

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS ASOCIACIONES MICORRIZICAS EN EL MATERIAL GERMOPLASMICO DE PALMA ACEITERA EN ECUADOR

Lucrecia Maldonado¹, Rocío Morales², Gustavo Bernal² y Iliana Alcocer¹

RESUMEN

Los rendimientos de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*) en el Ecuador siguen siendo bajo, con un promedio de 2.5 T/aceite/hectárea). Una de las causas es el mal manejo del cultivo con deficientes prácticas de fertilización. Además, los fertilizantes hoy en día se han convertido en costosos y escasos. Una alternativa de fertilización y protección vegetal podría ser la inclusión en dicho cultivo de los hongos micorrízicos, que al vivir en simbiosis con las raíces de las palmas, favorezcan la absorción de nutrientes y las protegen contra el ataque de patógenos del suelo. Con el objetivo de conocer el grado de asociación de los materiales germoplásmicos de palma aceitera, *Elaeis guineensis*, *Elaeis oleifera*, híbridos *E. guineensis* x *E. oleifera* y palmas compactas, con las micorrizas; se llevó a cabo un muestreo de suelo y raíces en 25 plantaciones de palma aceitera, de la Costa y Amazonía Ecuatoriana. No se detectaron diferencias significativas en la densidad visual, tasa de colonización y población de esporas/100gss para el material genético de palma. Sin embargo, al analizar los datos por zona de cultivo se encontró alta población de esporas micorrízicas en las muestras provenientes de Las Golondrinas, Guayas, El Sade, La Concordia y San Lorenzo, que puede estar relacionado al incremento en el contenido de algunos nutrientes. Las muestras de Santo Domingo, La Concordia, El Oriente, Las Golondrinas y San Lorenzo presentaron las mejores tasas de colonización, mientras que las del Quevedo tuvieron baja población de esporas. En las zonas estudiadas se identificaron los géneros de micorrizas *Glomus* spp., *Acaulospora* spp., *Archaeospora* spp. y *Gigaspora* spp.

INTRODUCCION

De acuerdo con la Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Aceitera (ANCUPA) se estima que en el Ecuador existe un total de 207.285,31 has sembradas, distribuidas en los cuatro bloques principales (San Lorenzo, Occidental, Guayas y Oriental) generando un gran impacto social y económico. Además hoy en día, existe interés en su uso para la elaboración del biodiesel.

La nutrición del cultivo es un factor que incide significativamente en la productividad de la palma aceitera. Lamentablemente, el mal manejo de los nutrientes afecta considerablemente los rendimientos, y por otro lado los altos costos y la carencia de los fertilizantes crean la necesidad de buscar alternativas. Una alternativa que puede contribuir con el incremento del rendimiento sería la introducción de las micorrizas como bio-fertilizantes y/o como bio-protectores. Al respecto, existen evidencias de que las micorrizas juegan un rol importante en la absorción de nutrientes, en especial del fósforo (P). En Malasia e Indonesia, se han reportado incrementos positivos en el rendimiento de la palma aceitera por inoculación de micorrizas arbusculares en turba (Corley y Tinker, 2003). Blal et al. (1990) reportaron que palmas aceiteras propagadas vegetativamente incrementaron el coeficiente de utilización de fertilizante de 4 a 5 veces, después de la inoculación micorrízica, en particular de roca fosfórica.

Con estos antecedentes, ANCUPA inició un estudio de micorrizas en palma aceitera con la perspectiva de desarrollar bio-fertilizantes y/o bio-protectores de la palma. Previo a la selección de cepas, es necesario conocer el grado de asociación (compatibilidad) entre los hongos nativos aislados del suelo y la palma. Los objetivos de la investigación fueron: a) determinar el grado de colonización micorrízica y la población de esporas en las zonas de cultivo de palma aceitera en el Ecuador, y b)

¹ Pontificia Universidad Católica del Ecuador, PUCE. Correo electrónico: lu_delphis@yahoo.com

² Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Aceitera, ANCUPA.

relacionar la densidad visual, la tasa de colonización y población de esporas de micorrizas con factores bióticos y abióticos.

METODOLOGIA

La presente investigación tuvo dos fases: la de campo que consistió en la recolección de muestras de raíces y suelo en las plantaciones de palma aceitera en las diferentes zonas del Ecuador, y la fase de laboratorio realizada en el Centro de Investigaciones de Palma Aceitera (CIPAL) perteneciente a ANCUPA, ubicado en el km 37,5 de la Vía Santo Domingo-Quinindé.

Las zonas palmicultoras del Ecuador donde se recolectaron las muestras de rizósfera (suelo más raíz), fueron: San Lorenzo, Quinindé, Las Golondrinas, El Sade y La Concordia en la provincia de Esmeraldas; Santo Domingo de los Colorados en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas; Quevedo en la provincia de Los Ríos; y Joya de los Sachas y Shushufindi en la provincia de Orellana. En cada sitio de recolección se tomaron las características climáticas: humedad relativa, temperatura media, heliofanía y precipitación media de la zona. Los datos fueron obtenidos de las estaciones meteorológicas más cercanas al sitio de recolección. Las muestras de suelo recolectadas fueron enviadas al Laboratorio de Suelos del INIAP (Estación Santa Catalina) para el análisis físico y químico. Se consideró el siguiente material genético del cultivo: catorce cruzamientos genéticos producidos por cuatro centros de investigación: 3 cruzamientos pertenecientes a los códigos 1001, 2501, híbrido interespecífico *E. guineensis* x *E. oleifera* IRHO producidos por el IRHO-CIRAD de Francia; Deli x La Mé, Deli x Ghana, palma compacta x Ekona, clon compacto Sabre producidos por la ASD de Costa Rica; *Elaeis guineensis* dura Deli, INIAP comercial, *Elaeis oleifera* Noli, DAMI comercial, proporcionados por el INIAP de Ecuador, híbrido interespecífico *E. guineensis* x *E. oleifera* COARI, híbrido interespecífico *E. guineensis* x *E. oleifera* TAISHA, *Elaeis oleifera* TAISHA producidos por PALMAR DEL RÍO de Ecuador.

Para determinar el nivel de endófito o intensidad de infección micorrízica, se utilizó una escala de 0 a 5, según la metodología de Herrera (1993).

Para determinar el porcentaje de colonización se aplicó el método de “despigmentación y tinción de raíces en aplicación de calor” (Herrera, 1993), el cual permite la observación de los componentes estructurales internos: micelio, arbusculos y vesículas, que varían en el grado de intensidad de infección radicular. La tasa de infección se determinó considerando la frecuencia de raíces infectadas en la muestra, expresado en porcentaje.

Para la determinación de la población de esporas micorrízicas de suelo, se empleó el método de “tamizado en húmedo y decantación” de Gerdemann y Nicolson (1963). La población total se determinó en número de esporas por 100 gramos de suelo seco (esporas/100gss).

Para la determinación de géneros de micorrizas se capturaron las esporas con pipetas Pasteur y se las colocaron en placas portaobjetos. El proceso de identificación taxonómica de los géneros de micorrizas fue realizado de acuerdo a Morales (2004). La taxonomía se hizo en base a la comparación con claves taxonómicas del Internacional Culture of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Fungi” (Morton, 1993) y características de las esporas encontradas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Densidad Visual

La densidad visual de micorrizas no fue afectada por el material genético de palma aceitera. Así, el ANOVA para el material genético (Tabla 1) tuvo un promedio de 3,71% para densidad visual y un coeficiente de variación de 26,00%. Si bien es cierto no se detectó significación estadística en la

densidad visual para material genético; se encontraron diferencias significativas para las zonas de cultivo de palma aceitera, con un promedio de 3,40% para densidad visual y un coeficiente de variación de 23,00% (Tabla 2).

Los valores de densidad visual obtenidos en este estudio son relativamente bajos al compararlos con 47,50%, que es el porcentaje máximo que se puede lograr, de acuerdo a la escala que se utilizó para la calificación de la densidad visual (Herrera, 1993). Se pudieron distinguir al microscopio estructuras micorrízicas características como las hifas intercelulares e intracelulares y vesículas (Figura 1), tanto en *Elaeis guineensis* como en *Elaeis oleifera*, el híbrido *Elaeis guineensis* x *Elaeis oleifera* (OxG) y en el material compacto.

Tasa de colonización

No se detectó significación estadística para la tasa de colonización; lo que indica que las micorrizas no fueron afectadas en su tasa de colonización por el material genético de palma aceitera y tampoco por las zonas de cultivo. Así pues, el ANOVA para el material genético de palma aceitera (Tabla 1) tuvo un promedio de 79,62% para tasa de colonización micorrízica y un coeficiente de variación de 12,00%; y para las zonas de cultivo de palma aceitera se obtuvo un promedio de 62,74 % y un coeficiente de variación de 12,00% (Tabla 2). Además, se observó que, aunque no existen diferencias significativas, la mayor tasa de colonización se encontró en las muestras de Santo Domingo con un valor promedio de 72,95% (Tabla 3). Los valores obtenidos son relativamente altos si consideramos el manejo agronómico de la mayoría de las plantaciones muestreadas en las zonas estudiadas, que incluye el uso de pesticidas químicos y fertilizantes. Algunos autores reportan que la aplicación de estos químicos tienen un efecto negativo en la colonización micorrízica (Finlay, 2005; Ricordi, 2003; Scheirner y Bethlenfalvay, 1997). Las altas tasas de colonización micorrízica demuestran que existe dependencia de la simbiosis entre la palma y las micorrizas. El grado de dependencia micorrízica es el grado al cual una planta es dependiente de su colonización para producir un máximo crecimiento o rendimiento a un nivel determinado de fertilidad del suelo (Sieverding, 1991).

Población de esporas

La población de esporas no fue afectada por el material genético. El análisis de variancia para el material genético de palma aceitera (Tabla 1) obtuvo un promedio de 1289,03 esporas/100gss para población de esporas y un coeficiente de variación de 24,00%. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas para las zonas de cultivo de palma aceitera (Tabla 2) con un promedio general de 1741,29 esporas/100gss y un coeficiente de variación de 18,00%. Este valor promedio para población de esporas se puede considerar alto. En otros cultivos como yuca (*Manihot esculenta*) el nivel crítico de esporas encontrado ha sido de 1300,00 esporas/100gss, bajo el cual según Sierverding (1991), el propágulo de micorrizas arbusculares es deficiente para la producción de dicha especie. Se encontró que la población de esporas micorrízicas fue mayor en Las Golondrinas, San Lorenzo, El Sade y La Concordia. Entre estas zonas, Las Golondrinas tuvo la mayor población de esporas micorrízicas, con un promedio de 3102,33 esporas/100gss; de acuerdo a la prueba de Tukey para la población de esporas (Tabla 4).

Relaciones con las condiciones edáficas

No existió correlación entre la tasa de colonización y población de esporas de micorrizas con el contenido de Ca, Mg, K, y el contenido de arcilla, posiblemente debido a los pequeños rangos de variación entre zonas. Sin embargo, Alvarado *et al.* (2004) encontraron correlación entre el contenido de Mg y Zn con la población de esporas, concluyendo que niveles altos de dichos nutrientes favorecen la esporulación de hongos micorrízicos. Montero citado por Alvarado *et al.* (2004) encontró alta relación entre el contenido de cationes y el desarrollo de la micorrización en *Tectona grandis*. El efecto positivo de niveles altos de K sobre la infección micorrízica arbuscular, ha sido registrado en

Manihot esculenta (Sieverding, 1991). Cortes citado en Sieverding (1991) manifiesta que una de las principales condiciones adversas que sufren las micorrizas está relacionada con la textura del suelo. Esto explica el hecho de que el número de esporas es frecuentemente más alto en suelos arcillosos que en suelos arenosos.

En relación a la materia orgánica, la densidad visual y tasa de colonización micorrízica están significativamente relacionadas con su contenido en el suelo (Tabla 5). Salisbury y Ross (1999) indican que la materia orgánica constituye un factor importante en la fertilidad de los suelos porque los cationes no se pierden con facilidad cuando el suelo es lavado por el agua; pues la descomposición de la materia orgánica origina el humus, que posee partículas orgánicas con carga superficial negativa; que son importantes en la adsorción de cationes minerales (Munévar, 1998). Estas condiciones promueven la proliferación micorrízica en un ambiente de alta disponibilidad de nutrientes (Fisher y Jayachandran, 2005).

El pH del suelo no tuvo correlación con la densidad visual, tasa de colonización y población de esporas micorrízicas; este resultado pudo deberse al rango reducido de variación de pH (5-6,17) encontrado en las zonas estudiadas. Las micorrizas asociadas a la palma aceitera podrían tener un comportamiento acidófilo sin presentar variación en ese rango de pH. Postma *et al.* (2007) indica que un cambio en el pH afecta la distribución de las especies de hongos micorrízicos en el suelo; que varían en su sensibilidad al H y Al, pudiendo ser tolerantes o muy sensibles a la acidez del suelo. El Al es un elemento que genera acidez en el suelo al reaccionar con el agua, libera iones H^+ , bajando el pH. Lo mismo ocurre en relación al N del suelo, el alto contenido del ión NH_4 que se desprende de fertilizantes comúnmente usados en este cultivo, se oxida por acción de los microorganismos, liberando H^+ a la solución del suelo, y tiende a acidificar los suelos (León, 1998a). La palma es un cultivo acidófilo que tolera pH ácidos (4,00-6,00) (Hartley, 1988), y por lo tanto sus micorrizas se han adaptado a estas condiciones de acidez. En la zona de La Concordia donde el pH promedio del suelo es 5,30 (ácido) se pudo observar valores altos de tasa de colonización y densidad visual.

En relación a la cobertura, se obtuvo una correlación positiva con la colonización micorrízica (Tabla 5). Al respecto, Corley y Tinker (2003) indica que las raíces de palma muestran un tropismo positivo bajo una buena cobertura de *Pueraria* sp., que puede conducir a una gran densidad de raíces cuaternarias, a través de las cuales penetra el micelio fúngico, que favorecería la colonización de la micorriza arbuscular.

En el contenido de P, todas las zonas tuvieron valores menores a 16,50 ppm, y no estuvieron correlacionados con la densidad visual y tasa de colonización. No obstante, se encontró correlación significativa negativa con la población de esporas (Tabla 5). Al respecto, Adholeya *et al.* (2005) indican que niveles de P superiores a 20 ppm pueden reducir el número de esporas y tasa de colonización micorrízica. La palma aceitera, de acuerdo a León (1998b), es eficiente en la utilización del P del suelo debido a las asociaciones muy efectivas con las micorrizas.

Los resultados mostraron que la tasa de colonización y densidad visual tienen una correlación positiva con la precipitación media anual (Tabla 5). Si bien es cierto, que la época de muestreo no fue la misma, y por esta razón no pueden hacerse comparaciones, sin embargo; en la zona de Quevedo, donde el muestreo fue realizado en época seca, se observó que las variables en estudio pudieron estar influenciadas por la escasez de lluvias. El período de mayo a diciembre, en el cual se hizo el muestreo, casi no tiene lluvias. Este fenómeno, sin duda reduce del rendimiento de la palma aceitera (Hartley, 1988). Si bien es cierto que la micorriza brinda tolerancia a la sequía y se mantiene en condiciones adversas incrementando la tasa de esporulación en el suelo; sin embargo, cuando el tiempo seco es bastante severo, el efecto podría ser mínimo. Bajo estas circunstancias, la apertura de las hojas se reduce, y por lo tanto también la tasa fotosintética (Corley y Tinker, 2003), la cual afectaría la síntesis de hidratos de carbono, que son utilizados por las micorrizas arbusculares para su crecimiento y esporulación.

Identificación de micorrizas

Los géneros de micorrizas arbusculares identificados en los materiales genéticos de palma aceitera estudiados fueron: *Glomus* spp., *Acaulospora* spp., *Archaeospora* spp. y *Gigaspora* spp. (Figura 2). Algunos de estos géneros micorrízicos han sido reportados para palma aceitera por Bernal y Morales (2006b). De acuerdo a Adholeya *et al.* (2005) el género *Glomus* es más frecuentemente encontrado en suelos fértiles, con altos niveles de nutrientes; al contrario de *Acaulospora* y *Gigaspora* que son más abundantes en suelos con bajo contenido o fijadores de nutrientes. Algunas especies del género *Glomus* spp. tienen un amplio rango de distribución en el suelo, mientras otras especies del género *Acaulospora*, están restringidas a suelos ácidos en los trópicos. Así especies del género *Glomus* spp., son utilizadas frecuentemente para propósitos de inoculación (Adholeya *et al.*, 2005).

Conclusiones y Recomendaciones

Existe un alto grado de asociación de las raíces de palma aceitera con las micorrizas arbusculares. Se encontró la presencia de estructuras de hongos micorrízicos arbusculares en las raíces de la palma aceitera como arbusculos, vesículas e hifas. En las zonas estudiadas se identificaron los géneros de micorrizas *Glomus* spp., *Acaulospora* spp., *Archaeospora* spp. y *Gigaspora* spp.

Debido el bajo nivel de densidad visual micorrízica se sugiere continuar con estudios para el desarrollo de un inoculante que permita aumentar el potencial de crecimiento de la palma aceitera a nivel de vivero, y en consecuencia el rendimiento en el futuro. Se recomienda realizar la multiplicación de esporas de micorrizas arbusculares de las muestras provenientes de las zonas que arrojaron los mejores resultados (Santo Domingo, Las Golondrinas; La Concordia y San Lorenzo). Evaluar la eficiencia en la absorción de P y en el control de patógenos de las micorrizas arbusculares comparando el efecto de cepas nativas versus micorrizas comerciales introducidas y fertilización fosfórica, a nivel de vivero de palma aceitera.

Evaluar de la eficiencia en el control de patógenos del suelo de las micorrizas arbusculares comparando el efecto de cepas nativas versus micorrizas comerciales introducidas, a nivel de vivero de palma aceitera.

BIBLIOGRAFIA

- Adholeya, A., P. Tiwari, y R. Singh. 2005. Large-scale inoculum production of arbuscular mycorrhizal fungi on roots organs and inoculation strategies. En: Soil Biology. Vol. 4. In vitro culture of mycorrhizas (S. Declerck, D. G. Strullu, A. Fortin, eds). pp. 315-338. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Alvarado, A., M. Chavarría, R. Guerrero, J. Boniche, y J. Navarro. 2004. Características edáficas y presencia de micorrizas en plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.f.) en Costa Rica. Agronomía Costarricense 28(1): 89-100.
- Bernal, G. y R. Morales. 2006a. Micorrizas: Importancia, Producción e Investigación en el Ecuador. Centro de Publicaciones Massgráficos. Quito, Ecuador.
- Bernal, G., R. Morales. 2006b. Estudio del comportamiento micorrízico en el cultivo de la palma aceitera en la zona de Quinindé, Ecuador. X Congreso Ecuatoriano y Primer Binacional (Ecuador-Perú) de la Ciencia del Suelo.
- Blal, B., C. Morel, V. Gianinazzi-Pearson, J.C. Fardeau, y S. Gianinazzi. 1990. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizae on phosphate fertilizer efficiency in two tropical acid soils

- planted with micropropagated oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) *Biology and Fertility of Soils* 9: 43-48.
- Corley, R. H. V. y P. B. H. Tinker. 2003. *The Oil Palm*. 4th Edition. Blackwell Publishing Ltd. UK. England.
- Finlay, R. 2005. Action and interaction in the mycorrhizal hyphosphere – a re-evaluation of the role of mycorrhizas in nutrient acquisition and plant ecology. En: *Ecological Studies*. Vol. 181. *Nutrient Acquisition by Plants. An Ecological Perspective* (H. Bassirrad, ed.) pp. 221-276. Springer-Verlag, Heidelberg, Berlin.
- Fisher, J. B. y K. Jayachandran. 2005. Presence of arbuscular mycorrhizal fungi in South Florida native plants. *Mycorrhiza* 15: 580–588.
- Gerdemann, J. y T. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *British Mycological Society* 46: 235-244.
- Hartley, C. W. S. 1988. *The Oil Palm*. 3rd Edition. Longman UK Group Limited. England.
- Herrera, P. 1993. General methodology to analyze rootlets, raw humus and VA mycorrhizal (VAM) components. Cuba.
- León, A. 1998a. Acidez. En: *Ciclo de curso de actualización de conocimientos sobre suelos con aplicación en el cultivo de palma de aceite. Módulo 2. Principales características químicas del suelo.* (CENIPALMA, ed.) pp. 23–26. Bogotá, Colombia.
- León, A. 1998b. Dinámica de los elementos esenciales: Fósforo. En: *Ciclo de Curso de Actualización de conocimientos sobre suelos con aplicación en el cultivo de palma de aceite. Módulo 2. Principales características químicas del suelo.* (CENIPALMA, ed.) pp. 81–89. Bogotá, Colombia.
- Morales, R. 2004. Estudio de la diversidad microbiana en sistemas agroforestales de café (*Coffea* sp.), y cultivos de pastos y arroz (*Oriza sativa*), en dos tipos de suelo del sur de Manabí. Tesis de Ingeniería. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Morton, J. 1993. Traditional definitions of spore morphological characters. [En línea]. “Internacional Culture of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Fungi”. INVAM. <<http://invam.caf.wvu.edu>> (Consultado: diciembre 2007).
- Munévar, F. 1998. Revisión de conceptos básicos sobre el suelo. En: *Ciclo de curso de actualización de conocimientos sobre suelos con aplicación en el cultivo de palma de aceite. Módulo 2. Principales características químicas del suelo.* (CENIPALMA, ed.) pp. 4–11. Bogotá, Colombia.
- Postma, J. W. M., P.A. Olsson, y U. Falkengren-Grerup. 2007. Root colonisation by arbuscular mycorrhizal, fine endophytic and dark septate fungi across a pH gradient in acid beech forest. *Soil Biology & Chemistry* 39: 400-408.
- Ricordi, A. 2003. Glyphosate effects on sugarcane mycorrhizal colonization. [En línea]. Potash Phosphate Institute <[http://www.ipni.net/far/farguide.nsf/\\$webindex/613_htm](http://www.ipni.net/far/farguide.nsf/$webindex/613_htm)> (Consultado: septiembre 2007).
- Salisbury, F. B. y C.W. Ross. 1999. *Fisiología Vegetal*. Interamericana. México.
- Sánchez-Otero, J. 2004. *Introducción al Diseño Experimental*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.

Scheirner, R. P., G. J. Bethlenfalvay. 1997. Mycorrhizae, biocides and biocontrol. Effects of three different fungicides on developmental stages of three AM fungi. *Biology and Fertility of Soils* 24: 18-26.

Sieverding, E. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Technical Cooperation, Federal Republic of Germany. Eschborn. Schriftenreihe der GT.

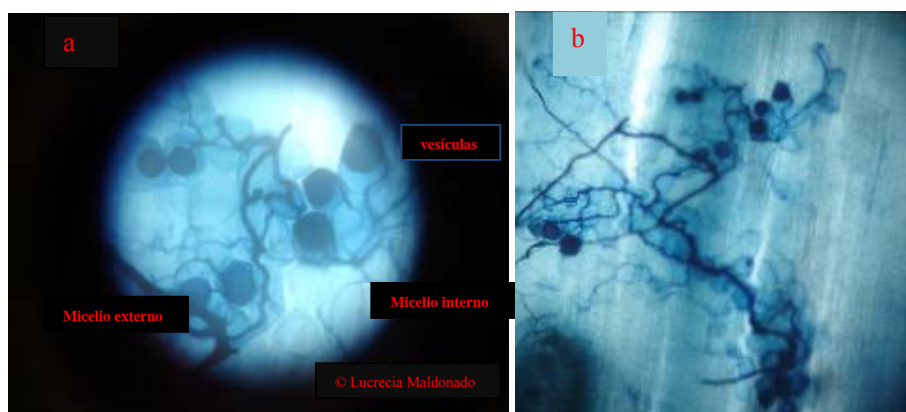


Figura 1. Raíces de palma aceitera infectadas con micorrizas arbusculares. (a) Estructuras internas micorrízicas. Las estructuras fúngicas fueron teñidas con azul de tripan; microfotografía aprox. 400x; (b) Micelio de micorrizas arbusculares teñido con azul de tripan; microfotografía aprox. 400x

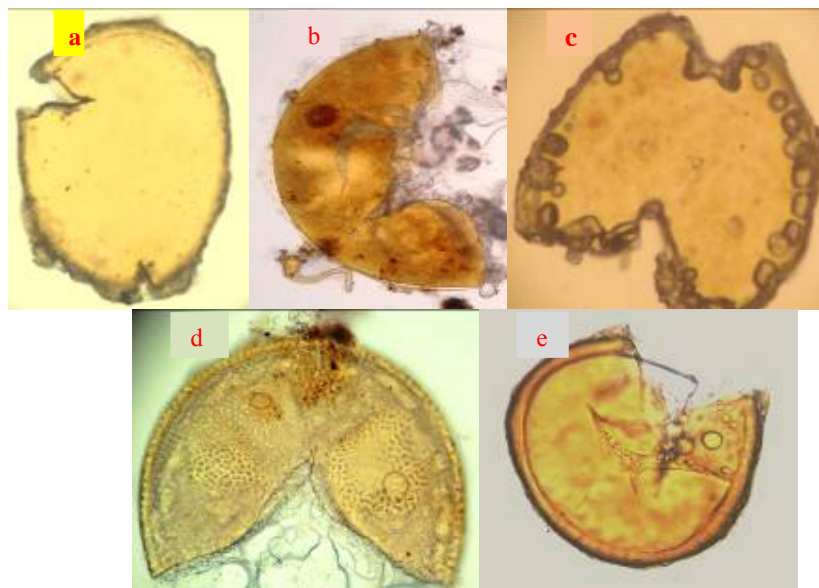


Figura 2. Géneros de micorrizas arbusculares identificados para las zonas palmicultoras: (a) *Glomus* spp., microfotografía aprox. 400x (b) *Gigaspora* spp., microfotografía aprox. 100x; (c) *Archaeospora* spp., microfotografía aprox. 400x; (d, e) *Acaulospora* spp., microfotografía aprox. 400x.

Tabla 1. Cuadro del ANOVA para material genético de palma aceitera (Datos transformados con raíz cuadrada).

	Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Cuadrados Medios	F	Sig.
Densidad Visual	Tratamientos	2,43	13	0,18	0,65	0,79 ^{NS}
	Error Experimental	12,24	43	0,28		
	Total	14,67	56			
Tasa Colonización	Tratamientos	9,67	13	0,74	0,79	0,66 ^{NS}
	Error Experimental	40,43	43	0,94		
	Total	50,1	56			
Población Esporas	Tratamientos	609,06	13	46,85	0,5	0,91 ^{NS}
	Error Experimental	3998,42	43	92,98		
	Total	4607,49	56			
	Prom. original dens. visual (x)		3,71%			
	Coef. de variación dens. Visual(\sqrt{x})		26,00%			
	Prom. original tasa colon.(x)		79,62%			
	Coef. de variación tasa colon.(\sqrt{x})		12,00%			
	Prom. original pobl. esporas (x)		1289,03 esporas/100gss			
	Coef. de variación pobl. esporas(\sqrt{x})		24,00%			

Tabla 2. Cuadro del ANOVA para zonas de cultivo de palma aceitera (Datos transformados con función logarítmica).

	Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Cuadrados Medios	F	Sig.
Densidad Visual	Tratamientos	4,00	8	0,5	2,24	0,04*
	Error Experimental	10,67	48	0,22		
	Total	14,67	56			
Tasa Colonización	Tratamientos	10,40	8	1,3	1,57	0,15 ^{NS}
	Error Experimental	39,70	48	0,82		
	Total	50,10	56			
Población Esporas	Tratamientos	2141,52	8	267,69	5,21	0,00**
	Error Experimental	2465,96	48	51,37		
	Total	4607,49	56			
	Prom. original dens. visual (x)		3,40%			
	Coef. de variación dens. Visual (log x)		23,00%			
	Prom. original tasa de colon. (x)		62,74%			
	Coef. de variación tasa colon. (log x)		12,00%			
	Prom. original pobl. esporas (x)		1741,29 esporas/100gss			
	Coef. de variación pobl. esporas (log x)		18,00%			

Tabla 3. Cuadro promedio para tasa de colonización de micorrizas en las zonas de cultivo de palma aceitera.

Zona	Código	Tasa de colonización (%)
Santo Domingo	Z2	72,95
La Concordia	Z1	69,51
El Oriente	Z9	65,59
Las Golondrinas	Z4	65,97
San Lorenzo	Z6	65,06
Quinindé	Z5	60,13
Quevedo	Z8	55,62
El Sade	Z7	53,75
Guayas	Z3	45,03

Tabla 4. Tukey al 5% para la población de esporas de micorrizas en las zonas de cultivo de palma aceitera de micorrizas.

Zona	Código	Población de esporas (%)	Rangos de significación de Tukey 5%	
Las Golondrinas	Z4	3102,73	a	
Guayas	Z3	1868,15	a	b
San Lorenzo	Z6	1808,14	a	b
El Sade	Z7	1820,77	a	b
La Concordia	Z1	1753,60	a	b
Quinindé	Z5	1602,71		b
Santo Domingo	Z2	1317,28		b
Quevedo	Z8	1164,68		b
El Oriente	Z9	1094,10		b

Tabla 5. Valores de correlación obtenidos entre la colonización, densidad visual y población de esporas/100gss de micorrizas con variables edáficas de las plantaciones estudiadas por cada zona.

	Colonización micorrízica	Densidad visual	Población de esporas
Cobertura	0,36**	0,26	0,14
Precipitación	0,32*	0,40**	0,09
Materia Orgánica	0,21	0,31*	0,19
Fósforo	-0,008	-0,087	-0,26*