

Hongos micorrícicos arbusculares: una alternativa ecológica para incrementar la productividad de especies silvopastoriles

Elizabeth Herrera-Parra¹, José Alberto Ramos-Zapata², Carolina Pool-Basto¹,
Luis Castillo-Sánchez³, Nery Ruz-Febles³, María Campos-Navarrete³,
Armín Luna-Mendicuti³, Jorge Canul-Solis^{3*}

Introducción

Los sistemas silvopastoriles (SSPs) están integrados por especies de plantas arbustivas, arbóreas y gramíneas, conocidas como especies silvopastoriles, que son consideradas como fuente de alimento en la ganadería. La importancia de los SSPs radica en su disponibilidad y diversidad de forraje aprovechado en la alimentación animal y por mantener una cobertura vegetal continua en el suelo. También, los SSPs son importantes por hacer más fértil el suelo a mediano plazo y por disminuir la erosión (Villanueva-Partida et al. 2019) en comparación con los sistemas típicos de producción donde se establecen monocultivos.

Las especies arbóreas y arbustivas usadas en el sureste de México para establecer SSPs son *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Moringa oleífera*, *Enterolobium cyclocarpum* y *Tithonia diversifolia* entre otras. En estos SSPs, se ha incluido *Cynodon nlemfuensis*, *Cynodon plectostachyus*, *Brachiaria brizantha* y *Megathyrsus maximum* en el estrato herbáceo de gramíneas a (Mujica-Pérez et al. 2017, Alvarado-Canché et al. 2022) (Figura 1). Éstas, como la mayoría de las plantas, establecen asociaciones con microorganismos del suelo que pueden favorecer su establecimiento y producción (Mujica-Pérez et al. 2017, Ojeda et al. 2018). Entre estos microorganismos se encuentran los hongos micorrícicos arbusculares (HMAs), y los beneficios que éstos confieren a las especies silvopastoriles se encuentran la reducción del tiempo de crecimiento en etapa de vivero, mayor sobrevivencia y adaptación cuando son trasplantadas a los sistemas definitivos para su producción (Pentón et al. 2011), incremento de la producción de biomasa y contenido

nutricional (Ojeda et al. 2018), rebrote continuo y recuperación rápida después de la defoliación hecha por los animales (Ahn-Heum et al. 2001), tolerancia a condiciones de estrés y una mejora en la capacidad fotosintética (Nava et al. 2012).



Figura 1. Especies arbóreas y arbustivas cultivadas e inoculadas con HMAs nativos en el sureste de México. a) *Enterolobium cyclocarpum* b) y c) *Mucuna pruriens* y d) *Moringa oleífera*.

Los HMAs modulan la estabilización de suelos, intervienen en la diversificación, conservación, restauración de ecosistemas y favorecen la translocación de nutrimentos como fósforo, cobre, potasio, amonio y zinc (Nouri et al. 2014). En el sureste del México, los estudios sobre esta temática son escasos y solo se reporta la promoción de crecimiento por HMAs nativos en la producción de plántulas de especies forrajeras tropicales (Marrufo-Pool 2021) (Figura 2). El objetivo de este trabajo es realizar una revisión del efecto de los HMAs, usados en especies silvopastoriles en el sureste de México, y mostrar el potencial de su implementación en los SSPs.

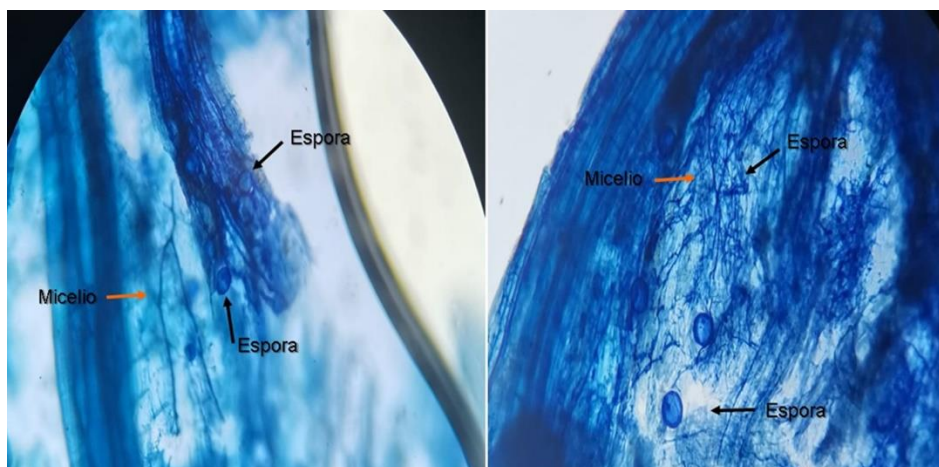


Figura 2. Estructuras de HMAs (micelio y espora) en raíces de *Moringa oleifera*.

Hongos micorrízicos arbusculares: translocación de nutrimentos y sus efectos en especies silvopastoriles

Entre las especies que se establecen en los SPPs, como gramíneas, se reportan varias respuestas del estatus nutricional con la incorporación de inóculos micorrízicos. Se sabe que el principal nutrimento que translocan los HMAs es el P, aunque también intervienen cobre (Cu), potasio (K), nitrógeno (N) y zinc (Zn) (Nouri et al. 2014). En contraste, Mujica-Pérez y Molina-Delgado (2017) señalan que la inoculación de *Rhizoglyphus intraradices* en *Penisetum purpureum* no incrementó las concentraciones de P y K foliar, sólo el contenido de N (221.6 g kg^{-1}) en comparación con el control. Ojeda et al. (2018) obtuvieron con *P. purpureum*, en cv. Taiwán morado, que *R. intraradices* favoreció el mayor contenido de proteína bruta (5.87%) con efectos estadísticamente iguales al tratamiento de fertilización (5.50%).

El tipo de suelo, pH y la especie cultivada pueden mostrar variación en el establecimiento de la asociación micorrízica (planta-HMAs), favoreciendo o disminuyendo la translocación de nutrimentos y el crecimiento de las especies silvopastoriles. Al respecto, Siqueira et al. (1990) señalan que la inoculación de HMAs *Glomus etunicatum*, *G. margarita*, *Acaulospora morrowae* mejoró el crecimiento y translocación de P de *Brachiaria decumbens* cuando el suelo presentó niveles bajos y altos de pH, y no a un nivel intermedio de pH (5.5). Por el contrario, Rheinheimer y Kaminski (1994) obtuvieron que la inoculación de HMAs

en *Paspalum notatum* establecido en suelo ultisol, incrementó el crecimiento y acumulación de P con pH medianamente ácido (5.0 a 5.5).

En un experimento controlado, Kanno et al. (2006) inocularon un consorcio de HMAs (*Gigaspora* spp., *Scutellospora* spp., *Glomus* spp., *Acaulospora* spp. y *Entrophospora* spp.) en *B. brizantha* cv. Morando, *B. decumbens* cv. Basilisk, *B. humidicola* cv. Humidicola, *Panicum maximum* cv. Tanzania, cultivados en suelo con tres niveles de pH (4.2, 4.5 y 5.1) y observaron que las concentraciones en suelo de P, K, Mg y Al disminuyeron con el aumento del pH del suelo. También, los HMAs favorecieron el crecimiento de las raíces y el contenido de P de todas las especies de gramíneas en todos los niveles de pH en comparación con los tratamientos no inoculados. Asimismo, se sabe que el efecto del pH del suelo interfiere en la solubilidad y disponibilidad de elementos para las raíces de las plantas, pero los HMAs pueden tolerar condiciones adversas de pH y modificar la rizosfera lo que puede favorecer la translocación de nutrimentos (Restrepo-Giraldo et al. 2019).

En especies arbóreas, Molina et al. (2005) señalan que los HMAs disminuyen el tiempo de establecimiento en los SSPs, reducen la aplicación de fertilizantes, pesticidas y riegos, y permiten obtener sistemas silvopastoriles funcionales en menor tiempo para la alimentación de animales. También, presentan distinta eficiencia para translocar nutrimentos que se reflejan en mayores contenidos de estos en follaje. Hernández-Martínez et al. (2006) encontraron que al inocular a *Acacia farnesiana* y *Prosopis glandulosa* con *G. intraradices*, *Glomus* spp (Zac-19), *Gigaspora rosea* en suelos tepetate, los contenidos de P en follaje fueron de 0.15 y 0.23%, pero cuando se establecieron en suelo agrícola el contenido de P fue de 0.11 y 0.15%, respectivamente, y solo en suelo tepetate presentaron la misma cantidad de P (0.40%) en follaje. Esto demuestra que el tipo de suelo y el contenido de los nutrientes influyen en la eficiencia de la simbiosis micorrícica y en los contenidos de nutrientes en follaje.

Lok y Suárez (2014) reportaron que la aplicación del biofertilizante EcoMic, a base de HMAs, en combinación con estiércol vacuno (25 t ha⁻¹), en *Moringa oleifera* altamente demandante de N y P, incrementó los contenidos de nutrientes P (136.56 ppm), Ca (1.89%), Mg (0.385) en el suelo. Estos nutrientes fueron solubilizados por los HMAs, lo que incrementó la producción de biomasa (6.61t MS ha⁻¹) sin provocar la disminución del contenido de nutrientes en el suelo. Por su parte, Ojeda et al. (2015) inocularon un producto

a base de HMAs conocido como MicoFert, en *Leucaena leucocephala* cv. Perú y encontraron que el contenido de P en hojas fue significativamente mayor en las plantas inoculadas con respecto al control. Esto se asoció a contenidos bajos (1.94 mg) de P_2O_5 en el suelo, que permitió mayor eficiencia del inóculo evaluado. Estos escenarios sugieren que la interacción HMAs-planta es afectada según el hospedero, y la variedad y propiedades fisicoquímicas del suelo que, en conjunto, pueden inducir una presión de selección. Dicha presión, que favorece ciertas combinaciones específicas de HMAs y hospederos, puede beneficiar o reducir la translocación de nutrientes y el crecimiento de gramíneas. Este proceso puede favorecer el éxito en diferente medida del establecimiento de los SSPs para su producción.

Conclusión

El uso de HMAs para promover el crecimiento, o mejorar la calidad nutricional, de la biomasa de especies silvopastoriles es un tema poco estudiado en los SSPs. Los estudios señalan que los HMAs pueden ser una opción favorable que permita el establecimiento temprano y producción de biomasa de especies silvopastoriles que se cultivan en la región sureste de México.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo experimental Mocochoá.

²Departamento de Ecología Tropical. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Universidad Autónoma de Yucatán.

³Tecnológico Nacional de México/Campus Tizimín, Yucatán. Autor para correspondencia: *jorge.canul@ittizimin.edu.mx

Herrera-Parra E, Ramos-Zapata JA, Pool-Basto C, Castillo-Sánchez L, Ruz-Febles N, Campos-Navarrete M, Luna-Mendicuti A, Canul-Solis J. 2022. Hongos micorrícicos arbusculares: una alternativa ecológica para incrementar la productividad de especies silvopastoriles. *Bioagrociencias* 15(1):85-91.

Referencias

Ahn-Heum E, Gail W y Hartnett D. 2001. Effect of ungulate grazer on arbuscular mycorrhizal symbioses and fungal community structure in tall grass prairie. *Revista Micología* 93: 233-242.

- Alvarado-Canché A, Canul-Solis J, Castillo-Sánchez LE, Campos-Navarrete MJ, López-Coba EH, Luna-Mendicuti AA, Ruz-Febles N, Alayón-Gamboa J, Casanova-Lugo F, Piero-Vázquez AT y Chay-Canul A. 2022. Producción y calidad forrajera de *Cynodon plectostachyus* bajo sistema silvopastoril con *Leucaena leucocephala*. Tropical and Subtropical Agroecosystems 25: 1-9.
- Hernández-Martínez M, Cetina-Alcalá VM y Cervantes-Martínez CT. 2006. Inoculación de micorrizas y sus efectos en el crecimiento de dos leguminosas arbóreas. Terra Latinoamericana 24(1): 65-73.
- Kanno T, Saito M, Ando Y, Macedo MVM, Takamura T y Miranda CHB. 2006. Importance of indigenous arbuscular mycorrhiza for growth and phosphorus uptake in tropical forage grasses growing on an acid, infertile soil from Brazilian savannas. Tropical Grasslands 40: 94-101.
- Lok S y Suárez Y. 2014. Efecto de la aplicación de fertilizantes en la producción de biomasa de *Moringa oleífera* y en algunos indicadores del suelo durante el establecimiento. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas 48(4): 399-403.
- Marrufo-Pool A, 2021. Efecto de consorcios nativos de hongos micorrízicos arbusculares en el crecimiento inicial de especies forrajeras tropicales. Tesis en Ingeniería en agronomía. Instituto Tecnológico de Tizimín. Pp. 25-35.
- Molina M, Mahecha L y Medina M. 2005. Importancia del manejo de hongos micorrizógenos en el establecimiento de árboles en sistemas silvopastoriles. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 18(2): 162-175.
- Mujica-Pérez Y y Molina-Delgado L. 2017. Influencia de hongos micorrízicos arbusculares (*Rhizoglyphus intraradices*) y un estimulador del crecimiento vegetal en *Pennisetum purpureum* Sc. Cv. Cuba CT 115. Cultivos Tropicales 30(1): 131-137.
- Nava G, Ferrera CR y Santamaría MJ. 2012. *Glomus intraradices* attenuates the negative effect of low Pi supply on photosynthesis and growth of papaya Maradol plants. Journal of Botany 1: 1-8.
- Nouri E, Breuillin SF, Feller U y Reinhardt D. 2014. Phosphorus and nitrogen regulate arbuscular mycorrhizal symbiosis in *Petunia hybrida*. Plos One 10: e0127472.
- Ojeda L, Furrázola E and Hernández C. 2015. Response of *Leucaena leucocephala* cv. Peru to the application of different doses of agricultural MicoFert. Pastos y Forrajes 38(3): 234-238.
- Ojeda L, Rodríguez-González Y, Frómeta C y Portero JJ. 2018. Efecto de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares y humus de lombriz en el establecimiento de un banco forrajero de *Pennisetum purpureum* cv. Taiwán morado. Agroecosistemas 6(2): 85-91.
- Pentón G, Reynaldo I, Martín GI, Rivera R y Oropesa K. 2011. Uso del EcoMic y el producto bioactivo Pectimorf en el establecimiento de dos especies forrajeras. Pastos y Forrajes 34(3): 281-294.
- Restrepo-Giraldo KJ, Montoya-Correa MI, Henao-Jaramillo P, Gutiérrez LA y Molina-Guzmán LP. 2019. Caracterización de hongos micorrízicos arbusculares de suelos ganaderos del trópico alto y trópico bajo en Antioquia, Colombia. IDESIA 37(1): 35-44.
- Rheinheimer DS y Kaminski J. 1994. Response of *Pennisetum purpureum* grass to phosphate addition and to mycorrhizae inoculation in different soil pH values. Revista Brasileira Ciencia do Solo 18: 201-205.

- Siqueira JO, Rocha WF, Oliveira E y Colozzi-Filho A. 1990. The relationship between vesicular- arbuscular mycorrhiza and lime: Associated effects on the growth and nutrition of brachiaria grass (*Brachiaria decumbens*). *Biology and Fertility of Soils* 10: 65-71.
- Villanueva-Partida CR, Díaz-Echeverría V, Chay-Canul AJ, Ramírez-Avilés L, Casanova-Lugo F y Oros-Ortega I. 2019. Comportamiento productivo e ingestivo de ovinos en crecimiento silvopastoriles y de engorda en confinamiento. *Revista Mexicana de Ciencias pecuarias* 10(4): 870-884.