

Micorrizas arbusculares en zarzamora bajo manejo convencional y propagación con diferentes hospedantes

Diana Cervantes-Almonte¹

María Guadalupe Soto-Ochoa^{1,5}

Oscar Gumersindo Vázquez-Cuecuecha²

1 Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable-Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro. Av. Tecnológico núm. 201, Zona El Gigante, Tacámbaro, Michoacán, México. CP. 61650.

2 Centro de Investigación en Genética y Ambiente-Universidad Autónoma de Tlaxcala. Autopista San Martín-Tlaxcala km 10.5, San Felipe Ixtacuixtla, Tlaxcala, México. CP. 90120.

Autora para correspondencia: maria.so@tacambaro.tecnm.mx.

Resumen

Tacámbaro es uno de los municipios de mayor importancia agrícola en el estado de Michoacán, destaca por su producción de aguacate y zarzamora; sin embargo, los métodos de agricultura convencional usados tienen un gran impacto en el ambiente y en la salud humana, mostrando la importancia de valorar prácticas de agricultura sostenible, que también permitan solventar la demanda de dichos productos en el extranjero bajo producción orgánica. Una alternativa es el uso de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) obtenidos de cultivos establecidos en regiones donde serán aplicados, para que éstos cuenten con mayor adaptación a las condiciones edafoclimáticas. Por lo anterior y debido a que no se cuenta con información de la simbiosis para el cultivo de zarzamora, los objetivos planteados fueron, evaluar la colonización por HMA en plantas de zarzamora e identificar hospedantes apropiados para su propagación. Se identificaron estructuras micorrízicas en raíces de zarzamora y se cuantificó el número de esporas en muestras de suelo rizosférico de dos sitios de la región. Para la propagación se usaron plantas de lechuga, trigo y frijol, inoculadas con rizosfera y raíces de zarzamora. En el sitio La Magdalena presentó mayor colonización (100% hifas, 35% vesículas y 7.6 esporas 50 g de rizosfera). La mayor colonización como planta trampa fue en la lechuga (63.33% hifas y 48.33% vesículas). La colonización natural en raíces de zarzamora muestra que la simbiosis se establece a pesar de las prácticas agronómicas y dicho cultivo es una importante fuente de inóculo, que puede ser propagado en plantas de lechuga.

Palabras clave:

HMA nativos, lechuga, plantas trampa, *Rubus fruticosus* var. Tupi.



Introducción

Como consecuencia de respuesta a la demanda de producción y consumismo, la actividad agrícola ha afectado el ambiente por el uso excesivo de agroquímicos, surgiendo también la necesidad de crear alternativas que generen menor impacto (Cortés-Hernández *et al.*, 2023), por lo que, en la mayoría de los países desarrollados y en desarrollo su producción, consumo e importación preferentemente es de productos orgánicos, y en el caso de los países en desarrollo la producción bajo agricultura orgánica se realiza sólo con el fin de exportar, como es el caso de México con presencia cada vez mayor en la producción y comercialización de alimentos orgánicos en el mundo (Kuila y Ghosh, 2022; Ortega *et al.*, 2022).

Michoacán aporta un 70% de la producción orgánica a nivel nacional, siendo el aguacate su principal producto, seguido por la zarzamora, dicha producción se obtiene principalmente en el municipio de Tacámbaro (Ortega *et al.*, 2022; FIRA, 2024; Ruvalcaba-Cázares *et al.*, 2024). La presencia de México y su mantenimiento en el mercado mundial podría permitir una transición hacia una producción sostenible y aumentar los sistemas de producción basados en productos orgánicos o biológicos (Reyes-Gómez *et al.*, 2023).

Por lo que el uso de microorganismos como es el caso de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) sería una biotecnología importante de aplicación, éstos permiten mejorar el vigor y rendimiento de las plantas, aumentando la absorción de agua, nitrógeno, fósforo y otros nutrientes poco móviles; aumentan la tolerancia a estrés por salinidad del suelo; protegen contra patógenos y mejoran la calidad del suelo (Kuila y Ghosh, 2022). Sin embargo, el uso de inoculantes en cualquier tipo de suelo y cultivo puede no presentar buenos resultados, lo cual podría ser causado por contener microorganismos que no están adaptados a las condiciones del suelo y clima en los que son establecidos, por lo que, se sugiere que los inóculos sean seleccionados en el ambiente en que serán aplicados (Kuila y Ghosh, 2022; Salomon *et al.*, 2022).

Para el estado de Michoacán se han reportado información de especies de HMA de algunos sitios de la región aguacatera (González-Cortés *et al.*, 2012; Carreón-Abud *et al.*, 2016); sin embargo, no se cuenta con información para todas las regiones y cultivos de importancia agrícola que pueda ser base para la obtención de inóculos nativos, por lo que, los objetivos del presente trabajo fueron evaluar la colonización por HMA en plantas de zarzamora e identificar una especie hospedera apta para la propagación de estos hongos en la región de Tacámbaro Michoacán.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en Tacámbaro, Michoacán, con un clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano, lluvia invernal <5%, humedad intermedia y tipo de suelo Acrisol (INEGI, 2007; Gutiérrez-Contreras *et al.*, 2010).

HMA nativos en el cultivo de zarzamora

Se tomaron muestras de rizosfera y raíces de plantas de zarzamora (*Rubus fruticosus* var. Tupi) de dos sitios de la región, éstos fueron seleccionados tomando en cuenta que el manejo agronómico convencional, superficie y condiciones climáticas fueran semejantes (Cuadro 1).



Cuadro 1. Características de los sitios de muestreo.

Sitio	Coordenadas	Superficie (m ²)	pH	CE (μS cm ⁻¹)	Concentración de nutrientes (mg kg ⁻¹)		
					N	P	K
La Magdalena	19°13'27.45" N	1 181	6.1	180	8.3	12.3	28
	101°28'49.89" O						
Instituto	19°13'6.59" N	1 795	6.4	100	4.5	6.5	15.5
	101°29'10.50" O						

CE= conductividad eléctrica.

En cada sitio, se tomaron 10 submuestras al azar siguiendo una metodología de zigzag para formar una muestra compuesta, cada una de 200 g de rizosfera y raíces secundarias (Prendes *et al.*, 2006; Sánchez *et al.*, 2010; Carreón-Abud *et al.*, 2013). En el laboratorio, las raíces fueron teñidas por el método establecido por Phillips y Hayman (1970) para evidenciar las estructuras micorrízicas. Las preparaciones se observaron en un microscopio óptico (Revelation III Lw scientific®), para identificar micelio, vesículas, arbuscúlos y determinar el porcentaje de colonización por medio de la fórmula establecida por McGonigle *et al.* (1990):

$$\% \text{decolonización} = \frac{\text{Número de campos colonizados}}{\text{Número total de campos observados}} \times 100$$

Para la extracción y conteo de esporas de la rizosfera se utilizó la técnica de tamizado húmedo y decantación modificada por Gledermann y Nicolson (1963) y centrifugación con gradiente de sacarosa modificada por Daniels y Skipper (1982). Las muestras se observaron en microscopio estereoscópico.

Plantas trampa para la propagación de HMA nativos de zarzamora

Una vez identificada la presencia de HMA en el cultivo, se utilizó rizosfera y raíces de plantas de los dos sitios de estudio, para inocular plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.), trigo (*Triticum durum*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*), estas especies de familias que se consideran adecuadas por su susceptibilidad a la colonización, ciclo de vida corto y sistema radicular (Sánchez *et al.*, 2010). Las plantas se establecieron en condiciones de invernadero bajo un diseño completamente al azar, con dos tratamientos (inóculo proveniente de los dos sitios), la unidad experimental fue una planta con diez repeticiones en cada tratamiento.

Se utilizó arena como sustrato, esterilizado en autoclave marca Felisa® a 121 °C y 15 lb pulg⁻². Al germinar las semillas de las plantas trampa, fueron inoculadas con 1 kg de rizosfera y 4 g de raíces de zarzamora. Se mantuvieron en invernadero durante tres meses aplicando solución nutritiva de Long Aston, una vez por semana. Al término del tiempo señalado se determinó el porcentaje de colonización en las raíces de las plantas hospedantes y el número de esporas en 50 g del sustrato para la propagación.

Análisis de datos

Para llevar a cabo el análisis de varianza ($\alpha = 0.05$), los datos previamente se analizaron para la comprobación de la normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianza (Levene), y dado que no se cumplieron los supuestos, los porcentajes de colonización de las plantas de zarzamora y de las plantas trampa, los datos se transformaron en el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2020) a rangos, a excepción del número de esporas. Por último, se realizó una comparación de medias (Tukey $\alpha = 0.05$).

Se realizó un análisis de la varianza entre sitios utilizando el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + P_j + e_{ijk}$$

Donde: Y_{ijk} : es la observación del tratamiento i en la observación j ; S_i = efecto del sitio i ; $P_j(i)$ = efecto de la planta dentro del sitio i ; e_{ijk} = error aleatorio asociado a la observación Y_{ijk} ;

para el análisis de la varianza dentro de sitios se utilizó el modelo:

$$Y_{ij} = \mu + P_i + e_{ij}$$

Donde: Y_{ij} : es la observación del tratamiento; P_i = efecto de la planta; e_{ij} = error aleatorio; asociado a la observación Y_{ij} .

Resultados y discusión

HMA nativos en el cultivo de zarzamora

Se identificó la presencia de HMA en las plantas de zarzamora en ambos sitios (Figura 1), sin diferencias estadísticas significativas entre los porcentajes de colonización ($p= 0.91459$), ambos casos, con alta colonización por hifas (99% en promedio) y por vesículas colonización baja (38.05% en promedio) (Figura 2).

Figura 1. Hifas y vesículas de muestras, a) La Magdalena y b) Instituto.

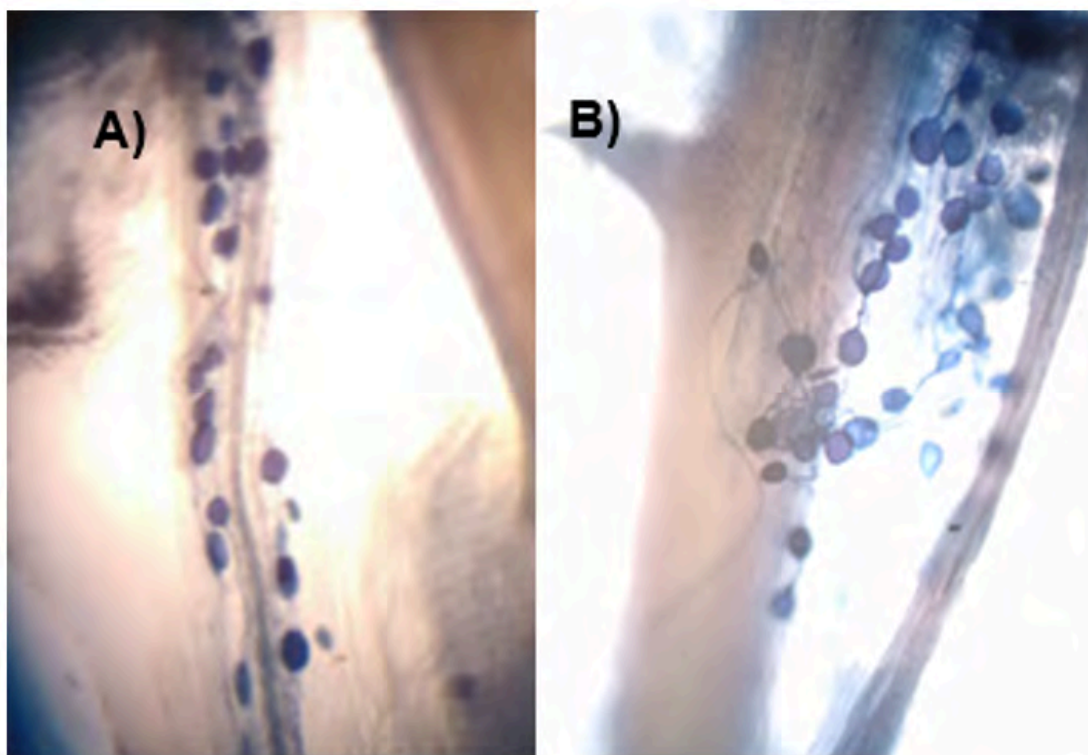
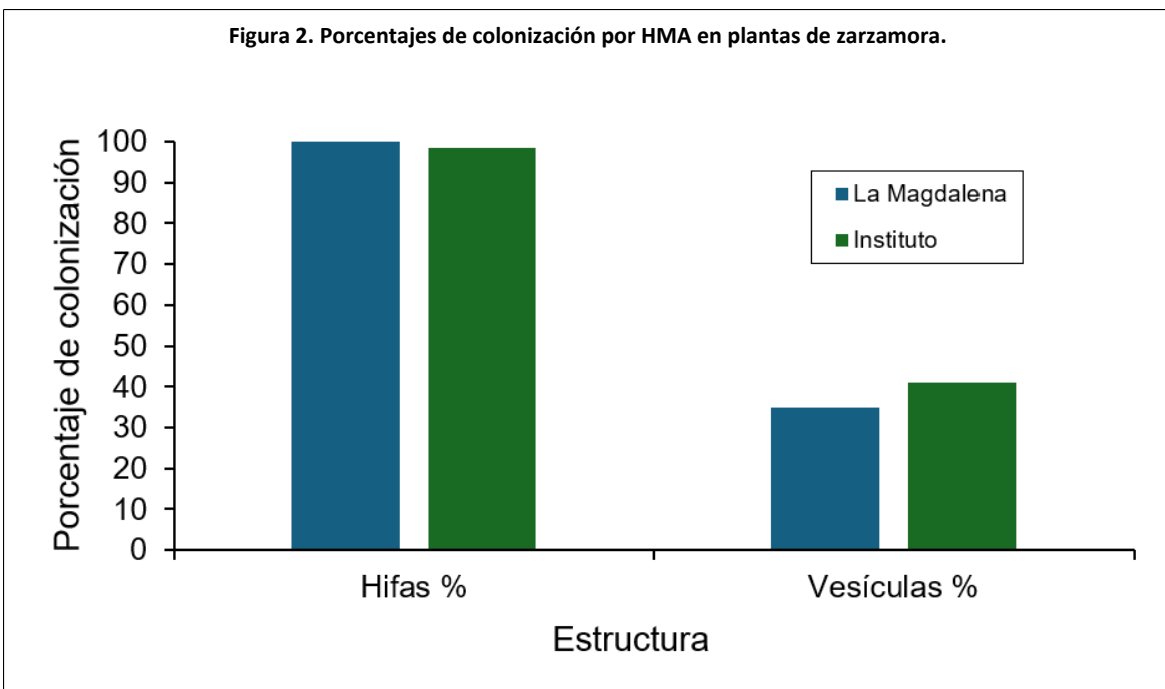


Figura 2. Porcentajes de colonización por HMA en plantas de zarzamora.



Los porcentajes de colonización por hifas y vesículas fueron mayores a los encontrados por Rodríguez *et al.* (2022) en tres especies de *Rubus* (*R. alpinus*, *R. urticifolius* y *R. floribundus*), obteniendo como promedio 13.4% y 9.7%, respectivamente y un 6.5% de colonización por arbuscúlos. Los datos son mayores a los encontrado en otras especies de Rosaceae, Albornoz *et al.* (2014) reportaron para *Duchesnea indica*, *Fragaria vesca* y *Potentilla tucumanensis*, porcentajes de colonización hifal de 67.63, 66.35 y 34.69, respectivamente, mientras que en fresa *Fragaria ananassa* var. Camino Real, Lizarraga *et al.* (2015) encontraron una colonización por vesículas de 1.2% y de 20.5% por hifas.

La ausencia de arbuscúlos en ambos sitios es similar a lo encontrado en *Alliaria petiolata* (Trombley *et al.*, 2025) y a lo reportado por Acoltzi-Conde *et al.* (2024) en cultivos de calabaza, perejil, espinaca, repollo, cilantro y lechuga, en los cuales no fue posible detectar dicha estructura, proponiendo que la aplicación de fertilizantes al cultivo puede provocar la ausencia de arbuscúlos como zonas de intercambio de nutrientes entre las plantas y los HMA. En el caso del número de esporas se encontraron diferencias entre sitios ($p=0.0132$), siendo el sitio La Magdalena en donde se encontró el mayor número (Figura 3 y Figura 4), en dicho sitio, la concentración de fósforo es mayor (Cuadro 1) y de acuerdo con Dube *et al.* (2025) el aumento del número de esporas puede ser una estrategia de sobrevivencia en respuesta al aumento en el nivel de fósforo.



Figura 3. Número de esporas 50 g de rizosfera en distintos sitios. Letras distintas indican diferencias significativas ($\alpha= 0.05$).

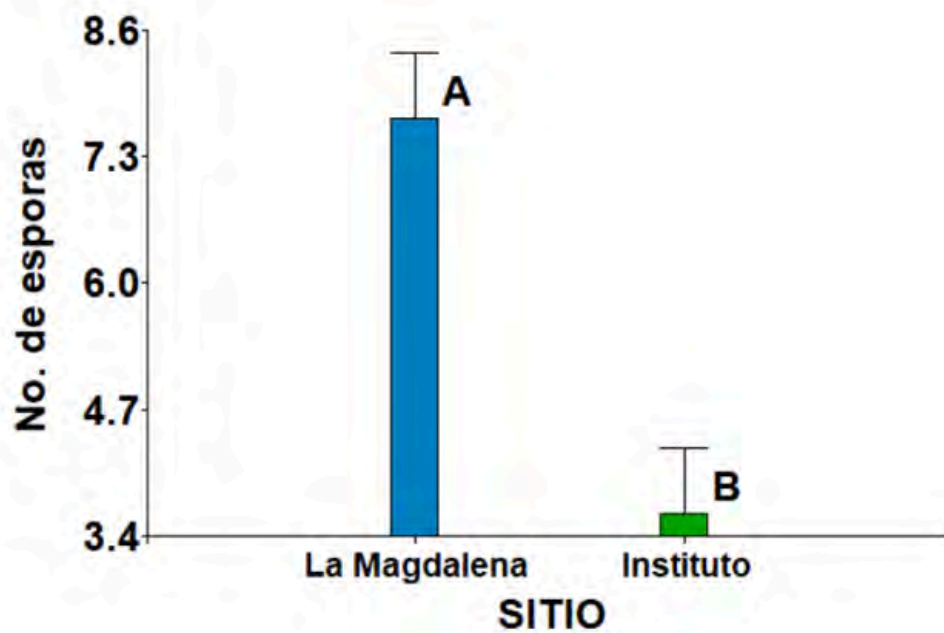
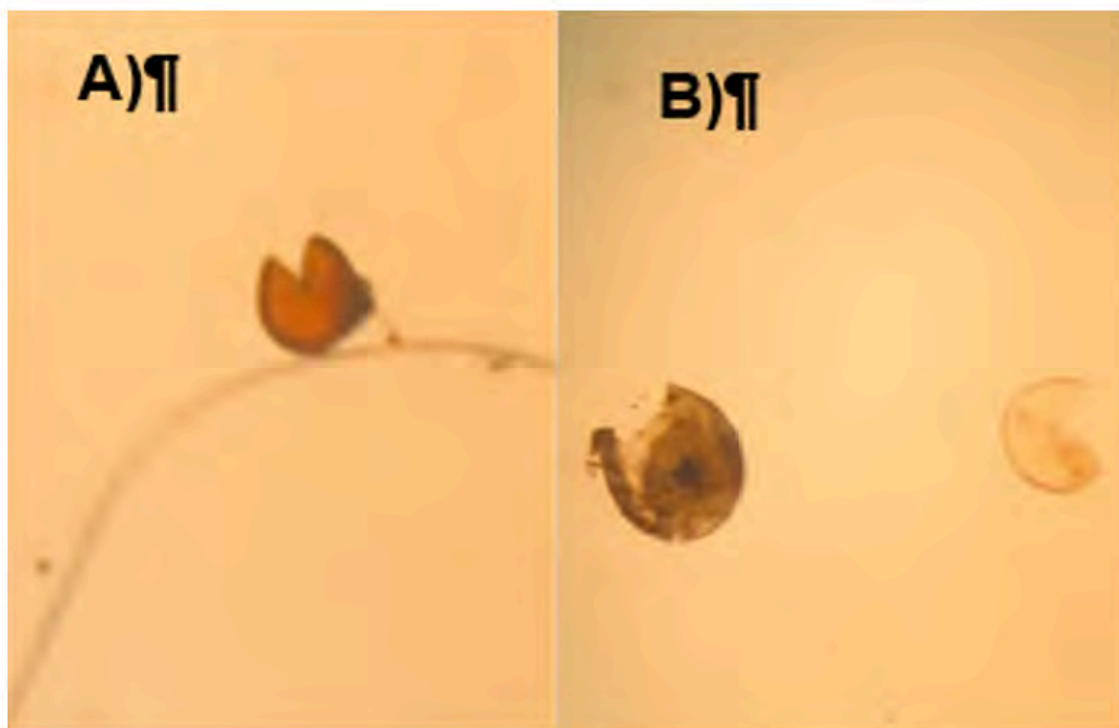


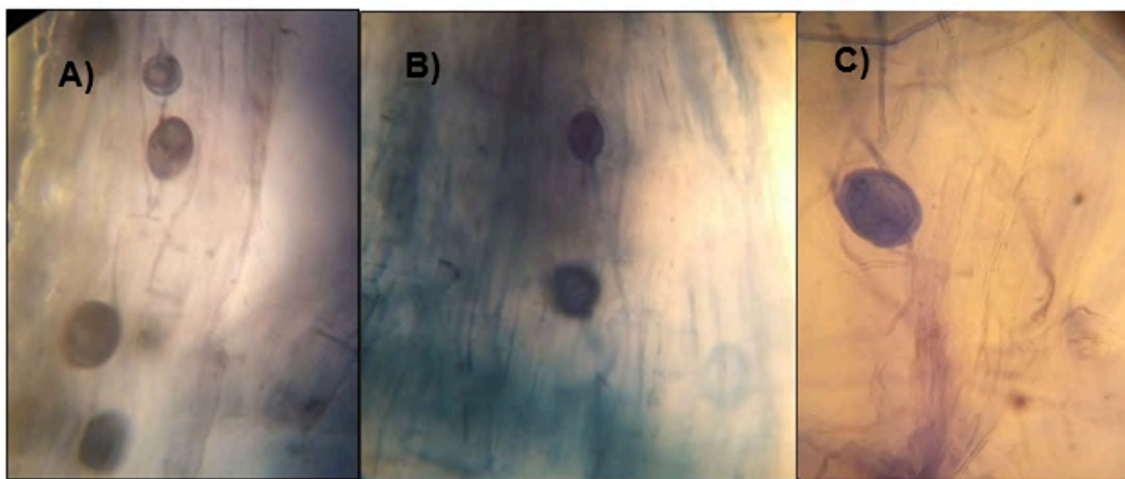
Figura 4. Espora de muestra, a) La Magdalena y b) Instituto.



Plantas trampa para el desarrollo de HMA nativos

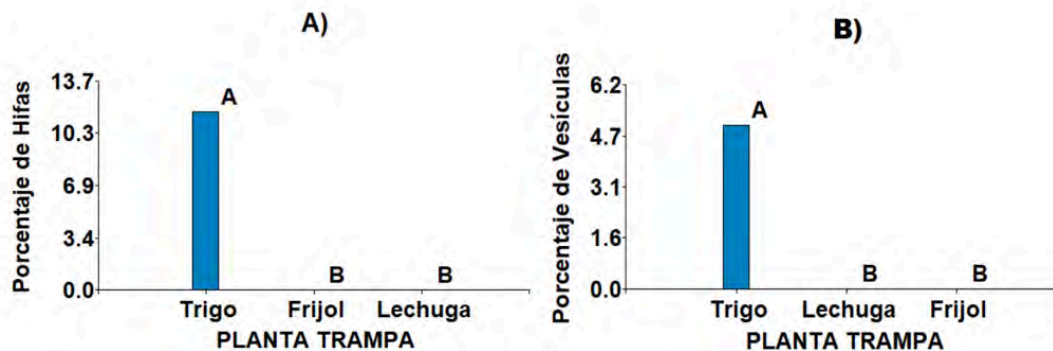
No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los porcentajes de colonización de hifas y vesículas obtenidos en las plantas trampa comparados entre los inóculos provenientes de cada sitio ($p= 0.1057$), lo cual es similar a lo reportado por Arias *et al.* (2024) en donde las fuentes de inóculo no causaron diferencias en los porcentajes de colonización en las plantas trampa inoculadas. El análisis realizado dentro de sitios entre las plantas trampa (Figura 5a, 5b y 5c), si mostró diferencias estadísticas significativas para ambas variables ($p< 0.0001$), contrario a lo encontrado por Arias *et al.* (2024), quienes reportan ausencia de diferencias estadísticas significativas y un mayor porcentaje de colonización en las plantas trampa utilizadas.

Figura 5. Hifas y vesículas en: a) lechuga; b) frijol y c) trigo.



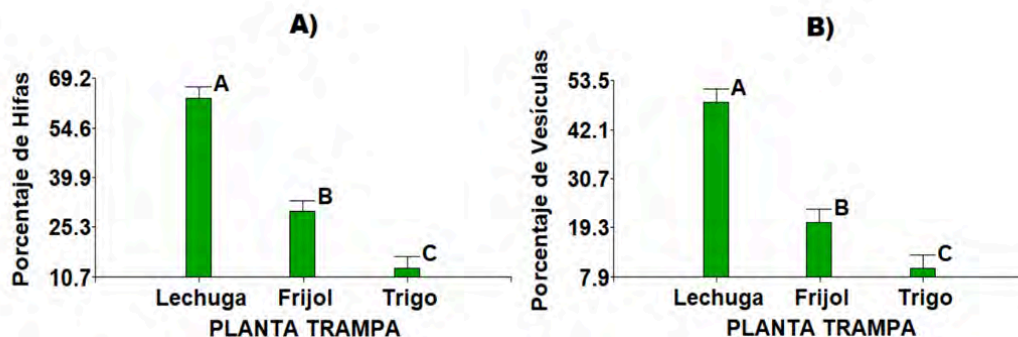
De las plantas con inóculo proveniente de La Magdalena, únicamente fue el trigo que mostró colonización (Figura 6a y 6b), situación similar a lo reportado por Covacevich *et al.* (2012) al evaluar la capacidad micotrófica de suelos agrícolas y naturales; no todos los suelos fueron fuentes de inóculo apropiadas para colonizar las plantas trampa probadas, reportándose porcentajes de micorrización bajos (12.73%).

Figura 6. Porcentaje de colonización: a) de hifas y b) de vesículas en plantas trampa. Letras distintas indican diferencias significativas ($\alpha= 0.05$).



En el caso de las plantas trampa con inóculo del Instituto, todas mostraron colonización, siendo la lechuga con mayor porcentaje, tanto de hifas como de vesículas, mientras que las plantas de trigo mostraron menor porcentaje de ambas estructuras (Figuras 7a y 7b).

Figura 7. Porcentaje de colonización de hifas, a) vesículas y b) en plantas trampa. Letras distintas indican diferencias significativas ($\alpha=0.05$).



El porcentaje de colonización encontrado en las plantas de trigo con ambos inóculos es cercano a lo reportado para la misma especie por Covacevich *et al.* (2008) quienes, en un estudio con distintos contenidos de fósforo en el suelo, encontraron un promedio de colonización de 8.86%. Las plantas de frijol mostraron una menor colonización por hifas y mayor colonización por vesículas a lo encontrado en un estudio realizado por Herrera-Corrales *et al.* (2014) (5% por hifas; 5% por vesículas), en el mismo cultivo. En cuanto a los porcentajes de colonización encontrados en las plantas de lechuga, éstos fueron menores a los obtenidos en un estudio con la misma especie donde se evaluó la infectividad de los HMA procedentes de cinco sitios con suelos salinos; los valores encontrados fueron de entre 68% y 83% (Tapia-Goné *et al.*, 2010).

La nula o relativamente baja colonización encontrada en las plantas trampa, pueden deberse a la compactación que se observó en el sustrato usado, al utilizar la mezcla de arena de partícula media de entre 0.25 y 0.5 mm (Casanova, 2005) en combinación con la rizosfera de cada sitio; la baja porosidad ocasionada en el medio, pudo ejercer una influencia restrictiva y negativa sobre la colonización y la esporulación de los hongos, como lo reportado por Jiménez-Martínez *et al.* (2014) quienes evaluaron el efecto de distinto tamaño de partícula encontrando que el menor porcentaje de colonización se encontró en la granulometría <0.6 mm.

A pesar de que la compactación del suelo afecta en las plantas la absorción de agua y nutrientes, también se esperaba que afectara la simbiosis con HMA; sin embargo, en un estudio realizado con distintas variedades de trigo, encontraron que la colonización en tratamientos de compactación dependió de la variedad, sugiriendo también que en campo la diversidad de las comunidades de HMA pueden tener diferentes habilidades para disminuir el efecto de la compactación (Torppa *et al.*, 2023).

Conclusiones

En el estudio no se mostraron diferencias entre sitios; no obstante, se observó una alta colonización en el cultivo de zarzamora, por lo cual, puede ser una fuente importante de inóculo nativo, adaptado a las condiciones edafoclimáticas de la región, útil en los sistemas de producción bajo condiciones similares a los sitios de donde fue obtenido. Las plantas de lechuga pueden ser usadas como trampa para la reproducción y propagación de HMA, que permitió desarrollar inoculantes locales y con base a resultados de otras investigaciones para otros cultivos en la región de Tacámbaro, proporcionar una alternativa de biofertilizante para mejorar la producción agrícola en la región, tanto en sistemas de manejo convencional, como en sistemas de manejo orgánico.

Agradecimientos

A la Dra. Laura Verónica Hernández Cuevas por su asesoría en conocimiento y en las técnicas de laboratorio y campo.

Bibliografía

- 1 Acoltzi-Conde, M. C.; Chimal-Sánchez, E.; Tovar-Soto, A. and Díaz-Reyes, J. 2024. Arbuscular mycorrhizal fungi consortia in six vegetable crops in the Tepeaca Valley, Puebla, México. *Terra Latinoamericana*. 42:1-11.
- 2 Albornoz, P. L.; Varela, O. y Díaz, J. C. 2014. Micorrizas arbusculares y endófitos septados oscuros en tres especies de Rosáceas de Argentina. *Lilloa*. 51(1):9-19.
- 3 Arias, R. M.; Cruz, Y.; Ruelas, L. C. and Perea-Rojas, Y. D. C. 2024. Dominant morphotypes of native arbuscular mycorrhizal fungi from coffee plantations and their propagation with trap plants. *International Journal of Plant Biology*. 15(3):744-756.
- 4 Carreón-Abud, Y.; Jerónimo-Treviño, E.; Beltrán-Nambo, M. D. L. Á.; Martínez-Trujillo, M.; Trejo, A. D. y Gavito, M. E. 2013. Aislamiento y propagación de cultivos puros de hongos micorrízicos arbusculares provenientes de huertas de aguacate con diferente manejo agrícola por la técnica de minirizotróf. *Revista Mexicana de Micología*. 37:29-39.
- 5 Carreón-Abud, Y.; Gómez-Dorantes, N.; Beltrán-Nambo M. L. Á.; Alvarado-Herrejón, M., y Varela-Fregoso, L. 2016. Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares provenientes de la rizósfera de aguacate (*Persea americana* Mill.) y selección de plantas trampa para su propagación. *Biológicas*. 18(2):1-9.
- 6 Casanova, E. 2005. Introducción a la ciencia del suelo. Caracas: Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Segunda edición. 453 p.
- 7 Cortés-Hernández, F. D. C.; Alvarado-Castillo, G. y Sánchez-Viveros, G. 2023. *Trichoderma* spp., una alternativa para la agricultura sostenible: una revisión. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 25(2):73-87.
- 8 Covacevich, F.; Rozas, H. S.; Barbieri, P. y Echeverría, H. 2008. Crecimiento y micorrización arbuscular nativa de trigo en siembra directa bajo distintas formas de colocación de fósforo. *Ciencia del suelo*. 26(2):169-175.
- 9 Covacevich, F.; Eyherabide, M.; Sainz, R. H. y Echeverría, H. E. 2012. Características químicas determinan la capacidad micotrófica arbuscular de suelos agrícolas y prístinos de Buenos Aires, Argentina. *Ciencia del suelo*. 30(2):119-128.
- 10 Danielsl, B. A. and Skipper, H. D. 1982. Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil. En: N.C Schenk Ed. *Methods and principles of micorrhizal research*. St. Paul. American phytopathological society. 29-35 pp.
- 11 Di Rienzo J. A.; Casanoves F.; Balzarini, M. G.; González, L. A.; Tablada, M. E. y Robledo, C. W. InfoStat. versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>.
- 12 Dube, M. and Dames, J. F. 2025. Soil properties and non-crop rotation with non#mycorrhizal canola influence the abundance of arbuscular mycorrhizal fungi in wheat soils. *Soil Use and Management*. 41(2):1-11.
- 13 FIRA. 2024. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Panorama Agroalimentario 2024 Aguacate. México. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial Subdirección de Análisis del Sector. 1-25 p.
- 14 Gedermann, J. W. and Nicolson, T. H. 1963. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*. 46:234-244.

- 15 González-Cortés, J. C.; Vega-Fraga, M.; Varela-Fregoso, L.; Martínez-Trujillo, M.; Carreón-Abud, Y. and Gavito, M. E. 2012. Arbuscular mycorrhizal fungal (AMF) communities and land use change: the conversion of temperate forests to avocado plantations and maize fields in central Mexico. *Fungal Ecology*. 5(1):16-23.
- 16 Gutiérrez-Contreras, M.; Lara-Chávez, M. B. N.; Guillén-Andrade, H. y Chávez-Bárceñas, A. T. 2010. Agroecología de la franja aguacatera en Michoacán, México. *Interciencia*. 35(9):647-653.
- 17 Herrera-Corrales, L. C.; Ospina, D. F. y Ocampo, O. 2014. Efecto de gremios de hongos micorrízicos arbusculares aislados de un ambiente desértico sobre el crecimiento de frijol *Phaseolus vulgaris* bajo una condición de déficit hídrico. *Actualidades Biológicas*. 36(100):63-72.
- 18 INEGI. 2007. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Conjunto de datos vectorial edafológico. Escala 1:250 000 Serie II Continuo Nacional Morelia. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825235185>.
- 19 Jiménez-Martínez, A.; González-Chávez, M. C. A.; Gutiérrez-Castorena, M. C.; Lara-Hernández, M. E. y García-Cue, J. L. 2014. Producción de inóculo micorrízico de *Gigaspora gigantea* en mezclas de sustratos con diferente tamaño de partícula. *Agrociencia*. 48(3):239-254.
- 20 Kuila, D. y Ghosh, S. 2022. Aspects, problems and utilization of arbuscular mycorrhizal (AM) application as bio-fertilizer in sustainable agriculture. *Current Research in Microbial Sciences*. 3:1-11.
- 21 Lizarraga, S. V.; Ruiz, A. I.; Salazar, S. M.; Díaz, J. C. y Albornoz, P. L. 2015. Micorrizas vesículo-arbusculares, endófitos septados oscuros y anatomía radical en *Fragaria ananassa* var. Camino Real (Rosaceae), en la provincia de Tucumán, Argentina. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*. 35(1):11-17.
- 22 McGonigle, T. P.; Miller, M. H.; Evans, D. G; Fairchild, G. L. and Swan, J. A. 1990. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*. 115:495-501.
- 23 Ortega G. P.; Infante J. Z. T. y Lira C. A. 2022. Agricultura orgánica en Michoacán, México: evidencias de sostenibilidad. *Revista Inquietud Empresarial*. 22(2):97-112.
- 24 Phillips, J. M. y Hayman D. S. 1970. Improved procedure for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*. 55:158-160.
- 25 Prendes, J. A. O.; Khouri, E. A. y López, M. M. 2006. Análisis de suelos y plantas y recomendaciones de abonado. Austria. Ediciones de la Universidad de Oviedo. 159 p.
- 26 Reyes-Gómez, H.; Martínez-González, E.; Aguilar-Ávila J. y Aguilar-Gallegos N. 2023. Sistemas agroalimentarios sostenibles: el caso de la cadena de valor del aguacate en México. *Revista Latinoamericana de Economía*. 55(217):29-60.
- 27 Rodríguez, F. R.; González, L. C.; Caicedo, A. A. B. and Montes, L. Y. L. 2022. Symbiosis of mycorrhizal fungi with *Rubus* spp., in four farms of the municipality of Pamplona, Norte de Santander, Colombia. *Inge CuC*. 18(1):27-37.
- 28 Ruvalcaba-Cázares, C. P.; Ponce-Hernández, A.; Valdivia, G. y Martínez-Soto, D. 2024. La producción de zarzamora en México y sus principales amenazas. *Avance y Perspectiva*. 4(8):1-17.
- 29 Salomon, M. J.; Watts-Williams, S. J.; McLaughlin, M. J.; Bücking, H.; Singh, B. K.; Hutter, I.; Schneider C.; Martin F. M.; Vosatka, M.; Guo, L.; Ezawa, T.; Saito, M.; Declerck, S.; Zhu, Y.; Bowles, T.; Abbott, L. K.; Smith, F. A.; Cavagnaro, T. R. and Van der Heijden M. G. A. 2022. Establishing a quality management framework for commercial inoculants containing arbuscular mycorrhizal fungi. *Iscience*. 25(7):1-11.

- 30 Sánchez, M.; Posada, R.; Velásquez, D. y Narváez, M. 2010. Metodologías básicas para el trabajo con micorriza arbuscular y hongos formadores de micorriza arbuscular. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 133 p.
- 31 Tapia-Goné, J. J.; Ferrera-Cerrato, R.; Varela-Fregoso, L.; Rodríguez-Ortiz, J. C.; Soria-Colunga, J. C.; Tiscareño-Iracheta, M. Á. y Villar-Morales, C. 2010. Infectividad y efectividad de hongos micorrízicos arbusculares nativos de suelos salinos en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*). Revista Mexicana de Micología. 31:69-74.
- 32 Torppa, K. A.; Forkman, J.; Maaroufi, N. I.; Taylor, A. R.; Vahter, T.; Vasar, M.; Weih, M.; Opik, M. and Viketoft M. 2023. Soil compaction effects on arbuscular mycorrhizal symbiosis in wheat depend on host plant variety. Plant and Soil. 493(1):555-571.
- 33 Trombley, J.; Celenza, J. L.; Frey, S. D. and Anthony, M. A. 2025. arbuscular mycorrhizal fungi boost development of an invasive *Brassicaceae*. Plant, Cell & Environment. 48(7):4928-4937.



Micorrizas arbusculares en zarzamora bajo manejo convencional y propagación con diferentes hospedantes

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
ISSN (electronic): 2007-9934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 October 2025
Date accepted: 01 February 2026
Publication date: 01 January 2026
Publication date: Jan-Feb 2026
Volume: 17
Issue: 1
Electronic Location Identifier: e3962
DOI: 10.29312/remexca.v17i1.3962
Publisher ID: 00004

Categories

Subject: Artículos

Palabras clave:

Palabras clave:

HMA nativos

lechuga

plantas trampa

Rubus fruticosus var. Tupi

Counts

Figures: 14

Tables: 2

Equations: 6

References: 33