

Manuscrito aceptado/Accepted Manuscript

Título	Efecto de hongos formadores de micorrizas arbusculares en clones de <i>Coffea arabica</i> , variedad caturra en Perú
Title	Effect of arbuscular mycorrhizae in clones of <i>Coffea arabica</i> , caturra variety in Peru
DOI	10.15446/acag.v68n4.72117
Recibido/Received	2018-05-11
Aceptado/Accepted	2019-12-18

Este es el archivo PDF de un documento aceptado para publicación en una versión preliminar. El manuscrito pasará por una serie de fases previas a publicación en su versión final. Por favor tener en cuenta que durante el proceso de producción el document puede tener cambios que afecten el contenido.

This is the PDF file of a document accepted for publication in a preliminary version. The manuscript will go through a series of phases prior to publication in its final version. Please note that during the production process the document may have changes that affect the content.

Manuscrito aceptado/Accepted Manuscript

Efecto de hongos formadores de micorrizas arbusculares en clones de *Coffea arabica*, variedad caturra en Perú

Effect of arbuscular mycorrhizae in clones of *Coffea arabica*, caturra variety in Peru

Tito Sánchez¹; Marco A. García²; Marcial Trigoso²; Luis A. Arévalo² y Geomar Vallejos-Torres^{2*}

1. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Calle Higos Urco N° 342 – 350 – 356, Amazonas-Perú. 2. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Jr. Belén Torres de Tello 135, San Martín - Perú.

*Autor para correspondencia: gvallejost@gmail.com

Resumen

Se probó el efecto de 12 inóculos de hongos micorrícicos arbusculares en las características morfológicas de plantas clonales de café (*Coffea arabica* L.) variedad caturra, en invernadero en la provincia de Rodríguez de Mendoza, región Amazonas-Perú. Se implementó 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*); del mismo modo, los clones de café fueron enraizados y simultáneamente repicados e inoculados con 1500 esporas, en sustrato esterilizado. La inoculación con hongos micorrícicos arbusculares resultó provechosa identificando a los tratamientos T1 (inóculo de San Nicolás - I, variedad típica), T10 (inóculo de Omia - V, variedad típica) y T11 (inóculo de Omia - VI, variedad caturra), fueron los más eficientes en el incremento de altura, materia seca aérea, materia seca radicular y área foliar, mostrando diferencias significativas respecto al testigo. La procedencia de los HMA determinó la colonización radicular y el micelio extra-radicular, siendo el primero

relativamente bajo, no obstante, se observó que los tratamientos T1, T10 y T11 mostraron valores mayores en intensidad micorrícica y frecuencia micorrícica. Este estudio demostró que el café es un cultivo dependiente de la asociación simbiótica con hongos micorrícicos arbusculares nativos (HMA-N), ayudando en la absorción de nutrientes y agua, para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Palabras clave: Café, frecuencia micorrícica, suelo, inóculo, intensidad micorrícica, micelio, Rodríguez de Mendoza.

Abstract

The effect of 12 inoculants of native arbuscular mycorrhizal fungi was tested on the morphological characteristics of clonal coffee plants (*Coffea arabica* L.) caturra variety, in a greenhouse experiment carried out in the province of Rodríguez de Mendoza, Amazon region - Peru. The experiment was carried out in a completely randomized design, with three repetitions and thirteen treatments. Mycorrhizal fungi were isolated from coffee farms and multiplied with trap crops (*Zea mays* L.); in the same way, the coffee clones were rooted and simultaneously sowed and inoculated with 1500 spores, in sterilized substrate. The inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi was profitable. The treatments T1 (San Nicolás inoculum - I, typical variety), T10 (Omia - V inoculum, typical variety) and T11 (Omia - VI inoculum, caturra variety) were the most efficient in the increase of height, aerial dry matter, dry matter radicular and foliar area, showing significant differences with respect to the control. The origin of the AMF determined the root colonization and the extra-radicular mycelium, being the first relatively low; nevertheless, it was observed that the treatments T1, T10 and T11 showed higher values in intensity and frequency of root colonization. This study showed that coffee is a crop dependent of the symbiotic association with AMF, helping in the absorption of nutrients and water, for the growth and development of plants.

Keywords: Coffee, mycorrhizal frequency, soil, inoculum, mycorrhizal intensity, mycelium, Rodríguez de Mendoza.

Introducción

La relación simbiótica que se establece entre los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) y las raíces de las plantas, promueve un mayor crecimiento y nutrición mineral, los hongos se benefician con el suministro de fuentes carbonadas provenientes de la planta y esta, a su vez, por la mayor exploración del suelo a nivel de raíces facilitadas por los hongos, aumenta la capacidad de absorción de nutrientes minerales, lo que promueve el crecimiento y desarrollo de las plantas (Martín *et al.*, 2010).

Los hongos micorrícicos arbusculares constituyen vías alternativas para la nutrición de las plantas, al incrementar su crecimiento y desarrollo, con efectos positivos sobre los rendimientos de los cultivos (Terry *et al.*, 2006).

Los hongos micorrícicos arbusculares (HMA), forman simbiosis con las raíces de las plantas manera natural hasta un 95 % de las especies vegetales (Miransari, Baharami, Rejali, & Malakouti, 2009), el cultivo de café, está considerado como un cultivo micótrofo obligatorio, con una alta dependencia Micorrícica acorde a la especie que forme la asociación (Fernández *et al.*, 2005); siendo la etapa de vivero, la fase inicial de su desarrollo y la más adecuada para la inoculación con hongos micorrícicos (Trejo *et al.*, 1998).

Existen resultados que demuestran la eficiencia del uso de las asociaciones Micorrícicas en el cafeto (Del Águila *et al.*, 2018); con efectos positivos del uso de los HMA en el crecimiento de las plantas, gracias al sistema de hifas que se desarrollan fuera de la raíz y que permiten una mayor exploración y explotación de los suelos incrementando la captación de nutrientes poco móviles como el fosforo, cobre y zinc (Morton y Benny, 1990).

Sobre la base de lo descrito, se propuso estudiar la efectividad de 12 fuentes de inóculos de HMA-Nativos, sobre la altura, materia seca aérea y radicular, y área foliar en plantas clonadas de café variedad caturra, en condiciones de invernadero en la provincia Rodríguez de Mendoza, Región Amazonas-Perú.

Los resultados serán muy importantes ya que en Rodríguez de Mendoza la principal actividad es la agricultura, siendo el café el cultivo más importante, con 6 914 t de producción de café pergamino en el año 2015. Es una fuente de ingresos para las familias que se dedican a la producción de café orgánico y convencional. Según el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2015), la región de Amazonas se constituye en la tercera región cafetalera del país en importancia, con 34 202,00 t de producción de café pergamino en el año 2014, las provincias con mayor producción de café en la región de Amazonas son Utcubamba, Luya y Rodríguez de Mendoza (Dirección Regional Agraria Amazonas - Chachapoyas 2016)

Materiales y métodos

Área de estudio y ubicación de fincas

El estudio se realizó en la provincia Rodríguez de Mendoza, región Amazonas-Perú. Ubicado en las coordenadas 6°18'57"S 77°32'17"O con altitud media de 1295 m.s.n.m. Posee un clima templado, pero, por estar en la ceja de selva se torna cálido y húmedo. Entre los meses de noviembre a marzo, se presentan lluvias intensas. Las temperaturas mínimas pueden llegar a los 12°C y las máximas a los 30°C. Se seleccionaron 12 fincas cafetaleras (Tabla 1), de las variedades típica y caturra, en 5 distritos (Cochamal, Huambo, Mariscal Benavides, Omia y San Nicolás) cultivados bajo una tecnología intermedia.

Tabla 1. Distribución de tratamientos, según la procedencia de los 12 consorcios de hongos micorrícicos arbusculares nativos.

Tratamiento	Procedencia de la Fuente de inóculo	de la Variedad
T0	Testigo (suelo autoclavado)	
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 distribuidos en concordancia con el Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), con 13 tratamientos (12 consorcios de HMA-Nativos y un testigo), 3 repeticiones y 4 plantas por repetición, conformando un total de 39 unidades experimentales.

Colecta y multiplicación de HMA-Nativos

Se colectó suelo rizosférico de 12 fincas cafetaleras con distancias de 30 cm de radio del tallo principal de la planta de café y 30 cm de profundidad, basado en las metodologías de colecta realizada por Montilla *et al.* (2005). La muestra total fue llevada a laboratorio, donde se dividió en dos sub muestras, una de ellas para realizar el conteo inicial de esporas y la otra fue llevada al invernadero para realizar la multiplicación de las esporas, utilizando una planta trampa.

La multiplicación se realizó en camas de multiplicación de esporas, utilizando el maíz (*Zea mays* L.) como planta trampa (Sieverding, 1991),

donde las plantas permanecieron verdes por 60 días, cumplido este tiempo se suspendió el riego y 20 días después fueron cortadas a ras del 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⁻¹ considerado como medio. Los clones de café variedad caturra enraizados en micro túneles, fueron repicados e inoculados individualmente con 1500 esporas de cada consorcio micorrícico obtenido en los cultivos trampa.

Clonación de café

Se hizo la selección de 60 plantas de café de la variedad caturra con alta productividad y tolerancia a roya de promedio de edades de 6 a 8 años. Entre los 60 y 90 días después de la inducción, los brotes fueron cosechados y conducidos al laboratorio para su acondicionamiento, estandarizando el tamaño a 5 cm, con dos hojas y 50% de área foliar, para prevenir la presencia de hongos los brotes fueron desinfectados con Antracol 70% PM a una concentración de 3 g por litro de agua por un espacio de 10 minutos. Luego se introdujo la parte basal del brote en una solución de hormona de ácido indol-butírico (AIB) a 2000 ppm aplicado a cada brote mediante el método de inmersión rápida, seguidamente se establecieron en las cámaras húmedas. Se proporcionó riego nebulizado en el interior del micro túnel, durante 3 min por cada hora, para mantener la humedad relativa en rangos mayores al 80 %. Con el fin de disminuir la temperatura interna, se desarrolló un riego por aspersion externo de acuerdo a la temperatura del día, considerándose el periodo de riego por aspersion de 2 minutos o relativo a las condiciones de clima que se presentó (Vallejos *et al.*, 2014).

Parámetros evaluados

El efecto de los consorcios micorrícicos (tratamientos) fue evaluado tanto en los parámetros morfológicos de las plántulas de café, así como en las

variables fúngicas. Entre los parámetros morfológicos evaluados, se consigna:

- **Altura de plántula-H:** La medición se realizó desde la base del tallo hasta el ápice de la planta, con ayuda de una regla milimetrada de 30 cm. En todas las evaluaciones el material de medición fue desinfectado con alcohol al 96%, para evitar la contaminación entre los consorcios en estudio (Del Águila *et al.*, 2018).
- **Área foliar:** Se colocaron todas las hojas de las plantas de café en una superficie oscura y fotografiadas claramente para su determinación de área foliar. La medición se hizo con el software ASSES, que permite calcular el área foliar mediante colores de contraste y la calibración de un objeto con área conocida (Del Águila *et al.*, 2018).
- **Materia seca radicular-MSR:** La determinación de materia seca radicular se hizo mediante el secado de la raíz de las plantas de café, en estufa a 60 °C por 72 horas. Finalmente, el pesado se hizo en una balanza analítica encontrando la biomasa seca radicular (Del Águila *et al.*, 2018).
- **Porcentaje de colonización PC:** Se realizó la tinción de raíces siguiendo la metodología de Phillips y Hayman (1970); haciendo uso de azul de Trypano, vinagre y agua oxigenada, y pasado por baño maría hasta teñir las raíces; éstas fueron cortadas de 1 cm de longitud obteniendo en total 30 fragmentos; fueron colocadas en láminas portaobjetos realizándose las observaciones a 100X en el microscopio compuesto, contabilizando el porcentaje de colonización de hifas interna, mediante la frecuencia micorrízica (F.M.) mediante la fórmula de Sieverding, (1983) (Ecuación 1) y a la vez se evaluó la intensidad micorrízica (I.M.) con la fórmula de Trouvelot y Kough (1986); (Ecuación 2).

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

.....Ec. 1

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

N: Número total de raíces evaluadas

n: Número de fragmentos clasificados

- **Longitud de micelio extraradical (LMER):** Se pesó 1 g de suelo, de la muestra, luego ésta pasó por el proceso de tinción de micelio extraradical propuesta por Robles (2009), finalmente el resultado de la tinción colocada en placas Petri con cuadrantes de 0.5 cm² en la base, se hizo la evaluación en 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 extraradical (cm), propuesta por Newman (1966).

Análisis estadísticos

Los datos de altura, materia seca, área foliar y longitud de micelio fueron transformados a $\sqrt{x+1}$ (Padrón, 1996); mientras que para los datos de intensidad y frecuencia micorrízica 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 significativas para la altura de planta-H, materia seca radicular-MSR, y área foliar AF, intensidad micorrízica-IM, frecuencia micorrízica-FM, longitud de micelio-LM, sugiriendo que las variables evaluadas dependen, entre otras condiciones, de las fuentes de inóculos de HMA nativos.

Tabla 2. Cuadrados medios obtenidos en el análisis de varianza para el efecto de las fuentes de inóculos de HMA nativos en diferentes variables de *Coffea arabica* evaluado a los 120 días

Fuente de variación	Cuadrados Medios					
	H (cm)	MSR (g)	AF (cm ²)	Porcentaje de colonización		
				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 con $p < 0,05$; 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. Prueba de rango múltiple Tukey (0.05) por fuentes de inóculos de HMA nativos para diferentes variables evaluadas en plántulas de café

Tratamientos	H (cm)	MSR (g)	AF (cm ²)	Porcentaje de colonización		
				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

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 estadísticas significativas, entre sí y respecto al testigo, sin inoculación micorrícica.

Se estableció que el testigo tuvo el menor valor de crecimiento en altura con solo 6.15 cm y el mayor crecimiento se obtuvo con el T10. 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 a lo encontrado por Del Águila, *et al.* (2018), donde reportan incrementos que fluctuaron de 35% a 40% respecto al testigo, en estudios desarrollados a nivel de vivero. Mientras que Trejo *et al.* (2011) en estudios realizados con inoculaciones de HMA a nivel de invernadero, reportaron incrementos de altura de plantas de cafeto en 91% respecto al testigo siendo este último incremento de altura muy superior a lo encontrado en la presente investigación y los encontrados por Del Águila, *et al.* (2018).

Del mismo modo se evaluó el área foliar de los clones de café, donde se constató que esta variable presentó la misma tendencia que para el caso de la altura; es decir que el AF se incrementó más con el T10, seguido del T1 y T11; consorcios micorrícicos cuyas procedencias fueron 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 lo tanto, se logrará plantas con buen crecimiento y desarrollo.

En cuanto a la colonización de HMA-N compuesta por la intensidad y frecuencia micorrícica, en la tabla 3 se puede apreciar valores menores a 4.28% y 36.94% de intensidad y frecuencia Micorrícica respectivamente, probablemente debido a las diferentes procedencias de los consorcios micorrícicos estudiados (Hart y Reader, 2002); las condiciones ambientales y el tipo de suelo, considerados como posibles influyentes en los resultados de la baja colonización, siendo así que los HMA de un suelo se comporta diferente a la de otro suelo (Hart y Reader, 2002). Adicionalmente Sieverding (1991) explica que la presencia de sombra en la simbiosis hongo-planta, también reduce la colonización Micorrícica y propagación de las esporas, pudiendo ser un factor más, que haya

inhibido la colonización ya que el estudio presentó un ingreso de luz de 50%. En la figura 1, se muestra la correlación entre la altura y la frecuencia e intensidad micorrízica determinando la influencia de éstas en el incremento de altura de plantas clonadas de café variedad caturra.

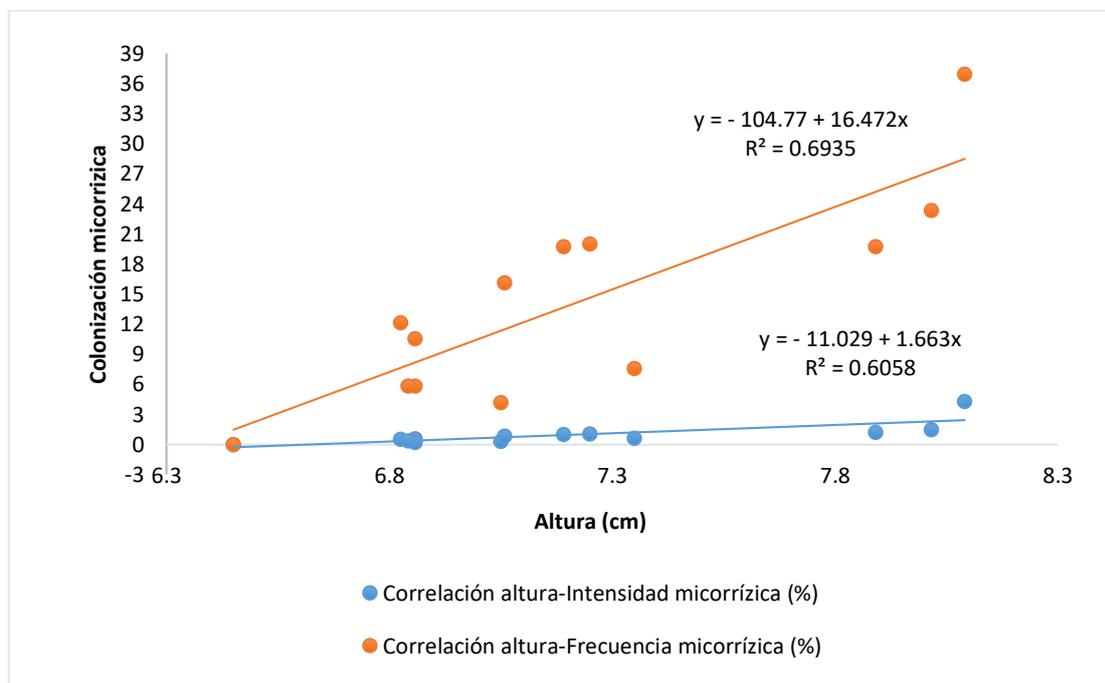


Figura 1. Correlación entre la frecuencia e intensidad Micorrízica y la altura de plantón de café

El resultado demostró que el crecimiento y desarrollo de las plantas clonales de café, dependen de la longitud de micelio extraradicular, siendo todos los consorcios de HMA-N efectivos en todos los tratamientos inoculados, en comparación al testigo sin inóculo de HMA-N. La Tabla 3 muestra que las correlaciones entre la longitud de micelio extraradicular con las variables morfológicas de planta clonal, fueron siempre positivas y del tipo correlación fuerte por pertenecer al rango de +0,6 a +0,79, corroborado a lo expuesto por Evans y Miller (1988).

Tabla 4. Análisis de correlación lineal de Pearson entre la longitud de micelio extraradicular (LMER) y variables morfológicas de clones de café

Variables	Longitud de micelio extraradicular
Altura de planta (cm)	0,72
Área foliar (cm ²)	0,78
Materia seca radicular (gr)	0,70

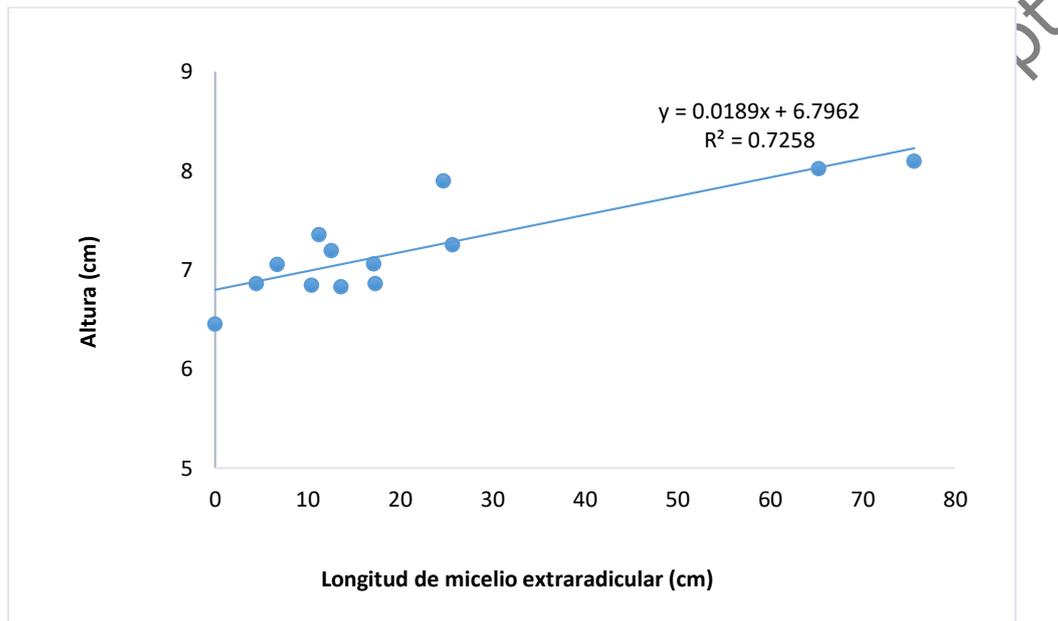


Figura 2. Correlación lineal entre la altura de plantón de café y la longitud de micelio extraradicular (LMER) (cm)

Los mejores consorcios de HMA-N con mayor longitud de micelio extraradicular fueron procedentes de Omia-V, San Nicolás-I y Omia-VI, los mismos que influenciaron en mayor altura, área foliar y materia seca radicular, los valores promedios de micelio extraradicular fueron: 75.59 cm, 65.23 cm, 25.69 cm y 24.68 cm. Los resultados encontrados difieren de los reportados por del Águila *et. al.* (2018), quienes establecieron valores de 148.72 cm de longitud de micelio extraradicular; el menor valor establecido en el presente estudio, probablemente esté relacionado a la procedencia de los consorcios micorrícicos, así mismo por las condiciones particulares del suelo (Hart y Reader, 2002). Siendo para el presente estudio las siguientes especies de HMA encontradas: *Acaulospora rugosa*, *Acaulospora foveata*, *Acaulospora mellea*, *Glomus geosporum*, *Glomus*

sinuosum, *Glomus* sp1., *Glomus* sp2. y *Ambispora appendicula*, *Acaulospora tuberculata*, *Acaulospora rhemii*, *Acaulospora foveata*, *Acaulospora* sp., *Glomus geosporum* y *Glomus* sp2.

El micelio funciona como un sistema radicular complementario de las plantas (Hernández, *et. al.*, 2008), ya que éstos logran extenderse más allá de la zona de agotamiento 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 el fósforo, zinc, cobre y amonio, pudiendo éste, absorber hasta 40 veces más que un pelo radical gracias a su amplia exploración extraradicular (Peña-Venegas y Cardona, 2010)

Conclusiones

El estudio ha demostrado 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 mostraron una buena capacidad colonizadora y longitud de micelio extra-radicular. Dicha efectividad estuvo en función a la procedencia de los consorcios micorrícicos, pudiendo identificar dentro de ellos los más eficientes, procedentes de Omia-V, San Nicolás-I y Omia-VI, situados en dos distritos de Omia y San Nicolás, de la provincia de Rodríguez de Mendoza.

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 Micorrícica de Plantas Matrices de Café (*Coffea arábica* L.) con Alta Productividad en la Región Amazonas”, CONVENIO N° 141 – PNICP – PIAP – 2015, al Ing. Mirella Tejerina Caisan, Unidad de Monitoreo (INNOVATE

PERÚ) y a los Co-investigadores del proyecto, Ingenieros Lizette Méndez Fasabi, Jheiner Vásquez García y al Ing. 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>
- Dirección Regional Agraria Amazonas (2016). Chachapoyas – Amazonas
- 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](https://doi.org/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 cafeto (Coffea arabica L.) cv. Catuaí 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 basic for variation in the colonization strategy of arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, 153(1), 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*, vol. 31, no. 1, p. 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. Disponible en: [file:///C:/Users/ELENA/Downloads/sintesis-cafe-junio-2015%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/ELENA/Downloads/sintesis-cafe-junio-2015%20(2).pdf). 10 de noviembre del 2015.

- 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 cafeto 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/?IsisScript=AGRISUM.xis&method=post&formato=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 micorrícico en especies silvestres de Agave en Oaxaca. *Instituto Politecnico Nacional (IPN)*, 80. URL: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream>
- Sieverding, E. (1991). Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal in Tropical Agrosystems. *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 período temprano de siembra. *Cultivos Tropicales*, vol. 27, no. 2, p. 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.xis&method=post&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 micorrícicos 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 mycorhization VA d'un système racinaire. Recherche de methodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In: 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 Downloads 6,310 Views Citations.
- Vallejos-Torres, G; Gonzales-Polar, L; y Arévalo-López, L. (2014). Enraizamiento de brotes de capirona *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex Schum., en la amazonía peruana. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 11(27), 55-59. DOI <https://doi.org/10.18845/rfmk.v11i27.1778>