

Efecto de hongos formadores de micorrizas arbusculares en clones de café (*Coffea arabica*) variedad Caturra

Effect of arbuscular mycorrhizae in clones of *Coffea arabica*, Caturra variety

Geomar Vallejos-Torres^{1,3*}, Tito Sánchez^{1,2}, Marco A. García¹, Marcial Trigoso¹ y Luis A. Arévalo¹

1. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Jr. Belén Torres de Tello 135, San Martín - Perú. 2. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Calle Higos Urco N° 342 - 350 - 356, Amazonas-Perú. 3. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Martín, Jr. Maynas N° 177, Tarapoto, San Martín, Perú. *Autor para correspondencia: gvallejost@gmail.com

Rec: 2018-05-11 Acep: 2019-12-26

Resumen

Se evaluó el efecto de la inoculación de hongos micorrícicos arbusculares en las características morfológicas de plantas clonales de café (*Coffea arabica* L.) variedad Caturra en ambientes de invernadero. El estudio fue realizado en la provincia de Rodríguez de Mendoza, región Amazonas, Perú, utilizando un diseño completamente al azar con tres repeticiones y trece tratamientos. Los hongos micorrícicos fueron aislados de fincas cafetaleras y multiplicados con plantas trampas de maíz (*Zea mays*). Los clones de café fueron enraizados en sustrato esterilizado y posteriormente inoculados con 1500 esporas del hongo. Los mejores resultados se encontraron con los hongos provenientes de San Nicolás-1 inoculados en la variedad Típica, inóculos provenientes de Omia V en esta misma variedad y de Omia VI en la variedad Caturra. Con estos inóculos se encontraron diferencias ($P < 0.005$) en altura de planta, producción de MS de la parte aérea y radicular en relación con el testigo sin inocular. La colonización radicular y la población de micelio extra-radicular fueron afectados por la procedencia de los HMA. Este estudio confirma que el cultivo de café es dependiente de la asociación simbiótica con hongos micorrícicos arbusculares nativos (HMA-N), ayudando en la absorción de nutrientes y agua necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Palabras clave: *Café, frecuencia micorrícica, inóculo, intensidad micorrícica, micelio.*

Abstract

The effect of inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi on the morphological characteristics of coffee clonal plants (*Coffea arabica* L.) Caturra variety in greenhouse environments was evaluated. The study was conducted in the province of Rodríguez de Mendoza, Amazonas region, Peru, using a completely randomized design with three repetitions and thirteen treatments. Mycorrhizal fungi were isolated from coffee farms and multiplied with corn trap plants (*Zea mays*). The coffee clones were rooted in sterilized substrate and subsequently inoculated with 1500 spores of the fungus. The best results were found with fungi from San Nicolás-1 inoculated in the Typical variety, inocula from Omia V in this same variety and from Omia VI in the Caturra variety. With these inoculums, differences were found ($P < 0.005$) in plant height, production of DM of the aerial and root part in relation to the uninoculated control. Root colonization and the population of extra-root mycelium were affected by the origin of the AMF. This study confirms that coffee cultivation is dependent on the symbiotic association with native arbuscular mycorrhizal fungi (HMA-N), aiding in the absorption of nutrients and water necessary for plant growth and development.

Keywords: *Coffee, mycorrhizal frequency, inoculum, mycorrhizal intensity, mycelium.*

Introducción

La relación simbiótica que se establece entre los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) y las raíces promueve un mayor crecimiento y desarrollo de las plantas. Los hongos se benefician con el suministro de carbohidratos provenientes de la planta y ésta, a su vez, desarrolla una mayor capacidad de absorción de nutrientes del suelo a través de las raíces. lo que promueve su crecimiento y desarrollo (Martín et al., 2010). Los HMA constituyen vías alternativas para la nutrición de las plantas con efectos positivos sobre los rendimientos de los cultivos (Terry et al., 2006). Estos hongos forman simbiosis con las raíces de las plantas de manera natural y se encuentran en 95% de las especies vegetales (Miransari, Baharami, Rejali y Malakouti, 2009).

El micelio de los HMA funciona como un sistema radicular complementario de las plantas (Hernández et al., 2008) que se extiende más allá de la zona de reserva de nutrientes cercana a la raíz (Bucher, 2006), además cumplen funciones en la búsqueda, absorción y transporte de nutrientes para la planta, especialmente aquellos de lenta difusión en la solución del suelo como fósforo, zinc, cobre y amonio, con capacidad para absorber hasta 40 veces más que un pelo radicular gracias a su amplia exploración extraradicular (Peña-Venegas y Cardona, 2010).

El café es considerado como un cultivo micótrofo obligatorio, con una alta dependencia micorrícica según la especie y la etapa de crecimiento (Fernández et al., 2005), siendo la etapa de vivero la más adecuada para la inoculación con hongos micorrícicos (Trejo et al., 1998).

Según Morton y Benny (1990) y Del Águila et al., (2018) el sistema de hifas que se desarrolla fuera de la raíz permite una mayor exploración de los suelos incrementando, de esta manera, la captura y absorción por la planta de nutrientes de baja disponibilidad como el fósforo, cobre y zinc.

En la provincia de Rodríguez de Mendoza, Amazonas, Perú, el cultivo de café es un renglón importante dentro de la actividad agrícola y económica, alcanzando en 2015 una producción de 6914 t de café pergamino. Según el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2015), en 2014 las provincias con mayor producción de café en la región de Amazonas fueron Utcubamba, Luya y Rodríguez de Mendoza.

Con base en lo anterior, el presente trabajo tuvo por objetivo evaluar la efectividad de 12 fuentes de inóculos de HMA-Nativos sobre la altura de planta, la producción de MS radicular y

la parte aérea y el área foliar en plantas clonadas de café variedad Caturra en los ambientes del invernadero en la provincia Rodríguez de Mendoza, Región Amazonas-Perú.

Materiales y métodos

Área de estudio y localización de las fincas

El estudio se realizó en la provincia Rodríguez de Mendoza, región Amazonas-Perú, entre las coordenadas 6°18'57"S y 77°32'17"O, a 1295 m.s.n.m. El clima es cálido y húmedo y la región corresponde al ecosistema Ceja de Selva. La época más lluviosa ocurre entre noviembre y marzo, y la temperatura es variable entre 12 y 30 °C. Para el estudio fueron seleccionadas 12 fincas cafetaleras (Tabla 1) de las variedades Típica y Caturra, localizadas en los distritos Cochamal, Huambo, Mariscal Benavides, Omia y San Nicolás, cultivados con una tecnología intermedia tradicional en la región.

Tabla 1. Procedencia de consorcios de hongos micorrícicos arbusculares nativos en cultivo de café. Amazonas, Perú.

Tratamiento (no.)	Procedencia	Variedad
T0	Testigo (suelo estéril)	
T1	San Nicolás - I	Típica
T2	Huambo - I	Típica
T3	Cochamal	Caturra
T4	Omia - I	Caturra
T5	Omia - II	Típica
T6	Omia - III	Caturra
T7	San Nicolás - I	Típica
T8	Mariscal Benavides	Caturra
T9	Omia - IV	Típica
T10	Omia - V	Típica
T11	Omia - VI	Caturra
T12	Huambo - II	Caturra

Diseño experimental

Los tratamientos fueron dispuestos en un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), con 13 tratamientos (12 consorcios de HMA-Nativos más un testigo), con tres repeticiones y cuatro plantas por repetición, para un total de 39 unidades experimentales.

Recolección y multiplicación de HMA-Nativos

La recolección se hizo en suelo rizosférico en 12 fincas cafetaleras a 30 cm a partir de la base del tallo principal de la planta de café y 30 cm de profundidad, de acuerdo con la recomendación de Montilla et al., (2005). Las muestras fueron llevada a laboratorio, donde se dividieron en dos submuestras, una de ellas para realizar el conteo inicial de esporas y la otra fue llevada a los ambientes del invernadero para multiplicar las esporas, utilizando maíz (*Zea mays* L.) como planta nodriza (Sieverding, 1991). Después de 60 días, se suspendió la aplicación de riego a estas plantas y 20 días más tarde fueron cosechadas a ras de suelo (Del Águila et al., 2018).

Se preparó una mezcla de suelo esterilizado en horno a 200 °C y arena de río desinfectado en agua hervida 100 °C, en proporción (2:1 v/v). El contenido de P en la mezcla fue de 13 mg/kg considerado como medio. Los clones de café variedad Caturra enraizados en micro túneles fueron inoculados individualmente con 1500 esporas de cada consorcio micorrícico obtenido en las plantas nodriza.

Clonación de plantas de café

Se seleccionaron 60 plantas de café de la variedad Caturra con alta productividad y tolerancia a roya, con un promedio de edad entre 6 y 8 años. Entre 60 y 90 días después de la inducción, proceso que consiste en agobiar las plantas de café con dirección al suelo formando un ángulo de 45° y poda de ramas laterales para la activación de auxinas en las yemas axilares, generando brotes ortotrópicos. Estos brotes fueron cosechados y conducidos a laboratorio para su acondicionamiento, estandarizando el tamaño a 5 cm, con dos hojas y 50% de área foliar. Con el fin de prevenir la presencia de hongos, los brotes fueron desinfectados con Antracol 70% PM a una concentración de 3 g/l de agua durante 10 min. A continuación, la parte basal del brote fue introducida en una solución de hormona de ácido indol-butírico (AIB) a 2000 ppm aplicado a cada brote mediante el método de inmersión rápida, posteriormente fueron establecidos en cámara húmeda. Para mantener la humedad relativa en rangos mayores que 80%, cada hora durante 3 min se aplicó riego nebulizado en el interior del microtúnel durante el proceso de propagación clonal. Las plántulas de café clonadas fueron colocadas en un vivero con sombra al 80% por un periodo de 15 días y después fueron transferidos a otro vivero que tenía sombra al 50% por 15 días más completando así el proceso de aclimatación (Vallejos-Torres et al., 2019).

Parámetros evaluados

Los efectos de los consorcios micorrícicos (tratamientos) aplicados fueron evaluados tanto en las características morfológicas de las plántulas de café como en las variables fúngicas. Entre las características de la planta se incluyeron:

Altura de plántula (H)

La medición se realizó con una regla métrica desde la base del tallo hasta el ápice de la planta. Después de cada medición, el material utilizado fue desinfectado con alcohol al 96%, para evitar la contaminación entre los consorcios en estudio (Del Águila et al., 2018).

Área foliar (AF)

Para esta medición, se colocaron todas las hojas de las plantas de café en una superficie oscura y fueron fotografiadas claramente para determinar el área foliar. La medición se hizo con el software ASSES, que permite calcular el área foliar mediante colores de contraste tomando como referencia un objeto calibrador con área conocida (Del Águila et al., 2018).

Materia seca radicular (MSR)

La determinación de materia seca radicular se hizo por secado de las raíces lavadas de las plantas de café, en estufa a 60 °C por 72 h y el pesaje en una balanza analítica (Del Águila et al., 2018). Como características fúngicas se determinaron:

Porcentaje de colonización (PC).

Para esta determinación se hizo tinción de raíces siguiendo la metodología de Phillips y Hayman (1970) con azul de Trypano, vinagre y agua oxigenada antes de colocarlas en baño maría. Luego de la tinción fueron cortadas en trozos de 1 cm para obtener en total 30 fragmentos que fueron colocados en láminas portaobjetos y observadas en microscopio compuesto con aumento de los objetivos a 100X. Para el cálculo del porcentaje de colonización de hifas interna o frecuencia micorrícica (F.M.) se utilizó la fórmula de Sieverding (1983) (Ecuación 1) y para la evaluación de la intensidad micorrícica (I.M.) se aplicó fórmula de Trouvelot y Kough (1986) (Ecuación 2).

$$F.M. (\%) = \frac{N^{\circ} \text{ Campos infectados}}{N^{\circ} \text{ Campos observados}} \times 100 \quad \text{Ec. 1}$$

$$I.M. (\%) = \frac{(n1 + 5(n2) + 30(n3) + 70(n4) + 95(n5))}{N} \times 100 \quad \text{Ec. 2}$$

Donde, *N*: Número total de raíces evaluadas y *n*: Número de fragmentos clasificados.

Longitud de micelio extra-radicular (LMER)

Para esta medición se pesó una muestra de 1 g de suelo la cual fue sometida al proceso de tinción de micelio extra-radicular propuesta por Robles (2009), antes de ser colocada en placas Petri con cuadrantes de 0.5 cm² en la base. Para la evaluación se utilizó un estereoscopio con aumentos de 3x y 4.5x, contando la intersección hifa/línea (Robles, 2009). El número de intersecciones obtenidas se reemplazó en la fórmula de determinación de longitud de micelio extra-radicular (cm) propuesta por Newman (1966).

Análisis estadísticos

Los datos de altura, materia seca, área foliar y longitud de micelio fueron transformados por $\sqrt{x+1}$ (Padrón, 1996); mientras que para los datos de intensidad y frecuencia micorrícica se utilizó la transformación angular $\arcsen \sqrt{x\%}$ (Box y Hunter, 1988). Con los datos obtenidos se realizó el análisis de variancia y para la comparación de las medias se utilizó la prueba de Tukey con nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Resultados y discusión

Efecto de fuentes de inóculos de HMA nativos

El análisis de varianza (Tabla 2) para los diferentes tratamientos mostró diferencias ($P < 0.05$) para altura de planta-H, materia seca radicular-MSR, área foliar AF, intensidad micorrícica-IM, frecuencia micorrícica-FM, longitud de micelio-

LM, sugiriendo que las variables evaluadas dependen, entre otras condiciones, de las fuentes de inóculos de HMA nativos.

La prueba de Tukey (Tabla 3) para los diferentes tratamientos mostró que los consorcios más eficientes en las variables morfológicas y fúngicas fueron el consorcio procedente de las fincas Omia-V (T10), San Nicolás-I (T1) y Omia-VI (T11), mostrando diferencias significativas ($P < 0.05$) respecto al testigo sin inoculación micorrícica.

El testigo presentó la menor tasa de crecimiento (altura) con 6.15 cm; mientras que la mayor altura se observó con el T10 Omia-V en la variedad Tipica. Entre los tratamientos con inoculación micorrícica se encontraron valores desde 6.83 hasta 8.09 cm, con una tasa de incremento desde 6% a 25% respecto al testigo; resultado similar encontraron Del Águila et al.,

Tabla 2. Cuadrados medios para el efecto del porcentaje de colonización de HMA nativos en características de planta de café (*Coffea arabica*), 120 días después del comienzo de la evaluación. Amazonas, Perú.

Fuente de variación	H (cm)	MSR (g)	AF (cm ²)	IM (%)	FM (%)	LM (cm)
SCM	3.072 *	0.223 *	12188.225 *	91.189 *	1063.77 *	6240.119 *
C.V. (%)	4.3	14.57	6.33	20.48	22.24	13.47
R ² (%)	72.87	71.06	87.44	88.43	81.97	98.37

* = Significativo ($P < 0.05$). H: altura; MSR: materia seca radicular; AF: área foliar; IM: intensidad micorrícica; FM: frecuencia micorrícica; LM: longitud de micelio; SCM: suma de cuadrados medios, C.V.: coeficiente de variación; R²: coeficiente de determinación

Tabla 3. Efecto de los HMA nativos en el porcentaje de inoculación y características de plantas de café (*Coffea arabica*). Amazonas, Perú.

Tratamientos (fuente de inóculo)	Características de planta			HMA		
	H (cm)	MSR (g)	AF (cm ²)	IM (%)	FM (%)	LM (cm)
T0	6.15 d	0.36 g	132.43 h	0	0	0
T1	8.02 a	0.73 b	235.16 ab	1.46 b	23.33 b	65.23 b
T2	7.35 b	0.65 bcd	179.42 def	0.65 cdef	7.60 ef	11.22 e
T3	6.83 cd	0.53 ef	172.49 fg	0.54 defg	12.14 cde	13.61 de
T4	6.86 cd	0.57 cdef	191.52 d	0.56 defg	10.56 de	17.33 d
T5	6.86 cd	0.62 bcdef	191.77 d	0.22 fg	5.87 ef	4.49 g
T6	6.84 cd	0.64 bcde	190.63 de	0.36 efg	5.83 ef	10.45 ef
T7	7.19 bc	0.54 def	183.60 def	0.97 bcde	19.72 bc	12.57 e
T8	7.05 bc	0.50 f	156.27 g	0.32 fg	4.17 ef	6.74 fg
T9	7.25 bc	0.64 bcde	209.73 c	1.06 bcd	20.00 bc	25.69 c
T10	8.09 a	0.95 a	247.42 a	4.28 a	36.94 a	75.59 a
T11	7.89 a	0.67 bc	226.52 b	1.24 bc	19.72 bc	24.68 c
T12	7.06 bc	0.57 cdef	174.32 ef	0.85 bcdef	16.11 bcd	17.17 d

H: altura; MSR: materia seca radicular; AF: área foliar; IM: intensidad micorrícica; FM: frecuencia micorrícica; LM: longitud de micelio. * $P < 0.05$.

(2018) en condiciones de vivero encontrando incrementos entre 35% y 40% respecto al testigo. Mientras que Trejo et al., (2011) en estudios realizados con inoculaciones de HMA a nivel de invernadero encontraron incrementos de altura de plantas de cafeto de 91% en comparación con el testigo siendo estos incrementos mayores que los encontrados en la presente investigación.

Para el área foliar se encontró una tendencia similar a la de la altura de planta; siendo nuevamente mayor con el T10, seguido de los tratamientos T1 y T11, consorcios micorrícicos procedentes de Omia-V, San Nicolás-I y Omia-VI. Al respecto Augé (2001) indica que la asociación de hongo-planta genera incrementos de las tasas fotosintéticas, por tanto, lo que favorece el crecimiento y desarrollo de la planta.

La intensidad (4.28%) y frecuencia de colonización (36.94%) micorrícica por HMA-N fueron más altas en el T10 (Tabla 3). Las diferencias en condiciones ambientales y el tipo de suelo influyen en los resultados de la baja colonización, así, los HMA de un suelo se comportan diferente a los de otros suelos (Hart y Reader, 2002). Por su parte, Sieverding (1991) encontró que la presencia de sombra en la simbiosis hongo-planta igualmente reduce la colonización micorrícica y la propagación de las esporas, lo que inhibe la colonización.

En la Figura 1 y 2 aparecen las correlaciones entre altura de planta con frecuencia e intensidad micorrícica en la variedad Caturra. Los resultados indican que el crecimiento y desarrollo de las plantas clonales de cafeto dependen de la

Tabla 4. Análisis de correlación lineal de Pearson entre variables morfológicas de clones de café y longitud de micelio extra-radicular (LMER). Amazonas, Perú.

Variables	Longitud
Altura de planta (cm)	0.72
Área foliar (cm ²)	0.78
Materia seca radicular (g)	0.70

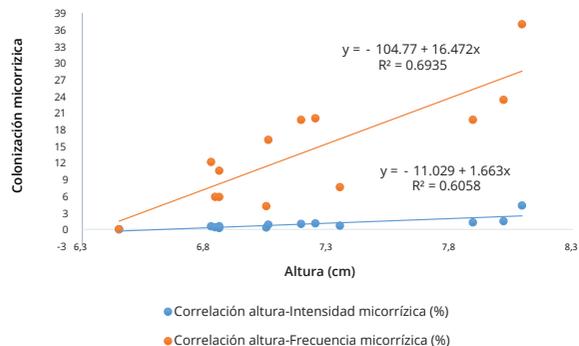


Figura 1. Correlación entre la frecuencia e intensidad Micorrízica y la altura de plantón de café variedad Caturra. Amazonas, Perú.

longitud de micelio extra-radicular, siendo todos los consorcios de HMA-N efectivos en todos los tratamientos inoculados, en comparación con el testigo sin inóculo de HMA-N. En la Tabla 4 se observa que las correlaciones entre la longitud de micelio extra-radicular con las variables morfológicas de planta clonal fueron siempre altas y positivas, con valores entre 0.70 y 0.78, lo que concuerda con los resultados de Evans y Miller (1988).

Los mejores consorcios de HMA-N con mayor longitud de micelio extra-radicular fueron aquellos procedentes de las localidades Omia-V, San Nicolás-I, Omia-IV y Omia-VI los cuales, a su vez, presentaron los mayores valores de altura de planta, área foliar y materia seca radicular, con valores promedios de micelio extra-radicular de 75.59 cm, 65.23 cm, 25.69 cm y 24.68 cm. Estos valores que el valor de 148.72 cm encontrado por del Águila et al., (2018). Esta diferencia es debida, entre otras causas, a la procedencia de los consorcios micorrícicos y a las condiciones particulares de los suelos (Hart y Reader, 2002). Las especies HMA encontradas en este estudio fueron: *Acaulospora rugosa*, *A. foveata*, *A. mellea*, *A. tuberculata*, *A. rhemii*, *Acaulospora* sp., *Glomus geosporum*, *G. sinuosum*, *Glomus* sp1., *Glomus* sp2. y *Ambispora appendicula*.

Conclusiones

El estudio demostró la importancia que tienen los consorcios de hongos HMA-N debido a su efecto positivo sobre el crecimiento en altura, área foliar y materia seca radicular de clones de café variedad Caturra, así mismo una buena capacidad colonizadora y longitud de micelio extra-radicular. La efectividad varió según la proveniencia de los consorcios micorrícicos, siendo los más eficientes aquellos recolectados en las localidades Omia-V, San Nicolás-I y Omia-VI, situados en dos distritos de Omia y San Nicolás, de la provincia de Rodríguez de Mendoza.

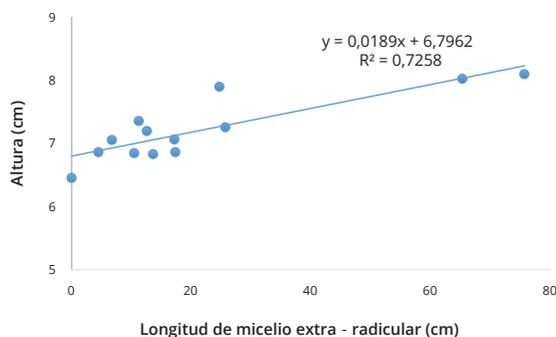


Figura 2. Correlación lineal entre la altura de planta de café y la longitud de micelio extra-radicular (LMER). Amazonas, Perú.

Agradecimientos

Al Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad PNICP – INNOVATE PERÚ por financiar el presente trabajo de investigación en el marco de las actividades del proyecto Aplicación de Técnicas Innovadoras en la Propagación Clonal e Inoculación Micorrízica de Plantas Matrices de Café (*Coffea arabica* L.) con Alta Productividad en la Región Amazonas, CONVENIO N° 141 – PNICP – PIAP – 2015. A la Ing. Mirella Tejerina Caisan, Unidad de Monitoreo (INNOVATE PERÚ) y a los Ings. Lizette Méndez Fasabi, Jheiner Vásquez García y Hugo Frías Torres (UNTRM).

Referencias

- Augé, R. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* 11:3-42. DOI:10.1007/s005720100097
- Box, G. y W. Hunter. 1988. Estadística para investigadores. Introducción al diseño de experimentos, análisis de los datos y construcción de modelos. Ed. Reverté S.A., 675, Barcelona, España. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=245726>
- Bucher, M. 2006. Functional biology of plant phosphate uptake at root and mycorrhiza interfaces. *New Phytologist* 173:11-26. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01935.x>
- Del Águila Parrillo, K. M; Vallejos Torres, G; Arévalo, L. A. y Becerra, A. B. 2018. Inoculación de Consorcios Micorrízicos Arbusculares en *Coffea arabica*, Variedad Caturra en la Región San Martín. *Información Tecnológica* 29(1):137-146. URL: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000100137>
- Evans, D., y Miller, M. 1988. Vesicular-arbuscular mycorrhizas and the soil disturbance induced reduction of nutrient absorption in maize. I. Casual relations. *New Phytologist* 110(1), 67-74. DOI: 10.1111/j.1469-8137.1988.tb00238.x
- Fernández-Martín, F; Rivera-Espinosa, R. A; Hernández-Jiménez, A; Herrera-Peraza, R. A. y Fernández-Suárez, K. 2005. Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares y diferentes relaciones suelo: humus de lombriz sobre el crecimiento del café (*Coffea arabica* L.) cv. Catuai bajo la etapa de vivero. *Revista Chapingo serie horticultura*. 11(1):175-184. URL: <https://www.redalyc.org/pdf/609/60912502025.pdf>
- Hart M, M. y Reader R, J. 2002. Taxonomic basis for variation in the colonization strategy of arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist* 153:335-334. DOI: 10.1046/j.0028-646X.2001.00312.x
- Martín, G; Arias, L. y Rivera, R. 2010. Selección de las cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) más efectivas para la Canavalia ensiformis cultivada en suelo Ferralítico Rojo. *Cultivos Tropicales* 31(1):27-31. URL: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v31n1/ctr04110.pdf>
- MINAGRI. 2015. Síntesis agroeconómica del café. Dirección de estudios económicos e información agraria. Perú.
- Miransari, M., Bahrami, H. A., Rejali, F., & Malakouti, M. J. 2009. Effects of soil compaction and arbuscular mycorrhiza on corn (*Zea mays* L.) nutrient uptake. *Soil and Tillage Research* 103(2):282-290. <https://doi.org/10.1016/j.still.2008.10.015>
- Montilla, E; R. Rivera; R. Herrera. y F. Fernández. 2005. Caracterización Espacial-Temporal de la Micorriza Nativa de dos plantaciones de café en Cuba. *Cultivos Tropicales* 26(4):5-12. URL: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193216160001.pdf>
- Morton J. B. y G. L. Beny (1990) Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes). A new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with emendation of Glomaceae. *Mycotaxon* 37:471-491. URL: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=5784394&pid=S0187-7380201500020000500018&lng=es
- Newman, E. I. 1966. A method of estimating the total length of root in a sample. *Journal of Applied Ecology* 3:139-145. URL: <http://dx.doi.org/10.2307/2401670>
- Padrón, E. 1996. Diseños Experimentales con Aplicaciones a la Agricultura y la Ganadería. Editorial Trillas, México. URL: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IscScript=AGRISUM.xismethod=postformato=2&cantidad=1&expresion=mfn=000158>
- Phillips, J. M. y Hayman, D. S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment to infection. *Transactions of the British Mycological Society* 55:158-161. [http://dx.doi.org/10.1016/S0007-1536\(70\)80110-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0007-1536(70)80110-3)
- Robles, C. 2009. Variación temporal de la diversidad de hongos de micorriza arbuscular y el potencial micorrízico en especies silvestres de Agave en Oaxaca. Instituto Politécnico Nacional (IPN). 80. URL: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream>
- Sieverding, E. 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal in Tropical Agroecosystems. *Federal Republic of Germany: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (Gtz) GMBH*, 371. URL: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000093&pid=S0304-2847200400010000500027&lng=pt
- Temis, P. A; López, M. A; y Sosa, M. M. 2011. Producción de café (*Coffea arabica* L.): cultivo, beneficio, plagas y enfermedades. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* 5(2), 54-74. URL: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S2007-0934201600080201100034&lng=en
- Terry, E; Leyva, A. y Díaz, M. 2006. Biofertilizante y productos bioactivos, alternativas para la asociación maíz-tomate, en el periodo temprano de siembra. *Cultivos Tropicales* 27(2):5-11. URL: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/art%C3%ADculo_redalyc_193215872001.pdf
- Trejo, D; Hernández, E. y Ferrera-Cerrato, R. 1998. Ecología y comportamiento de la endomicorriza

arbuscular en el cultivo del café (*Coffea arabica* L.) Avances de la investigación micorrízica en México. R. Zulueta, M. A. Escalona, y Trejo, Edits.) Universidad Veracruzana, 283. URL: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=orton.formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=047998>

Trejo D; Ferrera-Cerrato R; García R; Varela L; Lara, L. y Alarcón A. 2011. Efectividad de siete consorcios nativos de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de café en condiciones de invernadero y campo. *Revista Chilena de Historia Natural* 84:23-31. URL: <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2011000100002>

Trouvelot, A; Kough, J.L. y Gianinazzi-Pearson, V. 1986. Mesure du taux de mycorrhization VA d'un système racinaire. *Recherche de methodes*

d'estimation ayant une signification fonctionnelle. En: Gianinazzi-Pearson, V., Gianinazzi, S. Eds.), *Physiological and genetical aspects of mycorrhizae = Aspects physiologiques et genetiques des mycorrhizes: proceedings of the 1st European Symposium on Mycorrhizae, Dijon, 1-5 July 1985.* Institut National de la Recherche Agronomique Press, Paris. DOI: 10.4236/jcc.2013.16005 4,507.

Vallejos-Torres, Geomar, Arévalo, Luis, Iliquin, Ingrid, y Solis, Reynaldo. (2019). Respuesta en Campo de Clones de Café a la Inoculación con Consorcios de Hongos Micorrízicos Arbusculares en la Región Amazonas, Perú. *Información tecnológica*, 30(6), 73-84. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600073>