

Identificación de hongos micorrizógenos arbusculares en huertos de aguacate de Uruapan, Michoacán

Yurixhi Atenea Raya Montaña¹
Patricio Apérez Barrios²
Salvador Aguirre Paleo¹
Margarita Vargas Sandoval¹
Raquel Paz Da Silva³
Ma. Blanca Nieves Lara-Chávez^{1§}

¹Facultad de Agrobiología 'Presidente Juárez'-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Paseo Lázaro Cárdenas s/n, esq. Berlín, Colonia Viveros, Uruapan, Michoacán. CP. 60190. Tel. 4525236474. (yurixhiate@hotmail.com; aguirrepaleo@hotmail.com; vargasmarga@hotmail.com). ²Facultad de Ciencias Agropecuarias. Prolongación de la calle Mariano Jiménez s/n, Col. El Varillero, Apatzingán, Michoacán. CP. 60670. Tel. 4535341675. (patrick280485@gmail.com). ³Departamento de Diagnóstico e Investigación Agropecuaria (DDPA)-Secretaría de Agricultura, Pecuaria e Irrigación de Rio Grande do Sul (SEAPI). (raquel-paz@seapi.rs.gov.br).

§Autora para correspondencia: blara12001@yahoo.com.mx.

Resumen

La actividad agrícola más importante en Michoacán es el aguacate que representa ingresos de \$30 265 787.40 pesos anuales. El cultivo es extensivo y se basa en prácticas agrícolas convencionales que afectan las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. El objetivo de este estudio fue determinar la diversidad de especies de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) en huertos de aguacate. Se recolectaron muestras de suelo en huertos durante la estación de lluvias (agosto de 2016). Las muestras de suelo (tres submuestras por huerto) se tomaron desde el horizonte superior hasta 30 cm de profundidad. En el laboratorio, las esporas se aislaron a partir de muestras de suelo seco y se identificaron morfológicamente. Se registraron y describieron 15 morfo especies de HMA clasificadas en ocho géneros y cuatro familias. El 78.5% de las especies pertenecen a las familias Glomeraceae y Diversisporaceae; el resto a Claroideoglomeraceae y Acaulosporaceae; se identificaron las especies *Sclerocystis sinuosa*, *S. rubiformis*, *Funneliformis geosporum*, *F. mosseae*, *Acaulospora scrobiculata*, *Diversispora spurca* y *Entrophospora infrequens*, reportadas en cultivos de aguacate, mientras que *Glomus citrícola*, *G. macrocarpum*, *Septoglomus constrictum* y *Claroideoglosum claroideum*, se reportan por primera vez en aguacate. La presencia de *D. aurantia* y *Tricispora nevadensis* se registran primera vez en México. Por lo que en la actualidad existe gran diversidad de HMA en huertos de aguacate de Uruapan que es necesario conservar.

Palabras clave: *Persea americana*, monocultivo, taxonomía.

Recibido: abril de 2019

Aceptado: julio de 2019

Introducción

En 2016, el estado de Michoacán, México, produjo aproximadamente 1 889 353.60 t de aguacate, que representó 80% de la producción total del país (SIAP, 2016). A lo largo de su cadena agroalimentaria, este cultivo genera alrededor de 47 mil empleos directos, 70 mil empleos estacionales y 187 mil empleos indirectos. Los beneficios económicos y sociales de esta industria contrastan con los problemas ambientales derivados del uso excesivo de agroquímicos que se utilizan desde vivero hasta la etapa productiva (De la Tejera-Hernández *et al.*, 2013), además de que la naturaleza volcánica de los suelos donde se cultiva este frutal favorece la lixiviación de los fertilizantes y la contaminación de los mantos freáticos, con el consecuente daño ambiental y a la salud humana (Tapia *et al.*, 2012).

Existen microorganismos que favorecen la nutrición y productividad de los cultivos sin afectar el ecosistema. Los hongos micorrízogenos arbusculares (HMA) son biótrosos obligados de plantas que favorecen el crecimiento radical, con un consecuente aumento en la absorción de agua y nutrientes (Gañán *et al.*, 2011). Favorecen el contenido de clorofila y de elementos en el tejido foliar (Díaz *et al.*, 2016). Los HMA confieren tolerancia a salinidad (Medina, 2016) y sequía mediante la alteración de los perfiles hormonales de las plantas.

La diversidad de los HMA influye en la productividad de las comunidades vegetales de los ecosistemas naturales y agrícolas (Lovera y Cuenca, 2007). En la producción de frutales, la fertilización mineral puede reducirse hasta 25% al utilizar microorganismos benéficos (Ramos *et al.*, 2013; Simó *et al.*, 2015). Aparentemente, no existe especificidad taxonómica en la simbiosis (Lovera y Cuenca, 2007); sin embargo, mediante estudios de biología molecular se ha demostrado que algunas plantas son colonizadas preferencialmente por ciertas especies de HMA (Vandenkoornhuyse *et al.*, 2002).

En plantas de aguacate (*Persea americana* var. *drymifolia*) en vivero, se han demostrado los efectos particulares de *Acaulospora delicata*, *Acaulospora laevis*, *Glomus badium* *Rhizophagus fasciculatus* + *Azospirillum* al duplicar la biomasa de la raíz y del tallo, mientras que *R. irregularis* y *S. pellucida* la triplicaron (Carreón-Abud *et al.*, 2014). Asimismo, *D. heterogama*, *C. etunicatum*, *C. claroideum* y *A. scrobiculata* favorecieron el desarrollo vegetativo de plantas de aguacate (Silveira *et al.*, 2003), mientras que *C. claroideum* incrementó en el suelo los contenidos de K, Ca, Cu, Zn y Mn y *A. scrobiculata* aumentó los contenidos de P, Cu y Zn (Silveira *et al.*, 2003).

Por lo que los HMA son un apoyo importante para la producción agrícola con enfoque sustentable. En huertos de aguacate es necesario conocer la diversidad de este tipo de microorganismos, conocimiento que podría contribuir a la generación de estrategias adecuadas para su conservación, manejo y utilización (Chimal-Sánchez *et al.*, 2016).

Tradicionalmente, la taxonomía de los HMA se ha realizado con base en la morfología de las esporas (Rivera *et al.*, 2016) que considera el tamaño, el color, el acoplamiento de la hifa de sostén, el contenido lipídico y el espesor de la pared celular. La clasificación actual consiste en cuatro órdenes, 11 familias, 27 géneros y alrededor de 261 especies (Schüßler y Walker, 2010; Redecker *et al.*, 2013).

En México, son escasos los estudios sobre la identificación de géneros de HMA en la zona productora de aguacate de Michoacán, donde las prácticas de manejo intensivo pueden haber ocasionado una pérdida de microorganismos benéficos para las plantas. El objetivo de esta investigación fue determinar la diversidad de especies de HMA asociados al cultivo de aguacate.

Materiales y métodos

Descripción del sitio de muestreo

El muestreo de suelo rizósferico para obtener las esporas de HMA, se efectuó el 27 de agosto de 2016, en 10 huertos de aguacate del municipio de Uruapan, Michoacán, México, que se localiza a 19° 22' 41.79" latitud norte y 102° 02' 19.11" longitud oeste, a 1 592 m de altitud. El clima es templado húmedo con lluvias en verano; la temperatura oscila entre 8 y 37.5 °C y la precipitación pluvial anual de 1 759.3 mm (INAFED, 2016). En esta región aguacatera, el tipo de suelo que predomina es el Andosol, que abarca 10 614.35 ha, pero también con menor proporción se encuentran los tipos Luvisol, Acrisol y Vertisol (Gutiérrez-Contreras *et al.*, 2010).

Obtención y preparación de muestras de suelo

De cada huerto, se recolectaron tres muestras de suelo, desde el horizonte superior hasta 30 cm de profundidad, en puntos establecidos al azar. Las muestras se homogenizaron, de esta mezcla compuesta, se tomó una submuestra representativa de 2 kg para cada huerto, se etiquetaron de acuerdo al orden de muestreo con su ubicación geográfica y se llevaron al laboratorio para su procesamiento. De cada sitio se tomó una muestra representativa de 1 kg y se determinaron las propiedades fisicoquímicas que indican textura franco-arenosa, 50.27 ppm de N asimilable, 28.6 ppm de fósforo total, 91.4 ppm de potasio, pH de 6.03, conductividad eléctrica de 1.28 mmhos cm⁻¹, materia orgánica de 11.3% y densidad aparente de 0.61 g cm⁻³.

Las esporas fueron extraídas del suelo por método de decantación y tamizado húmedo (Gerdemann y Nicolson, 1963), seguido de centrifugación en gradiente de sacarosa al 50% (Daniels y Skipper, 1982) Con ayuda de un microscopio estereoscópico (Nikon Mod. C-PS), las esporas extraídas se agruparon por morfoespecies y se colocaron sobre portaobjetos con alcohol polivinílico lactoglicerol (PVLG), con y sin reactivo de Melzer (ver reacción de paredes), como medio de montaje (Schenck y Pérez, 1990). Las características morfológicas de las esporas de HMA (tamaño, color, acoplamiento de la hifa de sostén, contenido lipídico y espesor de la pared celular), se observaron en un microscopio compuesto (Nikon H550L) y se registraron en fotomicrografías.

Identificación de HMA

La identificación taxonómica de los HMA se realizó con base en las claves de Schenck y Pérez (1990) y el listado de especies reportadas a nivel mundial, disponibles en los portales: i) Phylogeny and taxonomy of Glomeromycota ('arbuscular mycorrhizal (AM) and related fungi') (<http://www.amf-phylogeny.com>); ii) Arbuscular mycorrhizal fungus (Glomeromycota), *Endogone* and *Complexipes* species deposited in the Department of Plant Pathology, University of Agriculture in Szczecin, Poland (Blaszkowski, 2003); iii) International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM, 2018); iv) The International Bank of the *Glomeromycota*

(IBG, 1993); y v) Catalogue of Arbuscular Mycorrhizal fungi strains available in the Glomeromycetes *in vitro* Collection (Agriculture and Agri-Food Canada, 2014). La cantidad de esporas se expresó como el número total de esporas presentes en 50 g de suelo seco rizósferico, los especímenes están depositados en el herbario ENCB.

La abundancia relativa se obtuvo como el número de esporas de una especie, sobre el total de las esporas aisladas, multiplicado por 100. La riqueza relativa se determinó con el número de especies, y para el cálculo del índice de diversidad se consideró el método propuesto por Shannon y Weaver (1949) obtenido con la siguiente fórmula: $H' = -\sum p_i \ln p_i$. Donde p_i es el número de esporas de una especie, dividido entre el total de esporas aisladas.

Resultados y discusión

En todos los huertos estudiados se encontraron HMA en la rizósfera de los árboles de aguacate. Se identificaron 15 especies de HMA, aunque una se identificó a nivel de género. Pertenecen a cuatro familias y ocho géneros de los órdenes *Glomerales* y *Diversisporales* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Especies de HMA identificadas en suelo rizósferico de huertos de aguacate.

Orden	Familia	Género	Especie
Glomerales	Glomeraceae	<i>Glomus</i>	<i>Claroideoglomus etunicatum</i> Tulasne & Tulasne
			<i>Glomus citricola</i> Tang & Zang
			<i>Glomus</i> sp.
		<i>Sclerocystis</i>	<i>Glomus badium</i> Gerdemann & Trappe
			<i>Sclerocystis sinuosa</i> Gerdemann & Bakshi
		<i>Septoglomus</i>	<i>Septoglomus constrictum</i> Trappe
		<i>Funneliformis</i>	<i>Funneliformis geosporum</i> (Błaszk.) Walker & Schuessler
			<i>Funneliformis mosseae</i> (Nicol. & Gerd.) Gerd. & Trappe
			<i>Claroideoglomus claroidium</i> Schenck & Sm.) Walker & Schuessler
		Claroideoglomeraceae	<i>Claroideoglomus</i>
Diversisporales	Acaulosporaceae	<i>Acaulospora</i>	<i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe
	Diversisporaceae	<i>Diversispora</i>	<i>Diversispora aurantia</i> (Błaszk. V. Blanke, C. Renker & F. Buscot)
			<i>Diversispora spurca</i> (Walker) Walker & Schuessler
		<i>Entrophospora</i>	<i>Entrophospora infrequens</i> (Hall) R.N. Ames & R.W. Schneid
		<i>Tricispora nevadensis</i> Palenzuela, Barea, Azcón-Aguilar & Fritz	

El mayor número de géneros correspondió a la familia Glomeraceae y el género *Glomus* fue el más abundante con tres especies, mientras que *Septoglomus* y *Acaulospora*, este último de la familia Acaulosporaceae, fueron los menos comunes con una especie (Figura 1).

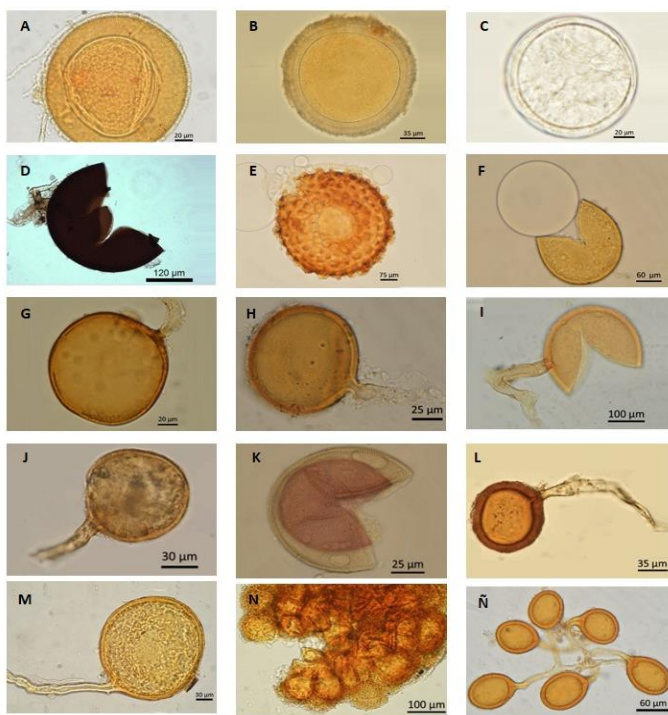


Figura 1. A) *Entrophospora infrequens*; B) *Claroideoglomus clarum*; C) *Diversispora spurca*; D) *Septoglomus constrictum*; E) *Tricispora nevadensis*; F) *Claroideoglomus claroideum*; G) *Diversispora aurantia*; H) *Claroideoglomus etunicatum*; I) *Glomus* sp.; J) *Funneliformis mosseae*; K) *Acaulospora scrobiculata*; L) *Glomus macrocarpon*; M) *Funneliformis geosporum*; N) *Sclerocystis sinuosa*; y Ñ) *Glomus badium*.

Claroideoglomus etunicatum y *G. macrocarpon* son reportadas por primera vez en el cultivo de aguacate se encontraron en los diez sitios de muestreo, por lo que se pueden considerar como capaces de sobrevivir y formar esporas bajo condiciones diversas, además de competir eficientemente y asegurar el éxito de la colonización, Al respecto, Kahiluoto *et al.* (2001); Opik *et al.* (2006) mencionan que el género *Glomus* tiene una amplia distribución, por lo que se le ha considerado como generalista debido a que sus especies presentan un amplio rango de adaptación en cuanto al tipo de suelo y a las condiciones edafoclimáticas.

La dominancia de *Glomus* en los suelos agrícolas estudiados se debe posiblemente a que cuenta con un micelio extrarradical que coloniza, mientras que otros géneros como *Gigaspora* se desarrollan frecuentemente a partir de esporas (Hart y Reader, 2002; Pérez-Luna *et al.*, 2012). La diversidad de especies de HMA encontradas en este trabajo, coinciden con los valores reportados por González-Cortés *et al.* (2012) en suelos que presentan perturbación, debido a que originalmente la vegetación era de bosque de pino, posteriormente para cultivo de maíz y desde hace aproximadamente 30 años se establecieron huertos de aguacate con diferente manejo agronómico.

Claroideoglopus etunicatum, se ha reportado en suelos asociados al cultivo de *Agave cupreata* en regiones mezcaleras del estado de Michoacán, México, las características más sobresalientes de *C. etunicatum* son sus esporas, las cuales nacen individualmente en el suelo de color amarillo pálido a amarillo, de forma globosa a subglobosa (75-) 95 (-135) μm de diámetro, ocasionalmente ovoide, 110-160 x 140-180 μm , con una hifa subyacente, la estructura subcellular de la espора consiste en una pared de esporas compuesta de dos capas.

La capa 1 mucilaginosa, rugosa en la superficie superior, hialina, 0.5-2.5 μm de espesor, la capa 2, lisa en ambas superficies, amarillo pálido a amarillo y de (4.5-) 5.7 (-6.5) μm de espesor. Sin embargo, en el reactivo de melzer, solo la capa 1 tiñe de rojo rojizo a rojo apagado, por el contrario *G. macrocarpon* sus esporas raramente se encuentran individuales en el suelo, por lo general en esporocarpos que contienen 2-15 esporas distribuidos al azar.

Estas esporas son amarillas, globosas a subglobosas de (110) 115 (-120) micra de diámetro, raramente ovoide o en forma de pera, 100-110 x 115-130 micras. La capa uno es un poco semiflexible, hialina (1.2-) 1.5 (-1.7) μm de espesor, la capa dos laminada, lisa, de color amarillo (4.7-) 6.6 (-7.6) μm de espesor. Ninguna de las dos capas reacciona al reactivo Melzer.

Otras especies de HMA reportadas primera vez en aguacate son: *C. clarum*, *C. claroideum*, *S. constrictum*; sin embargo, estas especies ya habían sido reportadas en ecosistemas naturales y agroecosistemas en parcelas de maíz, áreas de vegetación secundaria y selva baja caducifolia (Guadarrama-Chávez *et al.*, 2007; Pérez-Luna *et al.*, 2012; Chimal-Sánchez *et al.*, 2015).

Mientras que *T. nevadensis*, *D. aurantia* y *G. citrícola* se reportan por primera vez para México. La especie *D. aurantia* fue reconocida por la profundidad de color naranja a dorado color amarillo de sus esporas, su superficie lisa y su sensación coriácea relativamente gruesa (Walker, 1987), las esporas tienen tres capas, de las cuales, la tercera es flexible a semiflexible (Błaszowski, 2012).

Por otra parte, *T. nevadensis* se caracteriza por sus esporas de color marrón amarillo a marrón, 90-115 μm de diámetro, con dos ó tres capas, conspicuas, 6-12 μm de largo, las proyecciones de la espina que se extienden sobre la pared exterior es hialina a subhialina, Paredes y OWL3 OWL2 capas de mancha de color marrón rojizo en el reactivo de Melzer, mientras que la capa exterior OTB1 no mancha o ligeramente rosado; esta especie solamente se había aislado de la rizósfera de *Plantago nivalis* (Plantaginaceae) y *Alchemilla fontquer* (Rosaceae) en la Sierra Nevada, Región de Andalucía, España (Palenzuela *et al.*, 2010), en una zona a 3 000 m de altitud, en suelos ácido (pH de 5.1 a 6.5), altos contenidos de materia orgánica (7.1 a 22.8%) y alta humedad.

Estas condiciones edafoclimáticas coinciden con la zona de estudio, a pesar de estar a menor altitud (1592 m). En la Figura 1 se aprecia la *T. nevadensis* que se caracteriza por formar ornamentación con proyecciones espinosas en la superficie exterior de las esporas (Palenzuela *et al.*, 2010).

El índice de Shannon-Weaver obtenido fue alto (3.192), comparado con los reportados por Pérez-Luna *et al.* (2012) en el cultivo de maíz bajo diferentes tratamientos (1.22 a 1.64) y a los índices de similitud reportados por González-Cortés *et al.* (2012) en bosque y huertos de aguacate (0.88) y cultivo de maíz-aguacate (0.65). Se puede inferir en este análisis que las poblaciones dominantes están en simbiosis activa bajo las condiciones evaluadas (Cuadro 2) teniendo en cuenta lo anterior, los géneros dominantes bajo las condiciones edáficas son en su orden: *Glomus* y *Claroideoglopus*.

Cuadro 2. Especies y morfoespecies de HMA encontradas en la rizosfera de aguacate.

Especie	Núm. de esporas/50 g de suelo	Abundancia relativa (%)
<i>Claroideoglomerum etunicatum</i>	120	4.4
<i>Glomerum citrícola</i>	400	14.5
<i>Glomerum</i> sp.	50	1.8
<i>Sclerocystis rubiformis</i>	800	29
<i>Sclerocystis sinuosa</i>	90	3.3
<i>Septoglomerum constrictum</i>	70	2.5
<i>Funneliformis geosporum</i>	60	2.2
<i>Funneliformis mosseae</i>	90	3.3
<i>Claroideoglomerum claroideum</i>	350	12.7
<i>Claroideoglomerum clarum</i>	400	14.5
<i>Acaulospora scrobiculata</i>	40	1.5
<i>Diversispora aurantia</i>	25	0.9
<i>Diversispora spurca</i>	70	2.5
<i>Entrophospora infrequens</i>	50	1.8
<i>Entrophospora nevadensis</i>	140	5.1
Total	2 755	100

La diversidad taxonómica puede ser afectada por las prácticas agrícolas, la aplicación de fungicidas, así como por el cultivo de especies no micotróficas y el establecimiento de monocultivos; estos factores causan en un cultivo la pérdida o disminución de la diversidad de HMA debido a la presión de selección que se ejerce sobre ellos (Varela y Trejo, 2001; Guadarrama-Chávez *et al.*, 2007; Oehl *et al.*, 2011; Pérez-Luna *et al.*, 2012).

En la zona de estudio se tiene como antecedente que, antes de ser establecido el cultivo aguacate como monocultivo, la cubierta vegetal estaba formada por un bosque mixto de pino-encino, así como por bosques de oyamel, de encino y mesófilo de montaña (Chávez-León *et al.*, 2012). Bautista-Cruz *et al.* (2014) señalan que las morfoespecies de *Glomerum*, *Scutellospora*, *Diversispora* y *Gigaspora* fueron encontradas en bosques mesofilos de montaña. Estos bosques sufrieron un cambio en el uso de suelo, ya que en ellos se establecieron cultivos de maíz, lo que ocasionó una alteración en las comunidades de HMA (González-Cortés *et al.*, 2012). En estos mismos suelos se estableció el cultivo de aguacate.

Acaulospora scrobiculata presentó una abundancia relativa de 1.5% (Cuadro 2), lo que contrasta con lo reportado por González-Cortés *et al.* (2012), quienes reportan alta frecuencia de *A. laevis*, *A. scrobiculata* y *A. spinosa* en sitios asociados al cultivo de aguacate. Estas diferencias pueden atribuirse a la variación en las características del suelo, que, a pesar de tener similar pH, el contenido de materia orgánica fue mayor en los suelos de nuestro estudio y menor el contenido de P-total. Atributo por lo anterior, estas especies se pueden considerar dominantes.

Las condiciones ambientales y características fisicoquímicas del suelo pueden ser determinantes en la abundancia de especies, se ha encontrado que en suelos con pH mayor de 7 es mayor la abundancia de especies del género *Acaulospora* que a pH menores, en los cuales las especies como *A. scrobiculares* aumentan su frecuencia (González-Cortés *et al.*, 2012).

Conclusiones

Existe gran diversidad de HMA en huertos de aguacate de Uruapan. Se identificaron 15 morfoespecies de HMA en la rizósfera de árboles de aguacate, la familia predominante fue *Glomeraceae*, que mostró la mayor diversidad, seguida por *Diversisporaceae*.

Las siete nuevas especies que se reportan en el cultivo de aguacate son *Claroideoglopus clarum*, *C. claroideum*, *Diversispora aurantia*, *Septoglopus constrictum*, *Entrophospora nevadensis*, *Claroideoglopus etunicatum* y *G. citricola*. Las especies *Diversispora aurantia* y *Tricispora nevadensis* registran, por primera vez, en México.

Agradecimientos

Al P/PFCE-2016-16MSU0014T-04, por el apoyo financiero brindado para la realización de esta investigación.

Literatura citada

- Agriculture and Agri-Food Canada. 2014. Catalogue of Arbuscular Mycorrhizal fungi strains available in the *Glomeromycetes in vitro* Collection <http://www.agr.gc.ca/eng/science-and-innovation/agriculture-and-agri-food-research-centres-and-ollections/glomeromycota-in-vitro-collection-ginco/catalogue-of-arbuscular-mycorrhizal-fungi-strains-available-in-he-glomeromycetes-in-vitro-collection/?id=1236785110466>.
- Bautista-Cruz, A. A.; Montaña, N. M.; Camargo-Ricalde, S. L. y Pacheco, L. 2014. Hongos micorrizógenos arbusculares y nutrimentos del suelo asociados a cuatro especies de helechos en dos ecosistemas de Oaxaca, México. *Rev. Chapingo Ser. Cie.* 20(3):199-212.
- Blaszkowski, J. 2003. Arbuscular mycorrhizal fungus (*Glomeromycota*), Endogone and Complexipes species deposited in the Department of Plant Pathology, University of Agriculture in Szczecin, Poland. <http://www.zor.zut.edu.pl/Glomeromycota/index.html>.
- Blaszkowski, J. 2012. *Glomus aurantium* and *G. xanthium*, new species in Glomeromycota, *Mycotaxon.* 90(2):447-467.
- Carreón-Abud, Y.; Aguirre, P. S.; Gavito, M. E.; Mendoza, S. D. J.; Juárez, C. R.; Martínez, T. M. y Trejo, A. D. 2014. Inoculación micorrízico arbuscular en portainjertos de plantas de aguacate cv 'Hass' en viveros de Michoacán, México. *Rev. Mex. Cien. Agríc.* 5(5):847-857.
- Chávez-León, G.; Tapia, V. L. M.; Bravo, E.M.; Saéns, R. J.; Muñoz, F. H. J.; Vidales, F. I.; Larios, G.A.; Rentería, A. J. B.; Villaseñor, R. F. J.; Sánchez, P. J. L.; Alcántar, R. J. J. y Mendoza, C. M. 2012. Impacto de uso de suelo forestal a huertos de aguacate. 1ª (Ed.). INIFAP-SAGARPA. México, DF. 116 p.

- Chimal-Sánchez, E.; García-Sánchez, R.; Hernández-Cuevas, L. V. 2015. Gran riqueza de hongos micorrizógenos arbusculares en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México. *Rev. Mex. Mic.* 41(1):15-26.
- Chimal-Sánchez, E.; Montaña, N. M.; Camargo-Ricalde, S. L.; García-Sánchez, R. y Hernández-Cuevas, L. V. 2016. Nuevos registros de hongos micorrizógenos arbusculares para México. *Rev. Mex. Biodiv.* 87:242-247.
- Daniels, B. A. and Skipper, H. D. 1982. Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil. *In: Schenck, N. C. Methods and principles of mycorrhizal research. Phytopathology.* 244 p.
- De la Tejera-Hernández, B.; Santos, Á.; Santamaría, H.; Gómez, T. y Olivares, C. 2013. El oro verde en Michoacán: ¿Un crecimiento sin fronteras? Crecimiento económico y políticas públicas. *Economía y Sociedad. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo México XVII, México, DF.* 15-40 pp.
- Díaz, F. A.; Alvarado, C. M.; Allende, F. A. y Ortiz, C. F. E. 2016. Crecimiento, nutrición y rendimiento de la calabacita con fertilización biológica y mineral. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 32(4):445-456.
- Gañán, L.; Bolaños-Benavides, M. M. y Asakawa, N. 2011. Efecto de la micorrización sobre el crecimiento de plántulas de plátano con y sin presencia de nematodos fitoparásitos. *Acta Agron.* 60(4):297-305.
- Gerdemann, J. W. and Nicolson, T. H. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 46(2):235-244.
- 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 Ecol.* 5(1):16-23.
- Guadarrama-Chávez, P.; Camargo-Ricalde, S. L.; Hernández-Cuevas, L. y Castillo-Arguello, S. 2007. Los hongos micorrizógenos arbusculares de la región de Nizanda, Oaxaca, México. *Bol. Soc. Bot. México.* 81(1):131-137.
- Gutiérrez-Contreras, M.; Lara-Chávez, Ma. B. N.; Guillén-Andrade, H. y Chávez-Bárceñas, A. T. 2010. Agroecología de la franja aguacatera en Michoacán, México. *Interciencia.* 35(9):647-653.
- Hart, M. H. and Reader, R. J. 2002. Taxonomic basis for variation in the colonization strategy of arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist.* 153(1):335-344.
- IBG. 1993. The International Bank of the *Glomeromycota*. The study of plants without their mycorrhizas is the study of artefacts. <http://www.i-beg.eu/>.
- INVAM. 2018. International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi. The Collection.
- Kahiluoto, H.; Ketoja, E.; Vestberg, M. and Saarela, I. 2001. Promotion of AM utilization through reduce P fertilization. 2. Field studies. *Plant Soil.* 231(1):65-79.
- Lovera, M. y Cuenca, G. 2007. Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y potencial micorrízico del suelo de una sabana natural y una sabana perturbada en la gran sabana Venezuela. *Interciencia.* 32(2):108-114.
- Medina, G. L. R. 2016. La agricultura, la sanidad y los hongos micorrízicos arbusculares: una necesidad, un problema y una alternativa. *Cultivos Tropicales.* 37(3):42-49.
- Oehl, F.; Sieverding, E.; Palenzuela, J.; Ineichen, K. and Alves, S. G. 2011. Advances in *Glomeromycota* taxonomy and classification. *IMA Fungus.* 2(2):191-199.

- Opik, M.; Mora, M.; Liira, J. and Zobel, M. 2006. Composition of root-colonizing arbuscular mycorrhizal fungal communities in different ecosystems around the globe. *J. Ecol.* 94(4):778-790.
- Palenzuela, J.; Barea, J. M.; Ferrol, N.; Azcón-Aguilar, C. and Oehl, F. 2010. *Entrophospora nevadensis*, a new arbuscular mycorrhizal fungus from Sierra Nevada National Park (southeastern Spain). *Mycologia.* 102(3):624-632.
- Pérez-Luna, Y. C.; Álvarez-Solís, J. D.; Mendoza-Vega, J.; Pat-Fernández, J. M.; Gómez-Álvarez, R. y Cuevas, L. 2012. Diversidad de hongos micorrícicos arbusculares en maíz con cultivo de cobertura y biofertilizantes en Chiapas, México. *Gayana Bot.* 69(1):46-56.
- Ramos, H. L.; Arozarena, D. N. J.; Reyna, G. Y.; Telo, C. L.; Ramírez, P. M.; Lescaille, A. J. and Martín, A. G. M. 2013. Arbuscular mycorrhizal fungi, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megatherium* and FitoMas-E: an effective alternative for the reduction of the consumption of mineral fertilizers in *Psidium guajava*, L. var. Enana Roja cubana. *Cultivos Tropicales.* 34(1):5-10.
- Redecker, D.; Schüßler, A.; Stockinger, H.; Stürmer, S. L.; Morton, J. B. and Walker, C. 2013. An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). *Mycorrhiza.* 23(7):515-531.
- Rivera, P. F. A.; González, S. V.; González, A. J. G. y Ossa, L. P. A. 2016. Caracterización molecular, análisis morfológico y colonización micorrízica en la rizósfera del aguacate (*Persea americana* Mill) en Caldas, Colombia. *Acta agron.* 65(4):398-405. Doi: 10.15446/acag.v65n4.51714.
- Schenck, N. C. and Pérez, Y. 1990. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. 3^a (Ed.). Synergistic. Gainesville, FL, EEUU. 286 p.
- Schüßler, A. and Walker, C. 2010. The Glomeromycota: a species list with new families and new genera. www.amf-phylogeny.com. 66 p.
- Shannon, C. E. and Weaver, W. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana. II. EEUU. 144 p.
- SIAP. 2016. Servicio de Información y estadística Agroalimentaria y Pesquera. Datos preliminares del aguacate. <http://www.gob.mx/siap>.
- Silveira, S. V.; Souza, P. V.; Koller, O. C. y Schwarz, S. F. 2003. Elementos minerales y carbohidratos en plantones de aguacate 'carmen' inoculados con micorrizas arbusculares. *Proceedings V World Avocado Congress.* 415-420 p.
- Simó, G. J. E.; Ruiz, M. L. A. y Rivera, E. R. 2015. Manejo de la simbiosis micorrízica arbuscular y el suministro de nutrientes en plantaciones de banano cv. 'FHIA-18' (Musa AAAB) en suelo Pardo mullido carbonatado. *Cultivos Tropicales.* 36(4):43-54.
- Tapia, V. L. M.; Larios, G. A.; Contreras, J. A.; Vidales, F. I. y Barradas, V. L. 2012. Lixiviación de nitratos y condición nutrimental en dos sistemas de manejo de riego y nutricional de aguacate (*Persea americana* Mill.). *Rev. Int. Contam. Ambient.* 28(3):251-258.
- Vandenkoornhuyse, P.; Husband, R.; Daniell, T. J.; Watson, I. J.; Duck, J. M.; Fitter, A. H. and Young, P. W. 2002. Arbuscular mycorrhizal community composition associated with two plant species in a grassland ecosystem. *Molecular Ecology, USA.* 11(18):1555-1564.
- Varela, L. y Trejo, D. 2001. Los hongos micorrizógenos arbusculares como componentes de la biodiversidad del suelo en México. *Acta Zool. Mex.* 1(1):39-51.
- Walker, C. and Koske, R. E. 1987. Taxonomic concepts in the Endogonaceae: IV. *Glomus fasciculatum* redescribed. *Mycotaxon.* 30(1):253-262.