



Revisión bibliográfica sobre los hongos micorrízicos arbusculares: su diversidad, funciones y aplicaciones en la agricultura sostenible

Lilian Sarahy Pecina Perez¹, Regulo Ruiz Salazar¹, Guadalupe Rodriguez Castillejos¹,
José Luis Hernández Mendoza², Cristián Lizarazo Ortega², Jesús Di Carlo Quiroz
Velásquez^{2,*}

¹Laboratorio de Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de Tamaulipas Unidad Multidisciplinaria Reynosa - Aztlán, calle 16 y lago de Chapala col. Aztlán CP. 88740, Reynosa, México; ²Laboratorio de Biotecnología Experimental, Centro de Biotecnología Genómica del Instituto Politécnico Nacional. Boulevard del Maestro s/n esq. Elías Piña, Col. Narciso Mendoza, Cd. Reynosa Tamaulipas México, C.P. 88710

Keys: Aeromina 3030C, Collectors, Flotation, Lithium oxide, Sodium oleate; **Claves:** Aeromina 3030C, Colectores, Flotación, Óxido de litio, Oleato de sodio.

ABSTRACT

Literature review on arbuscular mycorrhizal fungi: their diversity, functions and applications in sustainable agriculture. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) establish symbiotic relationships with most vascular plants, boosting nutrient and water absorption, strengthening tolerance to biotic and abiotic stresses, and supporting agricultural and environmental sustainability. This review synthesizes recent findings on AMF diversity, ecology, and practical applications across varied agroecosystems, including key crops such as cinchona, sorghum, banana, cocoa, guava, onion, and lettuce. Their contributions to plant protection, soil enhancement, genomic progress, and prospects in biotechnology and phytoremediation are examined. Evidence highlights that native AMF consortia, adapted to local environments, are pivotal for sustainable agriculture, reducing reliance on chemical inputs and increasing the resilience of production systems.

RESUMEN

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) forman asociaciones simbióticas con la mayoría de las plantas vasculares, favoreciendo la absorción de nutrientes y agua, mejorando la tolerancia a estreses bióticos y abióticos, y contribuyendo a la sostenibilidad agrícola y ambiental. En este artículo de revisión se recopila información de investigaciones recientes sobre la diversidad, ecología y aplicaciones de los HMA en diferentes agroecosistemas, incluyendo cultivos de importancia económica como quina, sorgo, plátano, cacao, guayaba, cebolla y lechuga. Asimismo, se analizan sus funciones en la bioprotección vegetal, el mejoramiento de la calidad del suelo, los avances genómicos y sus perspectivas en biotecnología y fitorremediación. La evidencia confirma que los consorcios micorrízicos nativos adaptados a condiciones locales resultan estratégicos para la agricultura sostenible, disminuyendo la dependencia de insumos químicos y potenciando la resiliencia de los sistemas productivos.

Revista Boliviana de Química, 2026, 43, 26-31
ISSN 0250-5460, Rev. Bol. Quim. Paper edition
ISSN 2078-3949, Rev. boliv. quim. e-edition
Jan-Jun; 30 junio 2026
<https://doi.org/10.53287/pyii9560fa94c>

© 2026 Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ciencias Puras y Naturales
Carrera Ciencias Químicas
Instituto de Investigaciones Químicas

¹Received September 5, 2025, accepted May 22, 2026, published June 30, 2026. *Mail to: jquiroz@ipn.mx

INTRODUCCIÓN

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), integrantes del filo *Glomeromycota*, representan una de las asociaciones mutualistas más antiguas y extendidas de la biosfera (Diagne et al., 2020¹). Se calcula que entre el 80 y el 90 % de las plantas vasculares, así como el 90 % de los cultivos agrícolas, establecen vínculos simbióticos con estos microorganismos (Wilkes, 2021²).

La función de los HMA va más allá de la nutrición vegetal: fortalecen la tolerancia frente a condiciones de estrés, favorecen la formación de agregados del suelo mediante glomalina, regulan comunidades microbianas y contribuyen a la reducción de contaminantes (Solís-Domínguez et al., 2025³). En años recientes, su investigación se ha ampliado hacia perspectivas agronómicas, ecológicas y biotecnológicas.

El propósito de esta revisión es integrar los hallazgos más destacados sobre la diversidad, funciones y aplicaciones de los HMA en distintos ecosistemas agrícolas y naturales, considerando evidencia tanto de Latinoamérica como de otras regiones.

DESARROLLO

Diversidad y caracterización de hongos micorrízicos arbusculares

Los HMA exhiben una notable diversidad tanto taxonómica como funcional. En la región de la Puna argentina, se identificaron especies crípticas de *Funneliformis* y *Rhizoglossum* mediante técnicas moleculares, lo que pone de manifiesto las limitaciones de la identificación morfológica tradicional (Covacevich et al., 2021⁴). En plantaciones de café en Chiapas se registraron 18 especies, con predominio de *Acaulospora*, además de nuevos reportes de *Glomus multicaule* y *Funneliformis monosporus* (Rev. Fitotec. Mex., 2023).

En suelos destinados a la ganadería en Antioquia, Colombia, se registró una marcada dominancia de *Glomus* (75–100 %), acompañada por la presencia secundaria de *Acaulospora* y *Gigaspora* (Restrepo Giraldo et al., 2019⁵). En sistemas agroforestales de zonas semiáridas de México, los HMA provenientes de islas de vegetación y áreas abiertas favorecieron un crecimiento más vigoroso de la lechuga en comparación con los procedentes de matorrales xerófilos (Jiménez-Martínez et al., 2025⁶). La diversidad de HMA documentada en distintos ecosistemas y cultivos se sintetiza en la Tabla 1.

Tabla 1. Diversidad y caracterización de HMA en diferentes ecosistemas y cultivos

Ecosistema / cultivo	Especies o géneros predominantes	Resultados principales	Referencia
Puna argentina	<i>Funneliformis</i> , <i>Rhizoglossum</i> (especies crípticas)	Técnicas moleculares revelaron especies no detectadas por métodos morfológicos	Covacevich et al., 2021
Suelos ganaderos (Colombia)	<i>Glomus</i> (75–100 %), <i>Acaulospora</i> , <i>Gigaspora</i>	La intensidad de manejo influye en la diversidad	Restrepo Giraldo et al., 2019
Cafetal orgánico (Chiapas)	<i>Acaulospora</i> predominante; <i>Glomus multicaule</i> , <i>F. monosporus</i>	Registro de nuevas especies para la región	Rev. Fitotec. Mex., 2023
Rizósfera de chile poblano	<i>Funneliformis geosporum</i> , <i>Claroideoglossum</i>	Incremento en biomasa y absorción de fósforo	Rev. Fitotec. Mex., 2021
Palma naidí (Colombia)	<i>Claroideoglossum</i> , <i>Glomeraceae</i>	Baja colonización por alto P disponible	Montenegro Gómez et al., 2020
Agroforestal semiárido (México)	HMA de islas vegetales y áreas abiertas	Mayor crecimiento en lechuga que HMA de matorral	Jiménez-Martínez et al., 2025

Funciones fisiológicas y ecológicas de los HMA

Los HMA favorecen la absorción de fósforo, nitrógeno y agua al ampliar la red de exploración radicular (Diagne et al., 2020¹). En sorgo (*Sorghum bicolor*), la inoculación con *Glomus* spp. incrementó la biomasa y fortaleció la resistencia a la sequía (Escalante Correa et al., 2024). En quina (*Cinchona officinalis*), la combinación de HMA nativos con abonos orgánicos aumentó el área foliar, la materia seca de las raíces y la tasa de supervivencia (Sánchez Santillán, 2023⁷).

Además, los HMA participan en la producción de metabolitos secundarios (fenoles, flavonoides, antioxidantes), que mejoran la calidad nutricional de los cultivos y su resistencia al estrés (Pérez-Ortega et al., 2022⁸).

HMA en la productividad agrícola

Diversos estudios reportan incrementos significativos en la productividad de cultivos de interés económico:

En plátano (*Musa AAB*), la inoculación con HMA incrementó la tasa de colonización, el número de raíces y el peso del racimo (Vivas Cedeño et al., 2025⁹).

En guayaba (*Psidium guajava*), consorcios nativos como *El Limón* promovieron mayor crecimiento, calidad de planta y colonización radicular frente a un inóculo comercial (Quiñones-Aguilar et al., 2020¹⁰).

En cebolla (*Allium cepa*), la micorrización nativa respondió positivamente a la aplicación de bioinoculantes y mejoró la tolerancia al déficit hídrico (Blanco et al., 2024¹¹).

En cacao (*Theobroma cacao*), la riqueza de especies de HMA no varió entre fincas con y sin fertilización, pero los suelos fertilizados mostraron dominancia de géneros específicos, indicando sensibilidad a prácticas agrícolas (Prieto Benavides et al., 2024⁸).

En la Tabla 2 se organizan los resultados de las aplicaciones de HMA en diferentes cultivos agrícolas.

Tabla 2. Funciones y aplicaciones de HMA en cultivos agrícolas

Cultivo	Tipo de HMA / Inóculo	Efectos observados	Referencia
Quina (<i>Cinchona officinalis</i>)	HMA autóctonos + abonos orgánicos	↑ área foliar, materia seca radicular y sobrevivencia	Sánchez Santillán, 2023 ⁷
Sorgo (<i>S. bicolor</i>)	<i>Glomus spp.</i>	↑ biomasa, ↑ resistencia a sequía	Escalante Correa et al., 2024 ¹²
Plátano (<i>Musa AAB</i>)	Consortios nativos de HMA	↑ colonización, raíces y peso de racimo	Vivas Cedeño et al., 2025 ⁹
Guayaba (<i>Psidium guajava</i>)	Consortios nativos (El Limón)	↑ crecimiento, calidad de planta y colonización vs. inóculo comercial	Quiñones-Aguilar et al., 2020 ¹⁰
Cebolla (<i>Allium cepa</i>)	Micorrización nativa + bioinoculantes	↑ tolerancia al déficit hídrico	Blanco et al., 2024 ¹¹
Cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	Diversidad de HMA en suelos fertilizados vs. no fertilizados	Cambios en riqueza y dominancia de géneros	Prieto Benavides et al., 2024 ⁸

Bioprotección frente a patógenos

Los HMA ejercen funciones de biocontrol al competir por los sitios de colonización y activar defensas sistémicas en las plantas. En tomate y frijol, la inoculación redujo las infecciones por *Fusarium oxysporum*, con resultados dependientes del pH del suelo y de la cepa utilizada (*Rhizophagus irregularis*, *Glomus cubense*, *R. clarus*) (Pérez-Ortega et al., 2022¹³).

Una revisión reciente destaca que la diversidad de consorcios micorrízicos amplifica la protección contra patógenos mediante resistencia sistémica inducida y cambios en la microbiota de la rizosfera (Wang & Chen, 2024¹⁴).

HMA y calidad del suelo

La producción de glomalina por HMA mejora la agregación del suelo y su estabilidad estructural (Wilkes, 2021²). En plantaciones de cacao en Ecuador, los HMA fueron utilizados como bioindicadores de la calidad del suelo, mostrando que las prácticas de fertilización alteran la biodiversidad microbiana (Prieto Benavides et al., 2024⁸).

De forma complementaria, se han desarrollado guías prácticas para la cuantificación de micorrizas que han estandarizado técnicas de laboratorio y de campo, lo cual facilita el monitoreo de la colonización y la esporulación en cultivos agrícolas (Sierra Ramírez et al., 2024¹⁵). En la Tabla 3 se sintetizan las funciones ecológicas y ambientales de los HMA.

Avances genómicos y biotecnológicos

El estudio de genomas de HMA ha mostrado su carácter multinucleado y la abundancia de elementos móviles, lo cual fundamenta su capacidad adaptativa (Lanfranco & Bonfante, 2023¹⁶). Estos descubrimientos ayudan a explicar la evolución del mutualismo planta-hongo y potencian aplicaciones biotecnológicas agrícolas.

Tabla 3. Funciones ecológicas y ambientales de los HMA

Bioprotección contra <i>Fusarium oxysporum</i>	Efecto dependiente de pH y cepa (<i>R. irregularis</i> , <i>G. cubense</i>)	Pérez-Ortega et al., 2022
Resistencia sistémica inducida	Diversidad de consorcios aumenta defensa frente a patógenos	Wang & Chen, 2024 ¹⁴
Calidad del suelo	Glomalina mejora agregación y estabilidad del suelo	Wilkes, 2021 ²
Calidad del suelo	Glomalina mejora agregación y estabilidad del suelo	Wilkes, 2021 ²
Bioindicadores de fertilización en cacao	Cambios en diversidad de HMA en fincas fertilizadas	Prieto Benavides et al., 2024 ⁸
Estándares metodológicos	Guías para cuantificación de micorrizas en laboratorio y campo	Sierra Ramírez et al., 2024 ¹⁵
Fitorremediación de cianuro	<i>Prosopis</i> sp. + aserrín de pino + HMA reducen pH y CE, ↑ bacterias	Solís-Domínguez et al., 2025 ³

Fitorremediación y perspectivas agroecológicas

Más allá de la agricultura, los HMA muestran potencial en fitorremediación de suelos contaminados. La combinación de *Prosopis* sp., aserrín de pino y HMA permitió adaptación en residuos mineros con cianuro, disminuyendo pH y conductividad eléctrica e incrementando actividad bacteriana (Solís-Domínguez et al., 2025³). En sistemas agroforestales, los HMA fortalecen sostenibilidad al mejorar nutrición vegetal y resiliencia de cultivos como la lechuga, siendo claves en el manejo de suelos semiáridos (Jiménez-Martínez et al., 2025⁶).

La Figura 1 presenta un esquema conceptual que resume la relación entre diversidad, funciones y aplicaciones de los HMA en la agricultura sostenible.

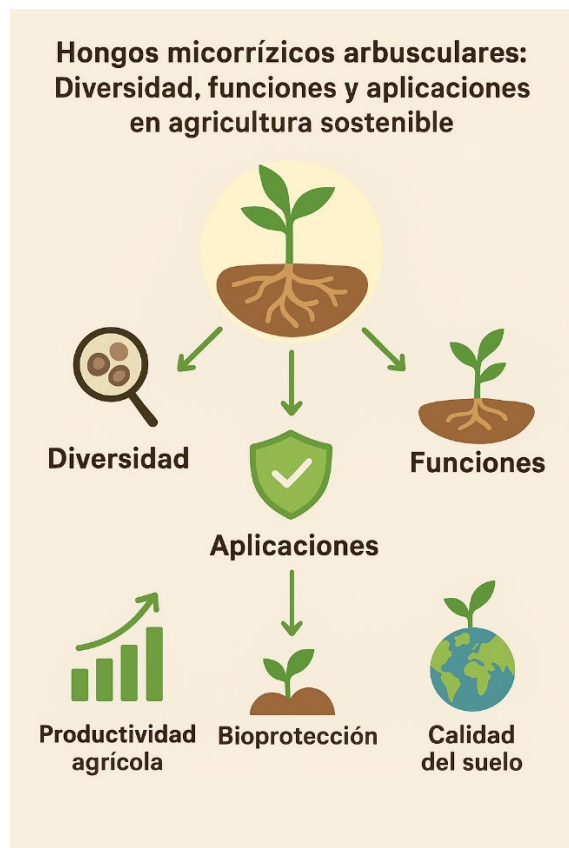


Figura 1. Esquema conceptual que resume la diversidad, funciones y aplicaciones de los hongos micorrízicos arbusculares en agricultura sostenible.

CONCLUSIONES



Los hongos micorrízicos arbusculares representan una herramienta fundamental para la agricultura sostenible. Su diversidad funcional permite mejorar la productividad de cultivos, incrementar la calidad del suelo, conferir resistencia frente a estrés y contribuir a la restauración ambiental.

La evidencia revisada confirma que el **uso de consorcios nativos adaptados a condiciones locales** es más eficiente que los inóculos comerciales, y que la integración de HMA con prácticas agroecológicas puede reducir la dependencia de fertilizantes y pesticidas.

En el futuro, los avances genómicos y la biotecnología permitirán diseñar estrategias de inoculación más específicas, mientras que su aplicación en fitorremediación abre nuevas perspectivas para la recuperación de ecosistemas degradados.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional – Centro de Biotecnología Genómica, A la Universidad Autónoma de Tamaulipas – Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán, a la SECIHTI, al Proyecto SIP IPN 20254892. Al programa de Estímulo al Desempeño de los Investigadores (EDI IPN), al cual pertenece el Dr. Jesús Di Carlo Quiroz Velásquez (EDI IPN, nivel 6), y José Luis Hernández Mendoza (EDI IPN, nivel 8).

REFERENCIAS

- ¹ Diagne, N., Ngom, M., Djighaly, P. I., Fall, D., Hoher, V., & Svistoonoff, S., Roles of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and performance: Importance in biotic and abiotic stressed regulation. *Diversity*, 2020, **12**, 370. <https://doi.org/10.3390/d12100370>
- ² Wilkes, T. I., Arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture, *Encyclopedia*, 2021, **1**, 1132. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia1040085>
- ³ Solís-Domínguez, F. A., Herrera-Martínez, A., Lepe Terrazas, K. A., Rangel González, M. G., Carrillo-González, R., & Alcocer García, A., Mesquite, pine sawdust, and arbuscular mycorrhizal fungi: A strategy for cyanide phytoremediation, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 2025, **28**, 076. <https://doi.org/10.56369/tsaes.6051>
- ⁴ Covacevich, F., Hernández Guijarro, K., Crespo, E. M., Lumini, E., Rivero Mega, M. S., & Lugo, M. A., Arbuscular mycorrhizal fungi from Argentinean Highland Puna soils unveiled by propagule multiplication, *Plants*, 2021, **10**, 1803, DOI: 10.3390/plants10091803
- ⁵ Restrepo Giraldo, K. J., Montoya Correa, M. I., Henao Jaramillo, P., Gutiérrez, L. A., & Molina Guzmán, L. P. Caracterización de hongos micorrízicos arbusculares de suelos ganaderos del trópico alto y bajo en Antioquia. *IDESIA*, 2019, **37**, 35. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019005000301>
- ⁶ Jiménez-Martínez, A., Montaña, N. M., Montaña-Arias, S. A., & Chimal-Sánchez, E., Hongos micorrízicos arbusculares de un sistema agroforestal semiárido promueven el crecimiento y nutrición de la lechuga. *Terra Latinoamericana*, 2025, **43**, e2088, <https://doi.org/10.28940/terra.v43i.2088>
- ⁷ Sánchez Santillán, T., 2023, *Efecto de hongos micorrízicos arbusculares y abonos orgánicos en plantas de quina bajo condiciones de invernadero y vivero* (MSc tesis), Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Perú, recuperado de: <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/3198>
- ⁸ Prieto Benavides, O. O., Kaiser Flores, A. J., Kaiser Flores, B. J., Pilojo Jimenez, K. K., & Hernández Cajas, J. D., Influencia de las micorrizas arbusculares en la calidad ambiental del suelo de plantaciones de cacao, *Código Científico Revista de Investigación*, 2024, **5**, 679. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/n2/576>
- ⁹ Vivas Cedeño, J., Tacuri Troya, E., & González Dávila, R., Hongos micorrízicos arbusculares en la productividad del cultivo de plátano (*Musa AAB*), *Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo*, 2025, **6**, 230. <https://doi.org/10.56519/smy54j66>
- ¹⁰ Quiñones-Aguilar, E. E., Rincón-Enríquez, G., & López-Pérez, L., Hongos micorrízicos nativos como promotores de crecimiento en plantas de guayaba, *Terra Latinoamericana*, 2020, **38**, 541. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.646>
- ¹¹ Blanco, E. L., Álvarez, L. A., Castro, Y., & Rada, F., Native mycorrhization of onion in response to the application of bioinoculants, inorganic fertilization, and water deficit, *Agronomía Colombiana*, 2020, **42**, <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v42n3.117329>
- ¹² Escalante Correa, S., Huanca Cruz, C. G., Huaylla Cueto, A. M., & Prado Martínez, S., Mejora del crecimiento y la resistencia de sorgo (*Sorghum bicolor*) mediante la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (*Glomus spp.*). *Rev. Bio Scientia*, 2024, **7**(16).



- ¹³ Pérez-Ortega, E., Rivera-Espinosa, R. A., Saggin-Junior, O. J., & Fernández-Suárez, K., Efecto del pH en la bioprotección ejercida por cepas de hongos micorrízicos arbusculares, *Cultivos Tropicales*, 2024, **43**, 1. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193275342006>
- ¹⁴ Wang, H., & Chen, Y., Protecting plants from pathogens through arbuscular mycorrhiza: Role of fungal diversity. *Microbiological Research*, 2024, **289**, 127919. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2024.127919>
- ¹⁵ Sierra Ramírez, L. A., Fuentes Ponce, M. H., Moreno Espíndola, I. P., & Ramírez León, A. A. (2024). *Guía práctica para el aislamiento y cuantificación de micorrizas vesículo-arbusculares*. Universidad Autónoma Metropolitana. ISBN: 978-607-28-3317-3
- ¹⁶ Lanfranco, L., & Bonfante, P., Lessons from arbuscular mycorrhizal fungal genomes, *Current Opinion in Microbiology*, 2024, **75**, 102357. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2023.102357>