

Efecto de la micorrización arbuscular sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de palma de aceite en etapa de previvero

Yurany D. Rivera Méndez¹, Elizabeth Cristina Acevedo¹, Hernán Mauricio Romero^{1,2*}

Notas del Director

Cenipalma busca dar respuesta con sus investigaciones a los principales problemas tecnológicos del cultivo y en esta ocasión presenta los avances del estudio de la micorrización arbuscular y sus efectos sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de palma de aceite en etapa de previvero, desarrollado por el proyecto de Fisiología, del Programa de Biología y Mejoramiento de la Palma de Aceite.

La fertilización constituye uno de los rubros de mayor peso dentro de la estructura de costos del cultivo de la palma de aceite, por lo que es imperativo buscar tecnologías que hagan más eficiente este proceso y el uso de las micorrizas podría convertirse en una alternativa para la nutrición biológica de las palmas.

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) son microorganismos del suelo que forman simbiosis con la planta, actuando como un complemento de la raíz en la toma de nutrientes, especialmente en la absorción de fósforo, influenciando también la tolerancia a condiciones de estrés biótico y abiótico, la calidad del suelo, fijación de nitrógeno, crecimiento en etapas tempranas y la productividad de las plantas.

El experimento busca conocer el efecto de la micorrización arbuscular sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de palma de aceite en las etapas de previvero y vivero (ya terminado) y primeros meses de trasplante a sitio definitivo. Este Ceniavances presenta los resultados de las evaluaciones en la etapa de previvero, donde las plántulas de *E. guineensis* y del híbrido interespecífico OxG respondieron a especies específicas de HFMA con aumento en el crecimiento, bajo las condiciones edafoclimáticas dadas.

Que este resultado parcial sea un buen augurio para una futura utilización de micorrizas arbusculares como herramienta de mejorar la fertilización y por ende el desarrollo y la productividad del cultivo de la palma de aceite.

José Ignacio Sanz Scovino, PhD.
Director Ejecutivo de Cenipalma

¹ Programa de Biología y Mejoramiento de la Palma, Cenipalma.

² Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

* Autor para correspondencia E-mail: hromero@cenipalma.org

Introducción

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) son microorganismos del suelo que forman simbiosis con el 80% de las plantas terrestres, formando arbusculos, vesículas (en algunas especies) e hifas, dentro de las células corticales de las plantas que colonizan (Phosri *et al.*, 2010). Esta asociación simbiótica entre el hongo y la planta, actúa como un complemento de la raíz en la toma de nutrientes, especialmente en la absorción de fósforo (Cenipalma, 1995), aumento de la tolerancia a condiciones de estrés biótico y abiótico (Harris *et al.*, 2009), mejoramiento de la calidad del suelo, fijación de nitrógeno, agilización de crecimiento en etapas tempranas de desarrollo (Galindo y Romero, 2010) y aumento en la productividad de las plantas en un ecosistema determinado (Barrer, 2009). Por su parte, los hongos adquieren fotoasimilados de las plantas de forma directa y efectiva a través del contacto celular entre las hifas y las células de la raíz (Schultz, 2001).

Desde el punto de vista nutricional, el crecimiento de la planta debido a la mayor absorción de fósforo es el principal beneficio que se obtiene del HFMA (Phosri *et al.*, 2010), por la baja disponibilidad de este elemento en los suelos tropicales (Barrer, 2009). Sin embargo, si el fósforo no es un elemento limitante en el suelo, la simbiosis puede llegar a ser reducida o hasta inhibida si se encuentran altos niveles (Galindo y Romero, 2010).

Una alta proporción del cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis* o *E. oleifera* x *E. guineensis*), en Colombia, se encuentra en suelos de baja fertilidad que limitan la productividad. Adicionalmente, los altos requerimientos nutricionales y el elevado costo de los fertilizantes hacen que la fertilización sea uno de los rubros de mayor peso dentro de la estructura de costos de la agroindustria. Por lo anterior, se justifica buscar tecnologías que hagan más eficiente la fertilización e identificar fuentes de nutrimentos que sustituyan los fertilizantes inorgánicos, y el fenómeno de las micorrizas es una alternativa para la nutrición biológica de las palmas (Motta y Munévar, 2005). El limitado desarrollo del sistema radical de la palma junto con el alto nivel de micorrización, sugieren que la especie puede beneficiarse en gran medida de la simbiosis (Phosri *et al.*, 2010). No obstante, el nivel de conocimiento sobre las micorrizas en palma de aceite, tanto en los ámbitos nacional como internacional es muy precario. Por ello, este estudio busca conocer el efecto de la micorrización arbuscular sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de palma de aceite en etapa de previvero, vivero y primeros meses de trasplante a sitio definitivo, incluyendo el efecto de HFMA en la toma de fósforo disponible. A continuación se presentan los principales avances de investigación en la etapa de previvero.

Metodología

El estudio se está realizando en el Campo Experimental El Palmar de La Vizcaína (CEPV) en Barrancabermeja – Santander (Colombia), a una altitud de 125 metros sobre el nivel del mar, temperatura media de 34 °C, humedad relativa de 70,5%, una precipitación anual de 2.852 mm. Independientemente se evalúa la respuesta de dos genotipos de palma de aceite: *Elaeis guineensis* y un híbrido interespecífico (*E. oleífera* x *E. guineensis*) en tres etapas: previvero, vivero y sitio definitivo, a dos productos micorrizógenos ‘A’ y ‘B’ (Tabla 1), y un testigo sin micorriza. En las etapas de vivero y sitio definitivo adicionalmente se trabaja otro factor: la fertilización con fósforo en tres niveles (25%, 50% y 100%).

Tabla 1. Características de los productos micorrizógenos empleados

	Producto A	Producto B
Presentación	Con base en suelo	Suspensión concentrada
Contenido	Esporas, micelio vegetativo y raíces infectadas de HFMA. • pH: 5,0-6,0 • % de raíces: 0,40% • # de propágulos/g: 50 - 150	Esporas, micelio vegetativo y raíces infectadas de HFMA cultivados in vitro • pH: 6,5 – 7,0 • # de propágulos/ml: > 2.000
Especies presentes	<i>Glomus fasciculatum</i> , <i>Scutellospora heterogama</i> , <i>Glomus mosseae</i> , <i>Glomus manihotis</i> , <i>Acaulospora rugosa</i> , <i>Entrophospora colombiana</i>	<i>Glomus intraradices</i>
Dosis	Previvero: 50 g/palma Vivero y sitio definitivo: 100 g/palma	Preparar una suspensión: 50 ml del producto en 800 ml agua, y aplicar Previvero y vivero: 2 ml suspensión/palma Sitio definitivo: 4 ml suspensión/palma

Las etapas de previvero y vivero ya concluyeron y, actualmente, las plantas se encuentran recién trasplantadas en sitio definitivo. En el previvero, el diseño fue completamente al azar (DCA) con tres tratamientos (Productos A, B y sin micorriza), cinco repeticiones y la unidad experimental estuvo constituida por 30 palmas. En el vivero, el diseño fue completamente al azar en arreglo de parcelas divididas, donde la parcela principal fue el producto micorrizógeno y la subparcela, la dosis de fósforo, con cinco repeticiones; la unidad experimental estuvo constituida por diez palmas. En sitio definitivo, el diseño es el mismo que en vivero (DCA en arreglo de parcelas divididas), pero con tres repeticiones tres palmas por unidad experimental en el genotipo *E. guineensis* y cuatro palmas en el híbrido OxG.

La siembra de la semilla para el previvero se llevó a cabo directamente en bolsas plásticas de 1 kg (Figura 1) llenas con el suelo previamente seleccionado por su pobre contenido nutricional, especialmente de fósforo (5,43 ppm). Previo a la siembra, se inocularon los productos micorrizógenos en las dosis mostradas en la Tabla 1. Las plántulas en el previvero estuvieron bajo el sombreado de una polisombra de 60% hasta que mostraron cinco o más hojas

lanceoladas completamente abiertas (estadio 109). Posteriormente, se trasplantaron a bolsas de 20 kg con el mismo sustrato, se efectuó una reinoculación de los productos y se sembraron ‘al tres bolillo’ a 90 cm y sin polisombra (Figura 2). En esta etapa estuvieron hasta que la hoja número 18 diferenció todos los folíolos completamente y la hoja flecha mostró 70% de apertura (estadio 149).



Figura 1. Laborés del establecimiento del ensayo en el previvero: (a) Estado de las semillas de *E. guineensis* y el híbrido OxG sembradas; (b) Llenado de las bolsas de 1 kg; (c) Alineación y ahoyado de las bolsas en el previvero; (d) Inoculación con el producto B; (e) Inoculación con el producto A; (f) Apariencia de los bancos de crecimiento.

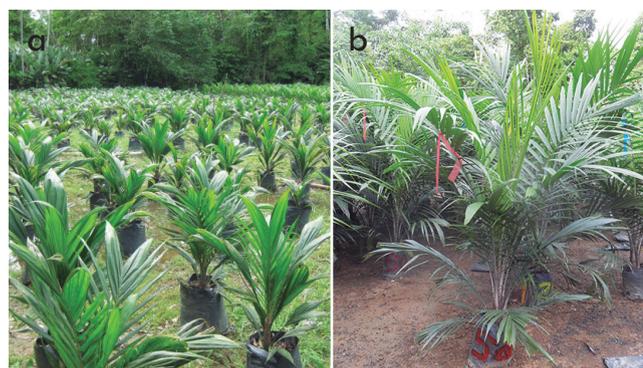


Figura 2. (a) Distribución de las plántulas en el vivero; (b) Apariencia de las plantas a trasplantar en sitio definitivo.

El programa de fertilización para el último periodo del vivero (una vez la plántula dejó de alimentarse del endospermo de la semilla), toda la etapa de vivero y el primer año en sitio definitivo fue organizado por el Grupo de Suelos de Cenipalma, en función del requerimiento de cada genotipo (Tabla 2). El suministro de nitrógeno, potasio, calcio, magnesio y boro permanece constante y únicamente se varía la dosis de fósforo según el tratamiento (25%, 50% o 100%). En vivero se efectuaron diez fracciones mensuales que se iban incrementando en el tiempo y en sitio definitivo se realizarán tres fracciones iguales (1/3) durante el primer año: al mes de trasplante, a los 6 meses y al año.

Tabla 2. Requerimientos nutricionales de cada genotipo en las etapas de vivero y sitio definitivo

Etapa	Tiempo	Genotipo	g/palma/tiempo				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	B ₂ O ₃
Vivero	10 meses	<i>E. guineensis</i>	30	30	35	18	0.4
		Híbrido OxG	30	22,5	18	8	0,5
Sitio definitivo	1 año	<i>E. guineensis</i>	300	600	600	100	50
		Híbrido OxG	380	400	500	200	40

Después del estadio fenológico 102 (segunda hoja lanceolada), se registraron las variables de crecimiento vegetativo: altura, área foliar, número de hojas y masa seca total. La altura se midió con una regla desde el punto de inserción de las raíces hasta la base de la hoja número 1. El número de hojas correspondió a la cantidad de hojas completamente expandidas al momento del muestreo. La parte aérea y las raíces se separaron, se lavaron con agua destilada y se secaron en un horno a 85 °C durante 24 horas y, luego, se estableció con una balanza electrónica el peso seco total. Antes del secado, con el escáner LI-3100 (LICOR Bioscience) se determinó el área foliar de cada plántula.

Además de las variables de crecimiento evaluadas en el vivero, en el estadio 149 (previo al trasplante en el sitio definitivo) se efec-

tuaron mediciones de intercambio de gases (fotosíntesis, transpiración y uso eficiente del agua) con el sistema portátil de fotosíntesis LICOR 6400; contenido nutricional (N, P, B, K, Ca, Mg) en el Laboratorio de Análisis Foliar y de Suelos de Cenipalma; crecimiento radical empleando el escáner y software Winrhizo® (Pro 3.5); porcentaje de colonización de las raíces mediante la técnica de Campo – intercepto; y actividad fosfatasa en hojas y raíz, empleando el Protocolo Operativo Estandarizado del Laboratorio de Bioquímica de Cenipalma. Para la última etapa en sitio definitivo, se proyecta evaluar el intercambio de gases y el contenido foliar de nutrientes al cabo del año de siembra.

Los datos generados en el vivero fueron sometidos a un análisis de varianza y la comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Tukey utilizando el programa estadístico SAS® versión 9.1. Lo mismo se hará con los datos generados en vivero y en el sitio definitivo.

Resultados y discusión

A continuación se presentan únicamente los resultados de las determinaciones ecofisiológicas realizadas en la etapa de vivero. Actualmente, las plantas se encuentran recién trasplantadas en el sitio definitivo y los resultados de la etapa de vivero están en proceso de análisis.

En el vivero, el crecimiento de las plántulas (área foliar, peso seco total, altura) del híbrido interespecífico OxG mostró efecto de la inoculación de micorrizas ($p < 0,05$); mientras que en plántulas de *E. guineensis*, el área foliar fue la única variable que presentó diferencias estadísticamente significativas por efecto del producto micorrizógeno aplicado. En el híbrido OxG, el crecimiento de la parte aérea se incrementó con la aplicación del Producto A, de modo que con la aplicación de micorrizas ‘en base suelo’, el aumento en altura, área foliar y peso seco dependiente de la expansión y la división celulares fue mayor, mientras que con las micorrizas en suspensión y la ausencia de inoculación se presentaron los valores más bajos (Tabla 3). Por su parte, el crecimiento en términos de área foliar de las plántulas de *E. guineensis* fue estadísticamente diferente entre los tratamientos, siendo el Producto A el único que estimuló el tamaño de la superficie fotosintética. Finalmente, el número de hojas de ambos genotipos, la

Tabla 3. Media ± desviación estándar del crecimiento vegetativo de las plántulas de palma de aceite en etapa de vivero inoculadas con micorrizas

Variable	Micorriza	<i>E. oleifera</i> x <i>E. guineensis</i>			<i>E. guineensis</i>				
		Media	±	Desviación	Tukey	Media	±	Desviación	Tukey
Altura (cm)	Producto A	22,64	±	3,55	a	19,61	±	2,18	a
	Producto B	20,72	±	2,65	b	19,01	±	2,28	a
	Testigo	20,71	±	2,05	b	19,35	±	1,80	a
# Hojas	Producto A	3,1	±	0,3	a	3,5	±	0,5	a
	Producto B	2,9	±	0,4	a	3,2	±	0,6	a
	Testigo	3,1	±	0,3	a	3,5	±	0,5	a
Área foliar (cm ²)	Producto A	80,46	±	15,0	a	64,44	±	13,4	a
	Producto B	58,15	±	13,1	b	50,36	±	10,8	b
	Testigo	58,31	±	16,2	b	60,46	±	9,6	ab
Peso seco total (g)	Producto A	1,39	±	0,21	a	1,19	±	0,19	a
	Producto B	1,06	±	0,17	b	1,17	±	0,18	a
	Testigo	1,04	±	0,28	b	1,22	±	0,17	a

Promedios con letras distintas son significativamente diferentes, según Tukey ($p < 0,05$).

- acumulación de masa seca y la altura en *E. guineensis* fueron similares entre los tratamientos con inoculación de HFMA y el testigo.

Con respecto a lo anterior, Galindo y Romero (2010a) señalan que cuando las plántulas no son inoculadas desde previvero con HFMA, su respuesta fisiológica en el vivero en términos de diámetro de bulbo, altura, número de hojas, tasa fotosintética y uso eficiente del agua, no presenta diferencias estadísticas significativas, pero cuando se aplican productos micorrizógenos previo al trasplante a vivero, existen efectos positivos sobre la diferenciación foliar. Por ello, y dadas las diferencias en el crecimiento de las plántulas de los genotipos de palma de aceite, por efecto del Producto A, particularmente por la acción de las especies de micorrizas que contiene, se puede concluir que las plántulas de *E. guineensis* y el híbrido OxG respondieron a especies específicas de HFMA y, por tanto, hubo un aumento en el crecimiento de los mismos bajo las condiciones edafoclimáticas dadas. Resultados similares fueron reportados por Chu (1997), quien al trabajar con plántulas de palma de aceite y diferentes especies de HFMA, encontró que *Gigaspora* sp. promovió la mayor absorción de nutrientes y el mayor crecimiento de las plantas, independiente del nivel de fertilización. Motta y Munévar (2005) al trabajar con palmas en edad de vivero, encontraron que la inoculación con una mezcla de esporas de *Gigaspora* sp. y *Glomus* sp., aumentó los contenidos de nutrientes (N, Cu, P, K y B) y la acumulación de masa seca aérea 305% (más que en plantas no inoculadas), a los 19 meses de inoculación. Asimismo, Schultz (2001) utilizando plántulas de palma de aceite micropropagadas *in vitro* bajo condiciones de invernadero, encontró que once cepas de HFMA ocasionaron los mayores incrementos en parámetros de crecimiento y toma de fósforo, siendo las más eficientes *Glomus manihotis*, *Entrophospora colombiana*, *Acaulospora mellea* y *Acaulospora appendicula*.

Según varios autores (Barrer, 2009; Galindo y Romero, 2010b; Harris *et al*, 2009; Schultz, 2001), aunque la relación HFMA-planta no es considerada específica, algunos hongos pueden beneficiar mejor o en mayor grado un determinado hospedero bajo ciertas condiciones edafoclimáticas, y los beneficios que obtenga una especie o variedad vegetal dependerán de la especie de HFMA que esté asociada (Phosri *et al*, 2010). De esta manera, especies de *Acaulospora* han sido reportadas en un rango de pH entre 3,8 y 8,0 y se adaptan a diversos niveles de fertilidad, especies de *Glomus* se adaptan a casi cualquier tipo de suelo y condiciones edafoclimáticas (Galindo y Romero, 2013), los géneros *Scutellospora*, *Gigaspora* y *Entrophospora* son altamente diversos en los trópicos (Galindo y Romero, 2010b), mientras que *Glomus intraradices* es una especie nitrofilica, encontrada con mayor frecuencia en plantas leguminosas con alto contenido de nitrógeno (Barrer, 2009). Así, aunque Galindo y Romero (2013), señalan que el establecimiento de la simbiosis entre *G. intraradices* y *E. guineensis* se inicia al mes de la inoculación en semillas, ello no garantiza *per se* el crecimiento de la planta, ya que habrá un beneficio real, si la simbiosis estimula la asimilación de nutrimentos y elimina el costo de transferir carbono al hongo (Harris *et al*, 2009).

Conclusión

El pH, la humedad del suelo y la disponibilidad de nutrientes, entre otros factores pudieron haber influido la colonización micorrizica de las diferentes especies de HFMA inoculadas en el previvero, siendo el pool de HFMA del Producto A, el más eficiente y afín en la simbiosis, al estimular un mayor crecimiento de las plántulas como respuesta a una adaptación más amplia a las condiciones ambientales en comparación con *Glomus intraradices*. Asimismo, es importante

señalar que tal como lo encontraron Motta y Munévar (2005), los efectos de la aplicación de micorrizas podrían ser más evidentes al finalizar la etapa de vivero, por lo que la información analizada de esta etapa permitirá clarificar el efecto real y total de HFMA en el crecimiento y desarrollo de plántulas de palma de aceite.

Agradecimientos

Esta investigación es cofinanciada por Fedepalma-Fondo de Fomento Palmero (FFP) y por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias). Los autores agradecen el apoyo en la medición de las variables y el mantenimiento del experimento a Pedro Parada, Adriana Amado, Carolina Ávila y Arley Fernando Caicedo.

Bibliografía

- Barrer S (2009) El uso de hongos micorrizicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. Facultad de Ciencias Agropecuarias 7(1): 123-33.
- Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite—Cenipalma (1995). Evaluación de la asociación micorriza- palma de aceite. Ceniavances No 12.
- Chu E (1997) Influência dos fungos micorrizicos arbusculares e níveis de adubação do no crescimento inicial de mudas de Dendê. Boletim de Pesquisa - Embrapa, 176: 1-20.
- Galindo T, Romero H (2010a) Laboratorio de Microbiología del Suelo abre nuevos horizontes de investigación en suelos y fisiología vegetal en Cenipalma. Ceniavances No 163. 4 p.
- Galindo T, Romero H (2010b) Microbiología del suelo cultivado con palma de aceite en Colombia. Palmas 31(2): 49-60.
- Galindo T, Romero H (2013) Mycorrhization in oil palm (*Elaeis guineensis* and *E. oleifera* x *E. guineensis*) in the pre-nursery stage. Agronomía Colombiana 31(1): 95-102.
- Harris C, Esqueda M, Valenzuela E, Castellanos A (2009) Tolerancia al estrés hídrico en la interacción Planta-Hongo Micorrizico Arbuscular: metabolismo energético y fisiología. Rev Fitotec Mex 32(4): 265-71.
- Motta D, Munévar F (2005) Respuesta de plántulas de palma de aceite a la micorrización. Palmas 26(3):11-20.
- Phosri Ch, Rodríguez A, Sanders I, Jeffries P (2010) The role of mycorrhizas in more sustainable oil palm cultivation. Agriculture, Ecosystems and Environment 135: 187-93.
- Schultz C (2001) Effect of (vesicular) Arbuscular mycorrhiza on survival and post vitro development of micropropagated oil palms (*Elaeis guineensis* Jacq.). En: <http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2002/schultz/schultz.pdf>. Consultada: Noviembre 10 de 2012.



Director: José Ignacio Sanz Scovino, Ph.D.
Revisión de textos: Comité de Publicaciones de Cenipalma
Coordinación editorial: Yolanda Moreno Muñoz
Diseño y diagramación: ACE – Alianza en Comunicación Empresarial Ltda.
Impresión: Javegraf

Esta publicación contó con el apoyo de Fedepalma - Fondo de Fomento Palmero