

CARACTERIZACIÓN DE MICORRIZAS ARBUSTIVAS EN DIFERENTES MATERIALES GENÉTICOS DE PALMA ACEITERA, CONCORDIA - ECUADOR

López Ulloa, Ruth Magdalena^{a,b*}; Montalvo Orrico, Camila^b

^aUniversidad Regional Amazónica Ikiam, vía Tena Muyuma km 7, Tena, Ecuador

^bUniversidad de las Américas, Av. De los Granados E12-41 y Colimes, Quito, Ecuador

Ingresado: 16/07/2018

Aceptado: 19/02/2019

Resumen

Para evaluar la influencia del material genético de palma aceitera en el comportamiento micorrízico, se escogió dos fincas en la Concordia, Ecuador. En ellas se delimitó 15 parcelas con cinco tipos de palmas aceiteras (Taisha x Calabar, Taisha x Angola, Coarí x La Mé, *Elaeis guineensis* INIAP y *Elaeis guineensis* ilegítima). En cada parcela se tomó una muestra compuesta de suelo a una profundidad de 0-20 cm, en cada muestra se analizó el número de esporas y porcentaje de colonización micorrízica y propiedades físico químicas. Los resultados del análisis ANOVA indican que el número de esporas difiere de acuerdo al material genético, siendo significativamente superior en las parcelas de la palma *Elaeis guineensis* ilegítima en relación con las palmas Coarí x La Mé y *Elaeis guineensis* INIAP. Sin embargo, la alta variabilidad de los contenidos de potasio, conductividad eléctrica, porcentaje de limo y bajos valores de fósforo disponible en los suelos de la palma *Elaeis guineensis* ilegítima (Finca 2), comparado con los suelos de las palmas Coarí x La Mé y *Elaeis guineensis* INIAP (Finca 1), no permite concluir que el material genético es el principal factor responsable por la diferencia en la población micorrízica en cultivos de palma aceitera.

Palabras clave: *Colonización y abundancia micorrízica, especies de palma aceitera, propiedades físico químicas del suelo.*

CHARACTERIZATION OF ARBUSTIVE MYCORRHIZES IN DIFFERENT GENETIC MATERIALS OF OIL PALM, CONCORDIA - ECUADOR

Abstract

To evaluate the influence of oil palm genetic material on mycorrhizal behavior, two farms were located in Concordia, Ecuador. They delimited 15 plots with five types of oil palms (Taisha x Calabar, Taisha x Angola, Coarí x La Mé, *Elaeis guineensis* INIAP and *Elaeis guineensis* illegitimate). In each plot a composite sample of soil was taken at a depth of 0-20 cm, in each sample the number of spores and percentage of mycorrhizal colonization and physical and chemical properties were analyzed. The results of the ANOVA analysis indicate that the number of spores differs according to the genetic material, being significantly higher in the plots of the palm *Elaeis guineensis* illegitimate in relation to the palms Coarí x La Mé and *Elaeis guineensis* INIAP. However, the high variability of the contents of potassium, electrical conductivity and percentage of silt, and low values of phosphorus available in the soils of the *Elaeis guineensis* illegitimate palm (Farm 2), compared to the soils of the Coarí x La Mé and *Elaeis guineensis* INIAP (Farm 1). This not allows concluding, that the genetic material is the main factor responsible for the difference in the mycorrhizal population in oil palm crops.

Keywords: *Colonization and mycorrhizal abundance, oil palm species, physical chemical soil properties.*

* Correspondencia a: Universidad Regional Amazónica Ikiam, vía Tena-Muyuna Km 7, Tena, Ecuador; Teléfono +593 637 00040
Correo electrónico: ruth.lopez@ikiam.edu.ec;

I. INTRODUCCIÓN

El cambio de uso de suelo, en general produce impactos en la comunidad microbiana presente en el suelo, especialmente por el uso excesivo de agroquímicos. La palma aceitera (*Elaeis guineensis*) es el principal cultivo en la zona de estudio con una producción anual de aceite de 3 t/ha. [1] De acuerdo a Bernal, [2] Nelson et al., [3] y Ng, [4] la nutrición es un factor relevante en la productividad de aceite, por sus altos requerimientos nutricionales y controles sanitarios. Situación que ha generado la necesidad de buscar alternativas como: el mejoramiento genético, el manejo integrado de plagas y enfermedades, manejo eficiente de fertilizantes y la utilización de micorrizas como una alternativa de nutrición biológica de la palma y/o como bio-protector, para disminuir el uso de agroquímicos.

Debido a que la palma aceitera es una monocotiledónea que tiene limitado desarrollo radicular, la simbiosis raíz - micorriza tiene un rol importante en su nutrición, al favorecer el área de absorción de la raíz de 10 a 100 veces y por tanto mejora la habilidad de las plantas a utilizar los recursos del suelo, especialmente de los nutrientes inmóviles como el P, Zn y Cu. [5-7]

Los hongos micorrízicos poseen una gran variedad de beneficios para los suelos y las plantas, estos efectos positivos son: la sostenibilidad de biodiversidad de microorganismos, mayor agregación del suelo y optimización de la absorción de nutrientes por parte de las plantas. [8] Además, son un componente potenciador para el suelo y coayuda al crecimiento vegetal tanto en ecosistemas alterados como naturales. [9]

A pesar que el beneficio de los hongos micorrízicos en el cultivo de palma aceitera es amplio y detallado, hay poca investigación de cómo su simbiosis es afectada por diferentes especies de una misma planta. La mayoría de estudios se han enfocado a estudiar la diversidad de la población micorrízica en palma a diferentes elevaciones (1317, 300 y 30 m s. n. m.) y distintos tipos de suelo, encontrando mayor población micorrízica en la zona baja. [10] Otros han indicado la significativa relación entre propiedades físicas y químicas del suelo con el porcentaje de colonización y número de esporas de

hongos micorrízicos y su relación con el crecimiento de la planta huésped. [11,12]

En Ecuador pocas investigaciones se han enfocado en el impacto del material genético de la palma aceitera (plantas que tienen o se ha modificado el ADN y que su información genética específica se transmite de una generación a la siguiente), en el comportamiento micorrízico. Entre estos, tenemos el estudio de Morales y Bernal, [13] quienes encontraron mayor colonización micorrízica en la palma híbrida Coarí x La Mé, que en la palma americana (*Elaeis oleífera*), pero la población micorrízica presentó un comportamiento inverso a la colonización. Mientras que Maldonado-Paladines [14] no encontró diferencias significativas en la densidad visual, tasa de colonización y población de esporas/100gss (gramos de suelo seco) para el material genético de palma en diferentes zonas del Ecuador.

Por lo tanto, el presente estudio trata de establecer si el tipo de material genético de palma aceitera y/o las propiedades físicas y químicas del suelo tienen incidencia en la población y colonización de hongos micorrízicos en suelos derivados de cenizas volcánicas.

II. METODOLOGÍA

El estudio se realizó en dos fincas de palma aceitera ubicadas en el cantón la Concordia, provincia de Santo Domingo de los Colorados, república del Ecuador con coordenadas 0°07'09,9"S, 79°15'16,9"W y 0°01'018,5"S, 79°22'07,2"W, ubicadas a una altitud de 300 m s. n. m., con una precipitación anual de 3000 mm/año y una temperatura media anual de 24°C. El tipo de suelo corresponde al orden Andisol. [15]

En las dos fincas se delimitaron quince parcelas de 32 m² a una distancia de 1000 m entre parcelas. Doce parcelas se establecieron en la finca 1 y corresponden a cuatro especies que fueron caracterizadas molecular y morfológicamente previo a la siembra: 1) Taisha x Calabar, 2) Taisha x Angola, 3) Coarí x La Mé (híbridas) y 4) *Elaeis guineensis* INIAP con tres repeticiones por tipo de palma, y en la finca 2 se delimitaron tres parcelas con *Elaeis guineensis* ilegítima (conocida como ilegítima por ser plantada a partir de otras semillas). La edad de las palmas correspondió a plantas de seis años.

En cada parcela se escogió cinco plantas de palma al azar, en cada una se tomó una submuestra de suelo y de raíces a un metro de distancia del tronco y a una profundidad de 0 a 20 cm, y se obtuvo una muestra compuesta de raíces y de suelo (1 kg) por parcela que se conservó a 4 °C. [16]

Análisis de suelo

Previo al análisis físico químico se procedió a separar aproximadamente 300 g de suelo para análisis microbiológico. El suelo restante fue secado al aire y tamizado en una malla de 1180 micras, para determinar los contenidos de materia orgánica por el método de oxidación en frío de Walkey y Black, conductividad eléctrica en pasta saturada, textura por método de Bouyouco, pH en relación 1:2,5 con agua, nitrógeno total por Kjeldahl, potasio (K) y fósforo (P) fueron extraídos con solución de Olsen, el K se analizó por Espectroscopía de Absorción Atómica (AAS) y el P mediante colorimetría por el método de azul de metavanadato. [17]

Metodología de colonización y población micorrízica

Para la caracterización microbiológica primeramente se tomó 50 g de suelo de la muestra compuesta, tamizado en malla de 1180 μm , se colocó en un vaso de precipitación con 250 cm^3 de agua, se agitó manualmente por 10 minutos y se dejó en reposo por 2 minutos.

Para establecer la población de esporas en el suelo se usó el método de tamizado húmedo descrito por Gerdemann & Nicolson, [18] teniendo en cuenta las modificaciones realizadas por Sieverding. [19] Para ello se tomó el líquido sobrenadante del vaso de precipitación y se lo pasó por los tamices de 500, 150 y 39 μm . El material retenido se centrifugó con 25 cm^3 de sacarosa 2M a 2500 rpm durante 5 minutos, la solución centrifugada fue nuevamente pasada por los tamices de 150 y 39 μm , los residuos de los tamices se recogieron en cajas Petri cuadradas para el conteo de esporas el cual se realizó utilizando el estereomicroscopio. La población total de esporas se determinó por 100 gramos de suelo.

Para la determinación del porcentaje de colonización se utilizó el método de tinción con azul de Tripán, desarrollado por Phillips & Hayman, [20] para ello se recolectó raíces con diámetro menor

a 2 mm que se encontraban en la superficie del vaso de precipitación de 250 cm^3 y las retenidas en el tamiz de 500 μm del proceso de población micorrízica. Las raíces fueron cubiertas con KOH al 10% en un tubo Falcon y dejadas en baño María por una hora, posteriormente se lavaron con HCl al 1% y luego se añadió el tinte en la proporción 1:50 V/V con HCl al 1%. Las raíces fueron lavadas para eliminar residuos y se añadió lactoglicerol. Posteriormente las raíces fueron observadas en 200 cuadrantes en el estereoscopio, donde se contabilizó hifas, vesículas y arbusculos encontrados y los campos negativos sin presencia. El porcentaje de colonización se obtuvo a partir del número de campos positivos (presencia de arbusculos, vesículas o hifas) menos los campos negativos sobre el número total de campos multiplicados por 100.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar, con cinco tratamientos correspondientes a los cinco materiales genéticos de palma aceitera y tres repeticiones. A los datos de población y colonización micorrízica se les realizó pruebas de normalidad, homogeneidad y análisis ANOVA *One way*, para establecer la influencia del material genético de palma aceitera en la población y colonización micorrízica. Se aplicó la prueba de Tukey modificada, donde se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos. Posteriormente, para establecer la relación entre las propiedades del suelo con la población y colonización de esporas, se realizó correlaciones de Pearson y regresión múltiple (*step wise selection*), utilizando el programa estadístico Infostat (software para análisis estadístico de aplicación general).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación del efecto de materiales de palma aceitera en la población y colonización micorrízica

Población micorrízica:

En la Fig.1 se observa que la población micorrízica promedio bajo el cultivo de palma *Elaeis guineensis* ilegítima de la finca 2 es estadísticamente superior a las poblaciones de la híbrida (Coarí x La Mé) y la tradicional *Elaeis guineensis* INIAP. Resultados que concuerdan con el estudio Morales & Bernal, [13] donde la población de esporas de hongos micorrízicos del material germoplásmico Coarí x La

Mé fue estadísticamente menor a la población de micorrizas de los materiales *Elaeis guineensis*, *Elaeis americana* y Palma Real en la misma zona de estudio. La población promedio micorrízica bajo *Elaeis guineensis* ilegítima en la finca 2 fue numéricamente cercana al doble de las poblaciones de micorrizas bajo las palmas híbridas Taisha x Angola y Taisha x Calabar, pero no presenta diferencias estadísticas con ellas (Tabla 1).

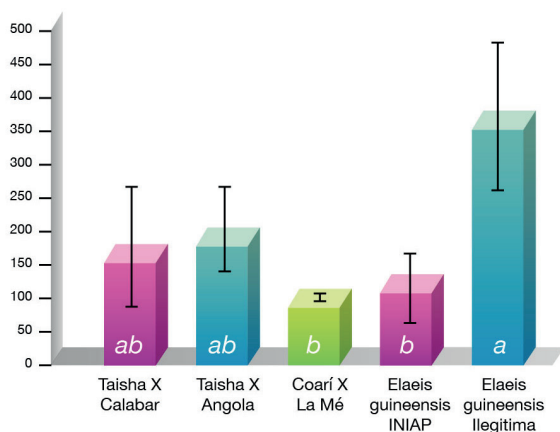


Fig. 1: Población micorrízica en 5 tipos de palma aceitera

Debido a que los valores de pH, CE, K, porcentaje de arena y porcentaje de limo son diferentes entre fincas (Tabla 1), no se puede demostrar con claridad si la variabilidad de la población micorrízica está influenciada por el tipo de palma o el manejo de la fertilización o la textura del suelo. Para eliminar la influencia de las propiedades del suelo, que difieren entre fincas en la población micorrízica, se realizó el análisis ANOVA one way solo para la finca 1, observándose que no hay diferencias estadísticas significativas entre los parámetros del suelo, ni en la población y colonización micorrízica, en los cuatro tipos de palma de la finca 1, resultados que son similares a los encontrados por Maldonado, et al. [21] Pero los suelos bajo las palmas híbridas Taisha x Angola y Taisha x Calabar presentan valores numéricos más altos de población micorrízica, que pueden estar relacionados con valores más altos casi del doble de CE y P, que los suelos bajo las palmas Coarí x La Mé y *Elaeis guineensis* INIAP, por lo que se recomienda realizar más estudios sobre la influencia de la conductividad eléctrica, que es un parámetro altamente influenciado por el manejo del cultivo,

para establecer umbrales de este parámetro del suelo, que beneficie la población de esporas en el suelo.

Colonización micorrízica:

El porcentaje de colonización de micorrizas no varía estadísticamente para las cinco especies de palma aceitera (Tabla 1), probando que el material genético no afecta a las tasas de colonización, las cuales son superiores al 60%. Valores de colonización que demuestran la dependencia de las simbiosis entre la palma y las micorrizas, resultados que concuerdan con el estudio de Maldonado - Paladines. [14] Morales & Bernal [13] evidenciaron que a pesar de que la población de micorrizas en Coarí La Mé fue la más baja, su tasa de infección (57,2%) fue más alta que las demás palmas en estudio, demostrando la alta capacidad de colonización de este material, comportamiento que se repitió en este estudio al obtener el mayor promedio de colonización en este material correspondiente al 67% y la menor población micorrízica (Tabla 1).

Relación de las propiedades del suelo con población y colonización micorrízica

Población Micorrízica

Para determinar el efecto de la variabilidad de las propiedades físico químicas del suelo en la población de micorrizas, se realizó el análisis de correlación de Pearson (Tabla 2), donde se encontró que la población de micorrizas tiene relación con las siguientes propiedades del suelo: correlación positiva con el potasio ($r = 0,738$, $P < 0,001$), conductividad eléctrica ($r = 0,7018$, $P < 0,001$) y porcentaje de limo ($r = 0,653$, $P < 0,001$) y negativa con porcentaje de arena ($r = -0,664$, $P < 0,001$) y pH ($r = -0,682$, $P < 0,001$), y sin correlación con fósforo, nitrógeno, porcentaje de arcilla y materia orgánica.

Pattinson, et al. [22] en su análisis indica que el potasio, porcentaje de limo y nitrógeno explican el 33,6% del número de esporas micorrízicas. Posada et al., [23] encontraron que pequeños incrementos de la conductividad eléctrica en el suelo, aumentan la producción de micorrizas arbusculares. Mientras otros investigadores [24] muestran resultados opuestos, donde indican que a mayor contenido de potasio y de conductividad eléctrica la población micorrízica disminuye, pero evidencian un efecto positivo con el porcentaje de limo.

Tabla. 1: Análisis ANOVA *One Way* de parámetros físico químicos y biológicos de suelos por tipo de palma y tipo de finca

	MO (%)	pH	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	N (%)	K (cmol/kg)	P (ppm)	Colonización (%)	Población (número de esporas / 100 gss)
Palma*											
Taisha x Calabar	6,44 ± 0,82	5,64a ± 0,14	71ab ± 3,06	9 ± 1,16	20ab ± 2,31	353b ± 112,2	0,32 ± 0,01	0,20b ± 0,08	14,43 ± 2,54	66 ± 7,26	175ab ± 85,80
Taisha x Angola	5,85 ± 0,58	5,60a ± 0,16	71ab ± 5,03	11 ± 1,16	18ab ± 4,16	352b ± 146,8	0,30 ± 0,02	0,12b ± 0,02	13,93 ± 7,22	61 ± 1,61	202ab ± 67,6
Coari x La Mé	5,41 ± 2,19	5,79a ± 0,08	74ab ± 7,21	9 ± 3,06	17b ± 4,62	189b ± 52	0,30 ± 0,04	0,14b ± 0,02	9,00 ± 11,26	67 ± 10,02	104b ± 7,21
<i>Elaeis guineensis</i> INIAP	5,75 ± 1,35	5,62a ± 0,03	76a ± 7,21	9 ± 1,16	15b ± 8,33	207b ± 73,4	0,29 ± 0,05	0,16b ± 0,06	6,60 ± 7,1	65 ± 2,02	123b ± 53,2
<i>Elaeis guineensis</i> Ilegítima	5,60 ± 0,84	5,21b ± 0,14	60b ± 4,00	9 ± 1,16	31a ± 4,16	1862a ± 781	0,30 ± 0,01	2,53a ± 1,93	2,50 ± 0,00	68 ± 2,02	364a ± 108,9
Fincas**											
Finca 1	5,86 ± 1,24	5,66a ± 0,12	73a ± 5,49	9 ± 1,78	18b ± 4,81	275b ± 119,3	0,30 ± 0,03	0,16b ± 0,05	10,99 ± 7,4	65 ± 5,75	151b ± 66,1
Finca 2	5,60 ± 0,84	5,21b ± 0,14	60b ± 4,00	9 ± 1,16	31a ± 4,16	1862a ± 781	0,33 ± 0,01	2,53a ± 1,93	2,50 ± 0,00	68 ± 2,02	364a ± 108,9

* Promedios (n=3) las diferentes letras dentro de las columnas difieren significativamente entre sí (P<0.05)

La relación negativa del pH con la población micorrízica fue encontrada por Maldonado et al., [21] que conjuntamente con otros autores concuerdan que el nivel de pH puede afectar a la población micorrízica, pero también indican que los hongos micorrízicos al asociarse con plantas acidófilas, como la palma aceitera se adaptan al pH. Khakpour & Khara [24] recalcan que el comportamiento de los hongos micorrízicos frente al pH es muy disperso e indican que en general el número de esporas tienen una correlación negativa con el pH.

La alta correlación positiva del número de esporas con los contenidos de potasio, pueden indirectamente relacionarse a la alta correlación del potasio con el porcentaje de limo ($r = 0,706$, $P < 0,001$) y la correlación negativa de porcentaje de limo con el fósforo ($r = -0,545$, $P < 0,05$), lo que indicaría que a contenidos altos de limo la disponibilidad de fósforo en el suelo es menor, mientras que la disponibilidad de potasio incrementa. Además, el potasio presentó una alta correlación negativa con el pH ($r = -0,801$, $P < 0,001$) y porcentaje de arena ($r = -0,629$, $P < 0,001$).

Regresión lineal múltiple

Para explicar la variabilidad de la población de micorrizas en función de las variables independientes pH, CE, N, P, K, MO, porcentaje arena,

porcentaje arcilla, porcentaje limo y C/N, se corrió el modelo de regresión lineal múltiple por pasos (Stepwise selection), que indica que la variabilidad del número de esporas depende del incremento de la concentración de K y de la CE, de acuerdo a la Ec. 1.

$$\text{Población (No. esporas/100gss)} = 123,6 + 47,5 * K \text{ (cmol/kg)} + 0,068 * CE \text{ (uS/cm)} \quad \text{Ec. 1}$$

$$R^2 = 0,68; \text{ sig} = 0,001$$

La Ec. 1, indica que el 68% de la población de micorrizas puede ser explicado por la cantidad de potasio disponible y la conductividad eléctrica.

Porcentaje de colonización

La Tabla 2 muestra que el porcentaje de infección de esporas en las raíces de los diferentes tipos de palma tuvo una correlación negativa altamente significativa con la materia orgánica ($r = -0,732$, $P < 0,001$) y con la relación C/N ($r = -0,747$, $P < 0,001$). En la Tabla 2, se observa también que a pesar de no ser estadísticamente significativa, hay una relación negativa de casi el 50% entre el porcentaje de colonización con el contenido de fósforo disponible ($r = -0,477$, $P > 0,05$). No existe correlación significativa de la tasa de colonización con el pH del suelo, como indica el estudio de Soedarjo

Tabla 2. Coeficientes de correlación de Pearson de población y colonización micorrízica con propiedades físico químicas del suelo

Parámetros	Población Micorrízica	Porcentaje de Colonización
Fósforo	-0,28	-0,477
Potasio	0,738**	0,152
Nitrógeno	0,37	-0,133
Conductividad Eléctrica	0,701**	0,139
Limo	0,653**	0,316
Arcilla	0,11	-0,107
Arena	-0,664**	-0,289
pH	-0,682**	0,061
Materia Orgánica	0,07	-0,732**

* Significativo y ** altamente significativo al 95%

& Habte[25] y Köhl & Van der Heijden [26], que hallaron que el incremento de pH está asociado con una mayor colonización de micorrizas arbusculares en suelos ácidos con baja disponibilidad de fósforo.

Para explicar la variabilidad de la colonización de micorrizas en función de las variables independientes pH, CE, N, P, K, MO, arena, arcilla, limo y C/N, se utilizó el modelo de regresión lineal múltiple por pasos (*Stepwise selection*), el cual indicó que la variabilidad del porcentaje de colonización es inversamente proporcional a la relación C/N (Ec. 2), indicando que a mayor concentración de materia orgánica en el suelo disminuye la colonización de micorrizas.

$$\% \text{ Colonización} = 87,27 - 1,99 * (C/N) \quad \text{Ec. 2}$$

$$R^2 = 0,56; \text{ sig} = 0,001$$

Relación que concuerda con la investigación de Pérez-C, A., & De la Ossa [27] que indican que a bajos contenidos de materia orgánica el porcentaje de colonización es mayor. Mientras que Tena Sagrero [28] encuentra una relación directa entre materia orgánica y el porcentaje de colonización. En cambio, otros investigadores no establecen ninguna relación entre el porcentaje de materia orgánica y la colonización micorrízica. [24] Estas discrepancias indican la necesidad de realizar estudios en suelos con diferentes niveles de materia orgánica, para establecer la influencia de variación de los contenidos de materia orgánica en la colonización micorrízica de la palma aceitera.

IV. CONCLUSIONES

En esta investigación se evidenció que el material genético de la palma aceitera no influye en las tasas de colonización micorrízica, pero que los materiales genéticos: *Elaeis guineensis* ilegítima, Taisha x Calabar y Taisha x Angola presentan mayor población de esporas en comparación con los otros tipos de palma en estudio.

El material Coarí La Mé presenta alta capacidad de colonización micorrízica a pesar de tener la más baja población entre los materiales en estudio.

El número de esporas en el suelo bajo palma *Elaeis guineensis* ilegítima difiere con los materiales Coari x La Me y *Elaeis guineensis* INIAP, pero la alta variabilidad de los contenidos de potasio disponible y de conductividad eléctrica entre las dos fincas, no permiten determinar si es el material genético, o son las características del suelo, el principal factor que influye en la población micorrízica.

Los contenidos de potasio disponible, conductividad eléctrica y pH son parámetros del suelo que son influenciados por el manejo del cultivo, por lo tanto, la población micorrízica es vulnerable al uso de fertilizantes en cultivos de palma aceitera.

La colonización micorrízica es influenciada en forma inversa por la relación C/N, por lo tanto se puede concluir que a bajos contenidos de nitrógeno total en el suelo, los porcentajes de colonización en palmas aceiteras se explican en un porcentaje mayor al cincuenta por ciento.

V. REFERENCIAS

- [1] INEC (2016) "Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria continua". [Internet]. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-Inec/Estadísticas>.
- [2] G. Bernal (2002) "Consideraciones prácticas sobre la nutrición de la palma de aceite", El Palmicultor, 21(1), pp. 14-20.
- [3] P.N Nelson, M.I. Huth, M. Banabas, M.J. Webb, I. Goodrick (2016) "Ciclos de carbono y nitrógeno en plantaciones de palma de aceite: claves para la productividad y la sostenibilidad", Rev. Palmas 37(Especial Tomo I), pp. 214-224.

- [4], S.K. Ng (2017) "Nutrition and Nutrient Management of the Oil Palm – New Thrust for the Future Perspective", Agromac Sdn Bhd, Malaysia. pp.415-427.
- [5] I. Mahmood, R.Rizvi, (2003) "Mycorrhiza and Organic Farming", Asian Journal of Plant Sciences. 9:241-248. Disponible en: <https://doi.org/10.3923/ajps.2010.241.248>
- [6] D. Motta, F. Munévar (2005) "Respuesta de plántulas de palma de aceite a la micorrización", 26(42), 11–20.
- [7] Y.D Rivera-Méndez, T. Galindo, A.F Caicedo, E.A Nabia, H.M. Romero (2014) "Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares (HFMA) en palma de aceite", Cenipalma, Boletín Técnico No. 35 Bogotá, Colombia.
- [8] C. Pinheiro, S. Sanchez, C. Figueira, V.L. Santos, O.J. Saggin (2016) "Influência da cobertura vegetal em manejo agroecológico sobre os fungos micorrízicos arbusculares (FMA)" Cuaderno de Agroecología 10(3). [Internet]. Disponible en: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/17948>
- [9] A. Cáceres, C. Klinhoff (2014) "Efecto de la perturbación producida por la extracción de arena sobre las micorrizas arbusculares (MA) en un bosque seco tropical".
- [10] G. Mahecha-Vásquez, S. Sierra, R. Posada (2016) "Diversity indices using arbuscular mycorrhizal fungi to evaluate the soil state in banana crops in Colombia", Applied Soil Ecology. 109, 32-39. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.09.017>
- [11] C. Grant, S. Bittman, M. Montreal, C. Plenchette, C Morel (2005) "Soil and fertilizer phosphorus: Effects on plant P supply and mycorrhizal development", Can J Plant Sci. 85(1), 3-14.
- [12] M. Dai, L.D. Bainard, C. Hamel, Y. Gan, D. Lynch (2013) "Impact of Land Use on Arbuscular Mycorrhizal Fungal Communities in Rural Canada", Appl Environ Microbiol. 79(21), 6719-6729.
- [13] R. Morales, G. Bernal, (2006) "Estudio del comportamiento de micorrízico en el cultivo de Palma aceitera en la zona de Quinindé - Ecuador", X Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo, 1-8. Recuperado de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/2.-Estudio-del-Comportamiento.pdf>
- [14] L. Maldonado, R. Morales, G. Bernal, I. Alcocer (2008) "Estudio del comportamiento de las asociaciones micorrízicas en el material gemoplástico de palma aceitera en Ecuador", IX Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo.
- [15] MAGAP- PRAT (SIGTIERRAS) (2015) "El mapa de Geopedología a escala 1:25.000", Quito-Ecuador, [Internet]. Disponible en: http://metadatos.sigtierras.gob.ec:8080/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/Geopedologia_16122015, Recuperado 18 de mayo del 2018
- [16] T.L.Roberts, J. L. (2000) "El muestreo de suelos: los beneficios de un buen trabajo", Informaciones Agronómicas, 8(42).
- [17] M.L. Jackson (1958) "Soil Chemical Analysis", 2da Ed. USA, Prentice may, pp. 183-185.
- [18] J.M. Phillips, D.S. Hayman (1970) "Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection" Transactions of the British Mycological Society, 55(1), 158-161. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(70\)80110-3](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(70)80110-3).
- [19] Gerdemann, J. W., & Nicolson, T. H. (1963). Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Transactions of the British Mycological Society, 46(2): 235-244. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(63\)80079-0](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(63)80079-0)
- [20] Sieverding, E., 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Eschborn, Federal Republic of Germany: Technical Cooperation. p 371.
- [21] Maldonado, L., et.al. (2008). Estudio del comportamiento de las asociaciones micorrízicas en el material germoplástico de palma aceitera en Ecuador. XI Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo. P 1-9.
- [22] Pattinson, G.S., Suttonb, B.G., & Mcgee, P.A. (2000). Leachate from a Waste Disposal Centre reduces the initiation of arbuscular mycorrhiza and spread of huyphae in soil, 35-45.
- [23] Posada, R. H., et.al. (2008). Effect of physical, chemical and environmental characteristics on arbuscular mycorrhizal fungi in Brachiaria decumbens (Stapf) pastures. Journal of Applied Microbiology, 104(1), 132–140. recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2672.2007.03533.x>
- [24] Khakpour, O., & Khara, J. (2012). Spore density and root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi in some species in the northwest of Iran. International Journal of Sciences: Basic and Applied Research, 3(5): 977-982.
- [25] Soedarjo, M., & Habte, M. (1995). Mycorrhizal and nonmycorrhizal host growth in response to changes

in pH and P concentration in a manganiferous oxisol. *Mycorrhiza* 5(5): 337–345.

[26] Köhl, L., & Van der Heijden, M. G. A. (2016). Arbuscular mycorrhizal fungal species differ in their effect on nutrient leaching. *Soil Biology and Biochemistry*, 94: 191–199. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.11.019>

[27] Pérez-c, A., & De la Ossa, J. (2013). Physical and Chemical soil variables and the relation with the colonization of arbuscular in Agleton (*Dichanthium aristatum* Benth) roots. *Rev.U.D.C.Act &Dv.Cient.* 16(1): 71–78. Referido <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v16n1/v16n1a09.pdf>

[28] Tena-Sagrero, A. (2002). Presencia de Hongos micorrízicos arbusculares en plantas silvestres de suelos salinos en el Estado de Colima. Tesis. Universidad de Colima. p 91.