

HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN EL CRECIMIENTO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) VARIETADES GARNICA, CATIMOR, CATURRA Y CATUAÍ

ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN COFFEE GROWTH (*Coffea arabica* L.)
VARIETIES GARNICA, CATIMOR, CATURRA AND CATUAÍ

Hernández-Acosta, E.¹; Trejo-Aguilar, D.^{2*}; Ferrera-Cerrato, R.³; Rivera-Fernández, A.²; González-Chávez, M.C.³

¹Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos. Carretera México-Texcoco km 38.5. Chapingo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. ²Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Agrícolas. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, Xalapa, Veracruz. C. P. 91090. ³Colegio de Posgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230.

*Autor de correspondencia: doratrejo@gmail.com

RESUMEN

Los hongos micorrízicos arbusculares pueden incrementar el rendimiento, mejorar el crecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas en café. La introducción en vivero de estos hongos es de suma importancia, debido a que el manejo adecuado del inóculo fúngico favorece la producción de plántulas de cafeto más vigorosas a bajo costo. Se estudió el efecto de dos inóculos micorrízicos: uno Zac-19, formado por tres especies y otro mono-específico (*Rhizophagus aggregatus*), en cuatro variedades de café (Garnica, Catimor, Caturra y Catuai). Las plantas permanecieron en vivero once meses, se inoculó desde semilla para evaluar su efecto en las plantas. El inóculo Zac-19 fue más eficiente en promover el crecimiento y desarrollo de las plantas. Se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos e incrementos con respecto al testigo en altura (198%), área foliar (676%), volumen de la raíz (910%) y peso seco (1,063%). Al considerar todas las variedades de café, se observó que *R. aggregatus* no fue tan eficiente como Zac-19 pero, mostró incrementos significativos con respecto al tratamiento testigo en todas las variables, excepto en altura. La variedad Catuai no respondió favorablemente a la inoculación micorrízica. Se recomienda la inoculación en el vivero de las plantas de café con Zac-19 y realizar comparación de costos y el tiempo necesario para que plantas inoculadas y las testigo se trasplanten a campo.

Palabras clave: Inóculo micorrízico, crecimiento de la planta, vivero.

ABSTRACT

Arbuscular mycorrhizal fungi can increase yield, improving growth and the vegetative development of coffee plants. The introduction of arbuscular mycorrhizas during nursery stay increases the fungal benefits since the adequate management of mycorrhizal inoculum favors the production of more vigorous coffee seedlings at low cost. The effect of two mycorrhizal inoculants was studied: Zac-19 (formed by tree fungal species) and other monospecific (*Rhizophagus aggregatus*) in four coffee varieties (Garnica, Catimor, Caturra and Catuai). The plants were inoculated from seed and remained in the nursery for eleven months. The inoculum Zac-19 was the most effective in promoting plant growth and development. Significant differences were obtained between treatments and increments with respect to the control in height (198%), foliar area (676%), root volume (910%) and dry weight (1,063%). Regarding all coffee varieties, it was observed that *R. aggregatus* was not as efficient as Zac-19, but significantly increased all variables; except plant height. Catuai variety did not respond favorably to mycorrhizal inoculation. The plant inoculation with Zac-19 allowed obtaining healthy and vigorous plants for field transplant sooner than in the control plants. The use of this fungal inoculum is recommended for coffee nurseries.

Keywords: Biofertilizer, plant growth, nursery

para conservar los recursos bióticos disponibles en el entorno cafetalero. Algunos organismos endosimbiontes, como los hongos micorrízicos arbusculares, forman parte importante del microbioma del suelo, ya que facilitan la absorción de agua y elementos como el P, Zn, Cu, entre otros (Barrer, 2009).

Varios trabajos informan que la asociación micorrízica arbuscular es necesaria para el desarrollo normal del café en campo (Bertolini *et al.*, 2018). Sin embargo, su uso no es común. La fase de vivero es la etapa propicia para la introducción de hongos micorrízicos, ya que el suelo que sirve de sustrato, generalmente se somete a fumigación o esterilización. En este proceso, organismos benéficos, como los hongos micorrízicos también se eliminan (Koide y Mosse, 2004). Por esta razón, la planta carece de un sistema biológico para recibir nutrición esencial y protección contra condiciones adversas durante este periodo de crecimiento. Esta puede ser la causa de que el desarrollo en vivero es lento o complicado.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar en condiciones de vivero el efecto de dos inóculos de hongos micorrízicos arbusculares: Zac-19 y de *Rhizophagus aggregatus* en el crecimiento y desarrollo de cuatro variedades de café (*Coffea arabica* L.): Garnica, Catimor, Caturra y Catuai.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área experimental. El experimento se realizó en el vivero de la Facultad de Ciencias Agrícolas Zona Xalapa, de la Universidad Veracruzana, con localización en Xalapa, Veracruz, México. El

INTRODUCCIÓN

La planta de café tiene su origen en Etiopía, y fueron los comerciantes árabes, quienes la reprodujeron en la Península Arábiga, por ello el nombre de la especie del café es *Coffea arabica*. Actualmente se encuentra distribuida en una diversidad de condiciones ecológicas, en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Programa Mexicano del Carbono, 2016; Prieto-Benavides *et al.*, 2012; Aguirre-Medina *et al.*, 2011; Sánchez-Esmoris *et al.*, 2011).

De acuerdo con la Organización Internacional del Café, México es el undécimo productor mundial (representa 2.4% del total mundial). El cultivo constituye 0.66% del producto interno bruto agrícola nacional y 1.34% de la producción de bienes agroindustriales. Es un cultivo estratégico que emplea a más de 500 mil productores en 15 entidades federativas y 480 municipios. El consumo per cápita anual es de 1.4 kg. Con el 41% de la producción nacional del aromático, Chiapas se ubica como la entidad líder en este rubro, seguida por Veracruz (24%) y Puebla (15.3%). En México se destina 3.24% del total de la superficie cultivada a la producción orgánica del café, se exportan 28,000 toneladas sobre todo a la Unión Europea, donde el consumo total y per cápita aumentó desde el año 2005. Para el ciclo 2018-2019, se calcula que el volumen de producción de México será de 4 millones de sacos, 5.8% más alto que el del año previo de cosecha (SAGARPA, 2018).

La biotecnología constituye una poderosa herramienta para reducir los costos de producción y dependencia de insumos de síntesis química, así como

sitio experimental se ubica a 1,399 msnm, con precipitación pluvial anual promedio de 1,626 mm y temperatura media anual de 18 °C.

Inóculos de hongos micorrízicos arbusculares. Inóculos de hongos micorrízicos arbusculares. Se utilizaron dos inóculos: el consorcio Zac-19 identificado por Chamizo *et al.*, (1998) constituido por *Glomus claroides*, *Glomus diaphanum* (*Rhizophagus diaphanum* (Schüßler y Walker, 2010) y *Glomus albidum* (*Paraglomus albidum* (Oehl *et al.*, 2011) y el conformado por una especie: *Glomus aggregatum* (*Rhizophagus aggregatus*, Walker, 2016), ambos proporcionados por el Área de Microbiología de Suelos del Programa de Edafología del Colegio de Posgraduados Campus Montecillo. Como fuente de inóculo se utilizaron raíces de frijol con 57% y 67% de colonización, respectivamente. Se aplicaron 10 g por planta de las especies mencionadas.

Variedades de café y preparación de las semillas. Se utilizaron las variedades Garnica, Catimor, Caturra y Caturra de la especie *C. arabica* L., con porcentaje de germinación de 95%, 98%, 97% y 90%, respectivamente. Las semillas se trataron para lograr una germinación rápida; se retiró el pergamino para dejar al grano en tipo café oro. Después se remojaron en una solución de agua que contenía cloro y jabón para romper la tensión superficial.

Preparación del sustrato y contenedores. Como sustrato se utilizó una mezcla de suelo y materia orgánica en relación en peso seco 40:60, misma que se tamizó y posteriormente se trató a temperatura de 120 °C por 2.5 h. La mezcla presentó bajo contenido de fósforo y

pH de 6.5. Se utilizaron recipientes de 1 kg de capacidad, previamente desinfectados. Éstos se llenaron con el sustrato para proceder a la siembra.

Siembra e inoculación. En los recipientes, previamente preparados se aplicó el riego un día antes para que el sustrato permaneciera húmedo. Se utilizaron 10 g de inóculo por unidad experimental y éste se colocó a 4 cm de profundidad. Posteriormente sobre éste se puso la semilla a 3 cm de profundidad. La semilla y el inóculo se cubrieron con suelo y una capa delgada de tezontle previamente esterilizado para conservar la humedad del suelo.

Manejo de las plantas en el vivero. El experimento duró once meses. Durante las primeras tres semanas se aplicó riego cada tercer día y posteriormente, con base en los requerimientos de la planta hasta alcanzar la capacidad de campo en el sustrato. No fue necesaria la aplicación de ningún insumo agrícola durante la permanencia de la planta en el vivero.

Evaluación de las variables. A los 330 días después de la siembra, se midió la altura de la planta (con regla desde la base del tallo) y el área foliar ($AF=L \times A \times 0.63$; longitud de la hoja \times ancho de la hoja \times constante). Al final del experimento (335 días después de la siembra) se evaluaron las variables: volumen radical (método volumen desplazado), peso seco (con balanza granataria), porcentaje de colonización micorrízica en las raíces de las plantas (Técnica de clareo y tinción de Phillips y Hayman, 1970) y número de esporas por gramo de suelo seco (Técnica de tamizado de Gerdemann y Nicolson, 1963).

Diseño experimental y análisis estadístico. En el ensayo se estableció un diseño completamente al azar con 12 tratamientos y 15 repeticiones. La unidad experimental fue una planta, debido a que las variedades de café no difieren en sus características fenotípicas durante la fase de vivero. Se realizó análisis de varianza para todas las variedades de café y los parámetros de respuesta que se evaluaron. También se hizo una prueba de comparación de medias de Tukey con $\alpha=0.05$, con el software SAS versión 8.0. (SAS, 2000). La descripción de los tratamientos se muestra en el Cuadro 1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la micorriza arbuscular en el crecimiento del café. El análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas para todas las variables que se evaluaron entre las plantas inoculadas y las testigo. El inóculo micorrízico Zac-19 promovió los valores más altos para todas las variables agronómicas en las cuatro variedades de café (Cuadro 2). Los incrementos con respecto al tratamiento testigo fueron: 198% en altura de las plantas, 676% en área foliar, 910% en volumen radical y 1,063% en peso seco.

Del Águila *et al.* (2018) reportaron menor altura en plántulas de siete meses de *C. arabica*, al evaluar el efecto de la inoculación de consorcios micorrízicos arbusculares en la variedad Caturra, obteniendo incrementos máximos con respecto al tratamiento testigo de 10.65%. Por otro lado, Trejo *et al.* (2011), quienes evaluaron consorcios micorrízicos arbusculares en plantas de café variedad Garnica a los 130 días después de la inoculación, registraron 91% de incremento en altura con respecto al tratamiento testigo. En

crecimiento vegetativo de las variedades de café que se estudiaron en la presente investigación. En comparación con otras investigaciones hechas en café (Aguirre-Medina *et al.* 2011, Sánchez-Esmoris *et al.* 2011, Del Águila *et al.* 2018, Perea *et al.* (2018), queda pendiente analizar si la mayor respuesta en el crecimiento en el presente estudio se debe diferencias en la edad de las plantas, la efectividad de los inóculos micorrízicos, el sustrato que se utilizó o las condiciones ambientales que prevalecieron en los experimentos

Efecto de la interacción variedad vs cepa en el desarrollo y crecimiento de las plantas de café. Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas cuando se evaluó la interacción variedad vs inóculo micorrízico en altura de la planta, área foliar, volumen radical y peso seco (Cuadro 3). La interacción Garnica-Zac-19 originó los incrementos más altos con respecto al tratamiento testigo para todas las variables que se evaluaron: 1,211% en altura; 771.6% en área foliar; 866% en volumen radical y 1,211% en peso seco. La siguiente interacción más eficiente en el crecimiento y desarrollo de las plantas fue Caturra-Zac-19, la cual también mostró incrementos significativos en el crecimiento de la planta, respecto al tratamiento testigo (Cuadro 3).

Los resultados obtenidos en la presente investigación fueron superiores a los que reporta Perea *et al.* (2018) en altura de la planta (142%) y peso seco (482%) e inferiores para la variable área foliar (1,038%), cuando investigaron durante ocho meses el efecto de la interacción entre consorcios micorrízicos nativos y plantas de café de la variedad Garnica a nivel vivero.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos para evaluar el efecto de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares en cuatro variedades de plantas de café.

Tratamiento	Hongo micorrízico arbuscular	Variedad de café	Repeticiones
1	<i>Rhizophagus aggregatus</i> [†]	Garnica	15
2	Zac-19	Garnica	15
3	Testigo	Garnica	15
4	<i>Rhizophagus aggregatus</i>	Catimor	15
5	Zac-19	Catimor	15
6	Testigo	Catimor	15
7	<i>Rhizophagus aggregatus</i>	Caturra	15
8	Zac-19	Caturra	15
9	Testigo	Caturra	15
10	<i>Rhizophagus aggregatus</i>	Catuai	15
11	Zac-19	Catuai	15
12	Testigo	Catuai	15

[†]Se usa nombre convencional previo a la más reciente publicación sobre taxonomía de hongos micorrízicos arbusculares.

el presente trabajo se evidencia la influencia positiva de la inoculación en la altura de las plantas, al obtener incrementos de 96% hasta 198%.

Al evaluar el efecto de *Glomus intraradices* [Schenck & G.S. Sm, con nombre actual *Rhizofagus intraradices* (Walker & Schüßler comb. nov.) de acuerdo con Schüßler y Walker, 2010 o *Rhizogloium intraradices* (Schenck & GS Sm) Sieverding, Silva, Berndt & Oehrt de acuerdo a Sieverding *et al.* 2015) y abonos orgánicos (a los 70 días después de la siembra) en el crecimiento de plantas de café, Sánchez-Esmoris *et al.* (2011) observaron incrementos significativos en el área foliar (287%) de plantas inoculadas en comparación con el área foliar de plantas testigo, aunque esos incrementos fueron inferiores a los que se obtuvieron en el presente trabajo (676%). También fueron superiores a los obtenidos por Del Águila *et al.* (2018), quienes encontraron incrementos máximos de 239% en plantas de siete meses de edad.

En la variable peso seco, Aguirre-Medina *et al.* (2011), obtuvieron resultados inferiores (de 94% a 120%) a los obtenidos en la presente investigación (1,063%) cuando evaluaron el efecto de la inoculación de *R. intraradices* en plantas de café durante 210 días. En general se mostró la eficiencia de Zac-19 en el

Cuadro 2. Efecto de hongos micorrízicos arbusculares en el crecimiento de las plantas de cuatro variedades.

Inóculo micorrízico	Variable			
	Altura cm	Área Foliar cm ²	Volumen Radical cm ³	Peso Seco g
<i>Rhizophagus aggregatus</i>	8.43b	82.95b	4.32b	1.25b
Zac-19	17.36a	225.96a	13.20a	4.04a
Testigo	8.77b	33.39c	1.45c	0.38c

Medias con letras distintas en cada columna muestran diferencias estadísticas significativas (Tukey $\alpha=0.05$).

De acuerdo con Del Águila *et al.* (2018) y Trejo *et al.* (2011), las variedades Garnica y Caturra crecen más rápido y presentan mejor crecimiento vegetativo cuando se inoculan con consorcios micorrízicos. Sin embargo, en la presente investigación se resalta que se obtuvieron resultados muy superiores a los logrados en las dos investigaciones citadas, sobre todo para las variables altura de la planta y área foliar.

Los resultados muestran que no todos los inóculos funcionan de la misma manera. En este caso, el tratamiento compuesto por más de una especie (Zac-19) incrementó las variables medidas, similar a

lo reportado por Trejo *et al.* (2011) con consorcios de especies arbusculares. Por otra parte, no todas las variedades de café respondieron a la inoculación micorrízica de la misma forma. Las plantas de la variedad Catuai no se beneficiaron por la inoculación; todas las variables fueron significativamente similares entre plantas testigo y las inoculadas, a pesar de que si hubo colonización (Cuadros 3 y 4).

Colonización endomicorrízica total y número de esporas. Los hongos micorrízicos arbusculares fueron inefectivos y colonizaron las raíces de las plantas de café. Al final del experimento se evaluó el porcentaje

de colonización y el valor más alto fue de 34.32% en la variedad Garnica cuando se inoculó con Zac-19 (Cuadro 4).

El porcentaje de colonización más alto que se obtuvo con la cepa *R. aggregatus* fue de 23.5% en la variedad Catimor. Resultados superiores en colonización micorrízica (51.33%) a los reportados en el presente estudio (34.32%), fueron obtenidos por Perea *et al.* (2018), cuando se evaluó la interacción consorcio micorrízico y plantas de café variedad Garnica a nivel vivero.

Estudios realizados en el trópico reportan la eficiencia de los hongos

Cuadro 3. Efecto de la interacción variedad-cepa en el desarrollo y crecimiento de las plantas de café.

Variedad	Inoculante	Altura (cm)	Área Foliar (cm ²)	Volumen Radical (cm ³)	Peso Seco (g)
Garnica	<i>Rhizophagus aggregatus</i>	0.51c*	40.29cd	1.77cd	0.81bc
Garnica	Zac-19	5.45a	341.62a	20.80a	5.45a
Garnica	Testigo	0.45c	44.27cd	2.40cd	0.45bc
Catimor	<i>Rhizophagus aggregatus</i>	2.12b	143.23bc	7.23c	2.12b
Catimor	Zac-19	4.49a	238.39ab	13.93b	4.49bc
Catimor	Testigo	0.47bc	34.55d	1.43cd	0.47bc
Caturra	<i>Rhizophagus aggregatus</i>	1.93bc	114.65cd	6.77cd	1.93bc
Caturra	Zac-19	4.79a	290.97a	15.71cb	4.73a
Caturra	Testigo	0.27c	28.06cd	1.01d	0.27c
Catuaí	<i>Rhizophagus aggregatus</i>	0.41c	33.62d	1.53cd	0.41bc
Catuaí	Zac-19	1.43bc	2.35cd	32.88d	1.19bc
Catuaí	Testigo	0.33c	0.95d	26.88d	0.33c

*Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Tukey $\alpha=0.05$).

Cuadro 4. Porcentaje de colonización micorrízica total y número de esporas al finalizar el experimento en vivero.

	Colonización micorrízica (%)		Número de esporas (100 g de suelo seco)	
	<i>Rhizophagus aggregatus</i>	Zac-19	<i>Rhizophagus aggregatus</i>	Zac-19
Garnica	9.70	34.32	2 170	4 128
Catimor	23.50	27.42	2 953	4 764
Caturra	10.40	16.53	3 721	6 469
Catuaí	0.10	15.44	1 987	2 395

micorrízicos arbusculares en las plantas de café, donde refieren diferentes porcentajes de colonización. Sánchez-Esmoris *et al.* (2011) observaron 51% de colonización en plantas inoculadas con *Glomus fasciculatum* [Thaxt con nuevo nombre *Rhizofagus fasciculatus* (Thaxt) Walker & Schüßler comb.nov de acuerdo a Schüßler y Walker 2010 o *Rhizoglomus fasciculatum* (Thaxt) Sieverding, Silva, Berndt & Oeht de acuerdo a Sieverding *et al.* 2015)] en la provincia de Cienfuegos, Cuba. Aguirre-Medina *et al.* (2011) obtuvieron porcentaje de 18%, en plantas de café variedad Oro Azteca en Chiapas, México, cuando se inoculó con *R. irregularis*. Del Águila *et al.* (2018) reportaron porcentajes de colonización de hasta 31% en plantas de café variedad Caturra en la Amazonia Peruana. En tanto, Trejo *et al.* (2011) observaron 90.2% de porcentaje de colonización en plantas de café de la variedad Garnica, en Veracruz, México.

El número de esporas producidas por los hongos micorrízicos en las plantas en vivero se observa en el Cuadro 4. Zac-19 produjo el mayor número de esporas (de 2,395 a 6,469) en las variedades de café. La variedad Caturra presentó los valores más elevados, seguida por las variedades Catimor, Garnica y Catuaí. El periodo más largo de estancia de las plantas en el vivero en el presente trabajo produjo mayor número de esporas a lo observado por Sánchez-Esmoris *et al.* (2009), quienes reportaron 161 esporas en 50 g de suelo seco a los 70 días después de la siembra e inoculación de plantas de café.

Esta investigación y las que se presentan en el documento comprueban que la inoculación de las plántulas de café es necesaria para favorecer su crecimiento. Resultó interesante observar que la respuesta a la inoculación, los porcentajes de colonización y número de esporas varían, de acuerdo a las especies de los hongos, variedades de café y etapas fenológicas que se estudiaron.

CONCLUSIONES

La inoculación con hongos micorrízicos incrementó el crecimiento de plantas de café; siendo el inóculo Zac-19 más eficiente en comparación con *Rhizophagus aggregatus*. Sin embargo, el efecto de la inoculación fue dependiente de la variedad de café. El orden de respuesta a la inoculación fue Garnica>Caturra>Catimor, mientras que la inoculación no afectó ninguna de las variables de crecimiento en la variedad Catuaí. Aunque Zac-19 presentó mayor co-

lonización micorrízica (entre 15% y 34%) que *R. aggregatus* (entre 9% y 23.5%) y también mayor número de esporas, estas variables no se relacionaron con el efecto que se observó en las variedades de café. El mayor crecimiento de las plantas al estar inoculadas sugiere que su permanencia en el vivero antes de trasplantarlas a campo y los costos de mantenimiento se podrían reducir. Sin embargo, se requiere realizar las aproximaciones económicas del beneficio de la inoculación de las plantas en el vivero.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Medina J.F., Moroyoqui-Ovilla D.M., Mendoza-López A., Cadena-Iñiguez J., Avendaño-Arrazate C.H., Aguirre-Cadena J.F. 2011. Hongo endomicorrizico y bacteria fijadora de nitrógeno inoculadas a *Coffea arabica* en vivero. *Agron. Mesoam.* 22: 71-80.
- Barrer S.E. 2009. El uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. *Rev. Fac. Cien. Agrar.* 7: 123-133.
- Bertolini V. B., Montaña M. N., Chimal S.E., Varela L.F., Gómez R.J., Martínez V.M. 2018. Abundancia y riqueza de hongos micorrizógenos arbusculares en cafetales de Soconusco, Chiapas, México. *Rev. Biol. Trop.* 66: 91-105.
- Chamizo A., Ferrera-Cerrato R., Varela L. 1998. Identificación de especies de un consorcio del género *Glomus*. *Rev. Mex. Micol.* 14: 37-40.
- Del Águila K.M., Vallejos-Torres G., Arévalo L.A., Becerra A.G. 2018. Inoculación de consorcios micorrizicos arbusculares en *Coffea arabica*, Variedad Caturra en la Región San Martín. *Información Tecnológica* 29: 137-146.
- Gerdemann J.W., Nicolson T.H. 1963. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 46: 235-244.
- Koide R., Mosse B. 2004. A history of research on arbuscular mycorrhiza. *Mycorrhiza.* 145-163.
- Oehl F., Da Silva G.A., Tomio G.B., Sieverding E. 2011. Glomeromycota: three new genera and glomoid species reorganized. *Myxotaxon* 116: 75-120.
- Perea R.Y.C., Arias R.M., Mendel O.R., Trejo A.D., Heredia G., Rodríguez Y.Y. 2018. Effects of native arbuscular mycorrhizal and phosphate-solubilizing fungi on coffee plants. *Agroforest Syst.* doi: 10.1007/s10457-018-0190-1
- Phillips J., Hayman D. 1970. Improved procedures for clearing roots and vesicular-arbuscular fungi for rapid assessment of the infection. *Trans. British. Mycol. Soc.* 55: 158-161.
- Prieto-Benavides O. O., Belezaca-Pinargote C.E., Mora-Silva W.F., Garcés-Fiallos F.R., Sabando-Ávila F. A., Cedeño-Loja P.E. 2012. Identificación de hongos micorrizicos arbusculares en sistemas agroforestales con cacao en el trópico húmedo ecuatoriano. *Agron. Mesoam.* 23: 233-239.
- Programa Mexicano del Carbono. 2016. Una red para salvar la sombra de la Sierra Madre de Chiapas. Campaña a favor de los acervos de carbono y la biodiversidad en los cafetales bajo sombra. *Breves de Políticas Públicas.* Universidad Autónoma Metropolitana. Boletín informativo. México. D. F.

- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2018. México, onceavo productor mundial de café. Disponible en: <https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/mexico-onceavo-productor-mundial-de-cafe? Idiom =es> 2 de abril 2018.
- Sánchez-Esmoris C., Rivera-Espinosa R., Caballero-Bencosme D., Cupull-Santana R., González-Fernández C., Urquiaga-Caballero S. 2011. Abonos verdes e inoculación micorrízica de posturas de cafeto sobre suelos fersialíticos rojos lixiviados. *Cult. Tropic.* 31: 11-17.
- Sánchez C., Rivera R., Caballero D., Cupull R., González C., Urquiaga S. 2009. Los abonos verdes y la inoculación micorrízica de plántulas de *Coffea arabica* sobre suelos cambisoles gléyicos. *Cult. Tropic.* 30: 5-10.
- SAS Institute. 2000. Software SAS version 8. Nashville Enabled. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA.
- Schüßler A, Walker C. 2010. The Glomeromycota. A species list with new families and new genera. Disponible: <http://www.amf-phylogeny.com>.
- Sieverding E., Silva G.A., Berndt R., Oehl F. 2014. *Rhizoglosum*, a new genus of the Glomeraceae. *Mycotaxon* 129: 373-386.
- Trejo D., Ferrera-Cerrato R., García R., Varela L., Lara L., Alarcón A. 2011. Efectividad de siete consorcios nativos de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de café en condiciones de invernadero y campo. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 84: 23-31.
- Walker C. 2016. Nomenclatural novelties. *Index Fungorum*. 286:1-1 disponible <http://www.mycobank.org>.

