

ANA LUZ GÓMEZ GARCÍA, SANTOS CARBALLAR HERNÁNDEZ E
ISAAC ZEPEDA JAZO.

Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo

PLANTAS Y MICORRIZAS, EQUIPO CONTRA EL ESTRÉS SALINO



ALIANZAS NATURALES

La simbiosis que fortalece a las plantas



ESTRÉS SALINO

Un desafío creciente para la agricultura



SOLUCIONES SOSTENIBLES

Micorrizas: pequeñas aliadas, gran impacto

Imagen ilustrativa / Creada con Inteligencia Artificial. ChatGPT, OpenAI, 2026.

Resumen





Las plantas, al igual que los humanos, enfrentan condiciones ambientales adversas que afectan su desarrollo y supervivencia, sin embargo, a diferencia de nosotros, están irremediamente arraigadas a ese sitio que las estresa. Uno de los problemas más comunes para las plantas en la agricultura es el estrés salino, que ocurre cuando se acumulan sales en la zona de interacción entre las raíces y el suelo, también llamada rizosfera. Este fenómeno afecta el crecimiento de los cultivos y pone en riesgo la producción de alimentos. En este artículo se explica qué es el estrés salino, por qué es importante entenderlo y cómo los hongos micorrízicos arbusculares, pueden ayudar a las plantas a enfrentar este problema de forma natural.

¿Qué es el estrés salino?

Es una condición que ocurre cuando hay demasiada sal en el suelo o el agua, lo que dificulta que las plantas absorban agua y nutrientes.

Como resultado, pueden crecer menos, presentar hojas amarillas o marchitarse.

Palabras clave:

-  Interacción
-  Nutrición
-  Simbiosis
-  Sustentabilidad

Introducción

El estrés en las plantas es más común de lo que parece. Cuando hablamos de estrés, suele pensarse en personas con muchas responsabilidades o problemas. Sin embargo, las plantas también pueden sufrir estrés cuando las condiciones del entorno dificultan su desarrollo. Existen dos grandes tipos de causas que generan estrés en las plantas, factores bióticos, causados por otros organismos, como insectos, bacterias u hongos que provocan enfermedades y factores abióticos, que no se relacionan con seres vivos, sino con causas ambientales difíciles de controlar, como temperaturas extremas, sequías, exceso de lluvias, metales pesados y altas concentraciones de sales en el suelo (Nie et al., 2024; Rabiae et al., 2025), esta última constituye uno de los escenarios más limitantes para la producción agrícola actual.

La agricultura es una actividad esencial para la alimentación humana, todos los días consumimos alimentos que provienen del campo. Muchos cultivos se enfrentan a condiciones como la salinidad, la cual limita su crecimiento y productividad. Esto se traduce en pérdidas económicas y repercusiones negativas en la seguridad alimentaria (Wang et al., 2024; Senthil-Kumar, 2026).

El estrés salino ocurre cuando se acumulan demasiadas sales en la rizosfera. Esto puede suceder de forma natural, especialmente en zonas secas o con pocas lluvias, donde las sales no se eliminan fácilmente, por la naturaleza del suelo o incluso debido a la intervención humana, como el uso de agua de riego con alto contenido de sales o el uso excesivo de fertilizantes químicos (Banerjee et al., 2025). La salinidad afecta a las plantas de varias maneras.

En primer lugar, las raíces tienen dificultades para absorber agua, incluso cuando el suelo parece húmedo. Esto provoca que la planta comience a deshidratarse (Albaladejo-Marico, 2026). Además de dificultar la absorción de agua y alterar el equilibrio de nutrientes esenciales, el estrés salino provoca un problema interno menos visible pero muy importante: el estrés oxidativo (Hasanuzzaman et al., 2021). Cuando una planta está bajo estrés, sus células comienzan a producir en exceso moléculas altamente reactivas llamadas especies reactivas de oxígeno (ROS) (Marqués-Gálvez et al., 2025). En pequeñas cantidades, estas moléculas participan en procesos normales de la célula, pero cuando se acumulan dañan proteínas, lípidos y ADN, afectando el funcionamiento celular (Derbali et al., 2026).

Una planta que crece en un suelo salino puede compararse con una persona en el desierto, tiene sed, está cansada y le cuesta seguir adelante, si bien para la persona existen muchas alternativas, para las plantas como organismos sésiles (ancladas al lugar donde se desarrollan) no se tienen muchas opciones.

Existen varias estrategias para que los agricultores puedan reducir los efectos de la salinidad. Algunas prácticas tradicionales incluyen el arado del suelo, el lavado de sales mediante riego o el uso de enmiendas químicas (Yanez, 2025). Sin embargo, estas técnicas no siempre son sostenibles, rápidas, ni amigables con el ambiente.



Otra alternativa es la modificación genética para obtener plantas tolerantes a la sal, aunque es una herramienta interesante, suele ser costosa, lenta y no siempre exitosa (Kukreja et al., 2025). Por esta razón, en los últimos años ha cobrado importancia una solución más natural, el uso de microorganismos benéficos.

Cuando se habla de bacterias y hongos, inmediatamente pensamos en enfermedades. Sin embargo, no todos los microorganismos son dañinos. En el suelo existen bacterias y hongos que ayudan a las plantas a crecer y a enfrentar condiciones difíciles (Iqbal et al., 2026). Algunas bacterias promotoras del crecimiento vegetal como las del género *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Burkholderia*, *Azotobacter* y *Azospirillum* (Maciel-Rodríguez et al., 2025); pueden fijar nitrógeno y mejorar la nutrición de las plantas (Ho et al., 2026). Otros organismos de gran relevancia son los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), los cuales establecen asociaciones funcionales con las plantas y favorecen su respuesta frente al estrés (Chaudhary et al., 2025). En este escenario, los HMA funcionan como un apoyo extra.

Los HMA viven asociados a las raíces de las plantas y forman una relación llamada micorriza. La palabra micorriza proviene del griego *mycos* (hongo) y *rhiza* (raíz).

Fue acuñada en 1885 por el botánico alemán Albert Bernard Frank para describir la simbiosis, o asociación mutualista, entre los hongos del suelo y las raíces de las plantas, donde ambos se benefician mutuamente (Putzke et al., 2026). La planta proporciona al hongo azúcares producidos durante la fotosíntesis y el hongo ayuda a la planta a absorber agua y minerales del suelo (Nie et al., 2024).

Estos hongos benefician a las plantas de varias maneras: mejoran la absorción de agua, reducen la entrada excesiva de sales y activan mecanismos de defensa (Nie et al., 2024). En conjunto, estos efectos fortalecen las raíces, favorecen el crecimiento, aumentan la tolerancia a condiciones adversas y gracias a esta relación, muchas plantas pueden sobrevivir y mantener la producción en circunstancias donde otras no lo lograrían (Choi et al., 2018).

Los HMA no solo apoyan a los cultivos en la absorción de agua y nutrientes, también contribuyen a reducir el estrés oxidativo mediante la activación de sistemas de defensa antioxidantes como superóxido dismutasa, catalasa o peroxidasas que le permiten a la planta neutralizar el exceso de ROS antes de que causen daño (Nie et al., 2024).

Dentro de las raíces, estos hongos forman micelio intraradicular y unas estructuras llamadas arbuscúlos (**Figura 1**), cuyo nombre alude a su forma ramificada, semejante a pequeños arbustos, que facilitan el transporte y el intercambio de nutrientes.

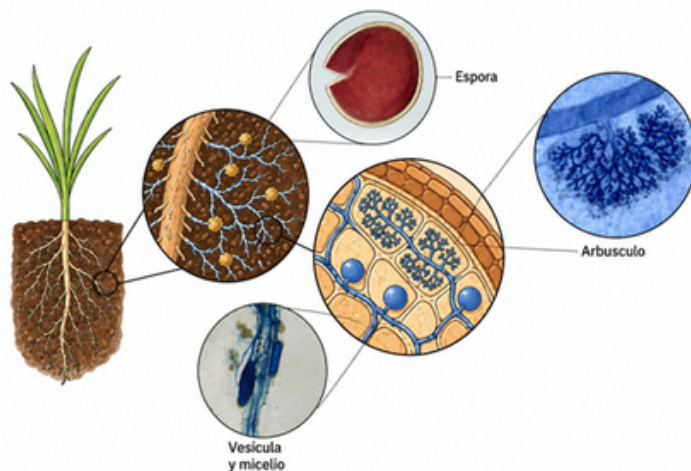


Figura 1. Representación esquemática de la asociación micorrízica arbuscular en raíces de plantas. Se observa la colonización del sistema radical por hongos micorrízicos arbusculares (HMA), formación de esporas, y estructuras intracelulares como arbuscúlos y vesículas dentro de las células de la raíz. Imagen ilustrativa / Creada con Inteligencia Artificial a partir de fotos de microscopía. ChatGPT, OpenAI, 2026.

Mientras que fuera de las raíces, en el suelo, los HMA producen un micelio explorador que actúa como una extensión del sistema radical que colabora en la búsqueda y absorción de nutrientes y agua (Dar et al., 2023). Es como si usaras una escoba para que te ayude a jalar tu zapato bajo la cama (¿algo bastante estresante, no creen?), para la planta el zapato serían los nutrientes y el agua que necesita, que por sí sola no logra absorber (**Figura 2**).



Figura 2. Representación esquemática de la simbiosis micorrízica arbuscular. A la izquierda, se muestra la formación de micelio y arbuscúlos en la raíz. A la derecha, se ilustra de forma simplificada y analógica el papel del hongo en la exploración del suelo y la captación de recursos. Imagen ilustrativa / Creada con Inteligencia Artificial. ChatGPT, OpenAI, 2026.



La asociación entre una planta y un hongo micorrízico no ocurre al azar. No cualquier hongo puede asociarse con cualquier raíz, ya que esta interacción depende de la compatibilidad entre ambos organismos.

Cuando una planta crece en condiciones adversas, como un suelo salino o pobre en nutrientes, comienza a enviar señales químicas al suelo (Dar et al., 2023) una especie de “llamada de auxilio” y son percibidas por los hongos micorrízicos compatibles, que responden creciendo hacia la raíz.

Una vez que el hongo llega a la raíz, ambos negocian la relación. La planta permite la entrada del hongo a sus tejidos y el hongo forma sus estructuras especializadas, donde ocurre el intercambio de nutrientes.

Las relaciones micorrízicas construyen asociaciones simbióticas entre hongos con aproximadamente el 80 % de las plantas terrestres.

La mayoría de las plantas agrícolas pueden formar micorrizas arbusculares. Esto incluye cereales como el maíz, leguminosas como el frijol, hortalizas como el jitomate y árboles frutales (Brundrett y Tedersoo, 2018). Además, muchas especies de estos hongos se encuentran de forma natural en los suelos lo cual representa una ventaja para los sistemas agrícolas al permitir el aprovechamiento de recursos biológicos presentes de forma natural en el suelo (Carballar-Hernández et al., 2018; Villagómez-González et al., 2024). Sin embargo, su efectividad también depende de factores como la especie vegetal, el tipo de suelo, las condiciones ambientales y la cepa (tipo) de HMA (Putzke et al., 2026).

Por ello, la investigación científica es fundamental para identificar qué combinaciones funcionan mejor en cada sistema agrícola. A continuación, se describen algunos ejemplos de estudios recientes de asociaciones entre plantas y HMA en la mejora al estrés (**Tabla 1**).

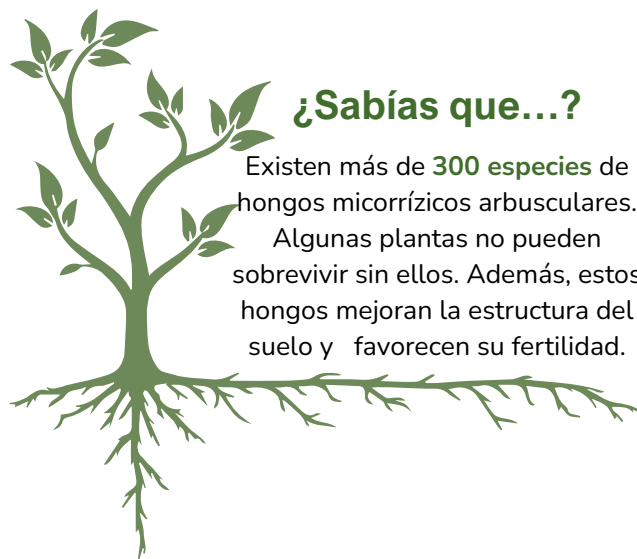
Tabla 1. Asociación simbiótica entre HMA y cultivos en respuesta a estrés.

Especie de HMA	Cultivo	Problema que enfrenta	¿Qué se observó?	Referencia
<i>Funneliformis mosseae</i>	Tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L.	Estrés salino	Regulación de la señalización, mejora de la homeostasis iónica y aumentó la expresión de genes de desintoxicación de ROS (catalasas y ascorbato peroxidadas).	Marqués-Gálvez et al., 2025
Género: <i>Glomus</i> <i>G. aggregatum</i> <i>G. fasciculatum</i> <i>G. intraradices</i> <i>G. mosseae</i> <i>G. verruculosum</i>	Ricino / Higuierilla <i>Ricinus communis</i> L.	Estrés salino	Aumento significativo en la absorción de nutrientes y reducción en la acumulación de sodio (Na ⁺).	Founoune-Mbouop et al., 2025
<i>Funneliformis mosseae</i> <i>Rhizophagus irregularis</i>	Frijol común <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Estrés por sequía	Aumento en las concentraciones de potasio y mantenimiento de la absorción de nutrientes.	Panahi-Moghaddam et al., 2026
<i>Funneliformis mosseae</i>	Trigo duro <i>Triticum durum</i> Desf.	Estrés salino	Aumento de los niveles de fósforo en la raíz y mejora estructural de la arquitectura del sistema radicular.	Zavarshani et al., 2026

Conclusión

Aunque no se ven a simple vista, los hongos micorrízicos arbusculares forman una de las alianzas más antiguas y exitosas de la naturaleza. Frente al problema de la salinidad del suelo, estos microorganismos representan una alternativa sustentable basada en procesos naturales.

Comprender su papel permite avanzar hacia una agricultura más equilibrada, flexible y respetuosa con el ambiente, donde la ciencia se conecta directamente con la vida cotidiana.



¿Sabías que...?

Existen más de **300 especies** de hongos micorrízicos arbusculares.

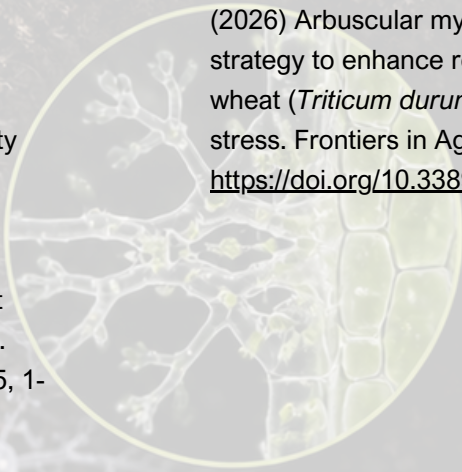
Algunas plantas no pueden sobrevivir sin ellos. Además, estos hongos mejoran la estructura del suelo y favorecen su fertilidad.

Referencias

- Albaladejo-Marico L., Belchi-Navarro J., Carvajal M. y Yepes-Molina L. (2026). Brassica metabolite priming boosts growth and ion-water homeostasis under salt stress in broccoli, *Journal of Plant Physiology*, 319, 154747. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2026.154747>
- Banerjee K., Krishnan P., Kumar A., Barman A., Roy D., Sen S. y Yadav B. (2025). Characterizing and screening of wheat genotypes under salinity stress condition using thermography and multivariate techniques. *Scientific Reports*, 15, 39220. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-19428-2>
- Brundrett M. y Tedersoo L. (2018). Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. *New Phytologist*, 220(4), 1108-1115. <https://doi.org/10.1111/nph.14976>
- Carballar-Hernández S., Hernández-Cuevas V., Montaña M., Ferrera-Cerrato R. y Alarcón, A. (2018). Species composition of native arbuscular mycorrhizal fungal consortia influences growth and nutrition of poblano pepper plants (*Capsicum annuum* L.). *Applied Soil Ecology*, 130, 50-58. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.05.022>
- Chaudhary A., Poudyal S. y Kaundal A. (2025). Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Maintaining Sustainable Agroecosystems. *Applied Microbiology*, 5(1) 6.
- Choi J., Summers W., y Paszkowski U. (2018). Mechanisms Underlying Establishment of Arbuscular Mycorrhizal Symbioses. *Annual Review Phytopathology*, 56, 135-160. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080516-035521>
- Dar M., Razvi S., Singh N., Mushtaq A., Dar S. y Hussain S. (2023). Arbuscular mycorrhizal fungi for salinity stress: Anti-stress role and mechanisms, *Pedosphere*. *Journal Science of Food Agriculture*, 33(1), 212-224. <https://doi.org/10.1016/j.pedsph.2022.06.027>
- Derbali I., Derbali W., Quiroga S., Gharred J., Manaa A., Schnell S., Slama I. y Koyro H. (2026). Plant growth-promoting rhizobacteria improve growth, photosynthetic efficiency and antioxidant response of quinoa plants under hyperosmotic salinity. *Journal Science of Food Agriculture*. <https://doi.org/10.1002/jsfa.70636>
- Founoune-Mbouop H., Diallo B., Fofana A. y Ndiaye A. (2025). Arbuscular mycorrhizal fungi enhance nutrient uptake and ionic balance in *Ricinus communis* under saline stress. *African Journal of Microbiology Research*, 19(9), 206-215. <https://doi.org/10.5897/AJMR2025.9809> <https://journal-backups.lon1.digitaloceanspaces.com/uploads/main/article/40d11aa73769.pdf>

- Hasanuzzaman M., Raihan H., Masud C., Rahman K., Nowroz F., Rahman M., Nahar K. y Fujita M. (2021). Regulation of reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under salinity. *International Journal Molecular Science*, 28(22), 9326. <https://doi.org/10.3390/ijms22179326>
- Nie W., He Q., Guo H., Zhan, W., Ma L., Li J. y Wen D. (2024). Arbuscular Mycorrhizal Fungi: Boosting Crop Resilience to Environmental Stresses. *Microorganisms*, 12(12), 2448. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12122448>
- Panahi-Moghaddamn., Heidari P., Asghari H. y Abdullah (2026). The role of arbuscular mycorrhizal symbiosis in maintaining potassium uptake in bean under drought and ABA stress. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-026-48871-y>
- Peng Z., Xing Y., Ma Y., Jia Y., Yang H. y Zhang F. (2025). Arbuscular mycorrhizal fungi enhance soybean phosphorus uptake and soil fertility under saline-alkaline stress. *Scientific Reports*. 15, 31792. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-15910-z>
- Putzke J. (2026). Introductory Chapter: Why To Study Mycorrhiza. In *Mycorrhiza - Research, Practical Application and Future Prospects*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1013699>
- Rabiae M., Abdelglil M. y Abdel-Haleem M. (2025). Leveraging Endophytic Fungi for Enhancing Plant Resilience to Abiotic Stresses. *Journal of Crop Health*, 77, 141 <https://doi.org/10.1007/s10343-025-01204-x>
- Saad D. y Abed A. (2025). Impact of isolated identified *Rhizophagus irregularis* plus PGPR on grown Radish (*Raphanus sativus* L.) under salinity stress. *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 38(2), 467-479. <https://doi.org/10.37077/25200860.2025.38.2.35>
- Senthil-Kumar M. (2026). Towards climate-smart crops: advances in plant stress biology research. *Jornual Plant Biochemical and Biotechnology*, 35, 1-4 <https://doi.org/10.1007/s13562-026-01060-4>
- Suliman K., Al-Rohily, K., Mohamed G., Al-Dhumri S. y Mahmud, A. (2026). Enhancing Salt Stress Tolerance in *Sorghum bicolor*, *Sesbania sesban*, and *Cassia tora* Through Arbuscular Mycorrhizal Fungal Symbiosis. Preprints. <https://doi.org/10.20944/preprints202604.1212.v1>
- Villagómez-González B., Robles C. y Carballar-Hernández S. (2024). Richness and community structure of arbuscular mycorrhizal fungi associated with quelites in the Sierra Sur region of Oaxaca, Mexico. *Biodiversitas*, 25(4), 1570-1579. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d250425>
- Wang Q., Liu M, Wang Z., Li J., Liu K. y Huang D. (2024) The role of arbuscular mycorrhizal symbiosis in plant abiotic stress. *Frontiers in Microbiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1323881>
- Yanez-Rivas F. (2025). Uso de enmiendas para reducir la salinidad en suelos agrícolas y su impacto en los cultivos del cantón Milagro (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB). <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/18267/E-UTB-FACIAG-AGRON-000224.pdf?sequence=1>
- Yilmaz A., Yildirim E., Yilmaz H., Soydemir, H., Güler E., Ciftci V. y Yaman M. (2023). Use of Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Boosting Antioxidant Enzyme Metabolism and Mitigating Saline Stress in Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Sustainability*, 15(7), 5982. <https://doi.org/10.3390/su15075982>
- Zavarshani N, Taghvaei M, Zarei M. y Dedicova B. (2026) Arbuscular mycorrhizal fungi as a promising strategy to enhance root architecture in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars under salinity stress. *Frontiers in Agronomy*, 8. <https://doi.org/10.3389/fagro.2026.1737831>

PLANTAS Y MICORRIZAS EN EL ESTRÉS SALINO



ESTRÉS SALINO
Un desafío creciente para la agricultura



SOLUCIONES SOSTENIBLES
Micorrizas: pequeñas aliadas, gran impacto