3. Ventajas que le confieren los HMA a las plantas en condiciones de estrés hídrico



Las micorrizas arbusculares en el nogal pecanero

El nogal pecanero requiere grandes cantidades de agua para desarrollarse adecuadamente. Durante la temporada de crecimiento, el árbol adulto puede necesitar 1 170 y 1 310 mm por año. La demanda hídrica es particularmente alta durante el verano, cuando el árbol está en pleno crecimiento y desarrollo de las nueces.

Una gestión adecuada del agua asegura un desarrollo óptimo de las nueces, influenciando su tamaño, peso y calidad por lo que el estrés hídrico puede provocar nueces más pequeñas, llenado incompleto y una mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades.

Los HMA son una herramienta poderosa en el cultivo del nogal pecanero, ofreciendo múltiples beneficios que van desde una mejor absorción de nutrientes y agua hasta una mayor resistencia a estreses abióticos y bióticos. La integración de estas simbiosis en las prácticas agrícolas puede llevar a un cultivo más productivo y sostenible, aprovechando al máximo los recursos naturales y mejorando la salud general del árbol y del suelo.

Una de las opciones para mejorar el aprovechamiento del agua en los nogales es el uso de los hongos micorrízicos arbusculares.



Los hongos micorrízicos arbusculares mejoran la absorción de agua y nutrientes, así como la resistencia a condiciones adversas en cultivos como el nogal.



Los HMA en árboles ya establecidos se pueden incorporar al suelo removiendo este a una profundidad mínima de 5-10 centímetros y luego regar. También se pueden disolver en agua y utilizar esta solución para regar. En caso de que se vaya a realizar un trasplante del vivero al campo los HMA se pueden aplicar directamente a las raíces de los árboles y luego sembrarlos.

Los investigadores continúan explorando las interacciones específicas entre diferentes cepas de HMA y el nogal pecanero, buscando optimizar la simbiosis para incrementar la sostenibilidad y productividad del cultivo. Los avances en biotecnología también están facilitando la identificación y aplicación de cepas de HMA más eficientes.



Conclusiones

El impacto positivo de los hongos micorrízicos arbusculares en las plantas de nogal es significativo, ya que no solo estimula respuestas de crecimiento robustas, sino que también mejora considerablemente la absorción de nutrientes. Esta simbiosis micorrízica fortalece el sistema radicular, aumentando su eficiencia y resistencia. Como resultado, las plantas de nogal se vuelven más resilientes, adaptándose mejor a condiciones de estrés hídrico y otras adversidades ambientales, lo cual es crucial para mantener la salud y productividad del cultivo en condiciones climáticas variables.

Literatura recomendada

Blaszkowski J. (2019). Species descriptions and illustrations. Consultado el 22 de enero de 2024 en Disponible en: <http://www.zor.zut.edu.pl/>

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola [Statistical Yearbook of Agricultural Production]. Consultado el 22 de enero de 2024 en <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>

Zermeño González, A., Cruz Santes, C.E., Munguía López, J.P., Catalán Valencia, E.A., Campos Magaña, S.G., Cortés Bracho, J.J. (2014). Efecto del sistema de riego y clima en la eficiencia del uso de agua de nogal pecanero. *Terra Latinoamericana*, 32: 23-33.



Semblanzas de autores

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

Dra. Yonaisy Mujica Pérez. Investigadora del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) del grupo de micorrizas arbusculares donde realizó su tesis de maestría en el 2009 y en el 2021 culmina sus estudios de doctorado. Ha participado en más de 30 congresos científicos nacionales e internacionales, ha dirigido 10 tesis de estudiantes de universidad y de maestría, ha colaborado en varios proyectos internacionales, miembro del claustro de profesores del sistema de posgrado y ha recibido reconocimientos por sus méritos científicos.

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



Dra. Luisa Patricia Uranga Valencia. Docente investigador de tiempo completo en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Miembro del Sistema Nacional de investigadores Nivel I. Colaboradora del Cuerpo Académico Consolidado UACH-CA-15 con la línea de Investigación Agroforestería Sustentable en donde desarrolla investigación de Histología y Anatomía de la Madera y Tecnología de la Madera

Dr. Joel Rascón Solano. Docente investigador de tiempo completo en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Miembro del Grupo Disciplinar “Manejo sustentable de sistemas agrícolas y forestales” trabajando la LGAC Manejo de los recursos naturales para la mejora integral de sistemas agrícolas y forestales. Es coordinador de la carrera Ingeniero Forestal.

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

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

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