



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO MICORRÍZICO EN LA PALMA ELAEIS
GUINEENSIS Y PALMA ELAEIS OLEIFERA EN LA CONCORDIA, ECUADOR

AUTOR

CAMILA FERNANDA MONTALVO ORRICO

AÑO

2017



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO MICORRÍZICO EN LA PALMA ELAEIS
GUINEENSIS Y PALMA ELAEIS OLEIFERA EN LA CONCORDIA,
ECUADOR**

Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniera Ambiental en Prevención y Remediación

Profesor guía

PhD. Magdalena Ruth López Ulloa

Autor

Camila Fernanda Montalvo Orrico

Año

2017

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con la estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación"

Ruth Magdalena López Ulloa
Doctor en Forestal y suelos
CC: 1705006391

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los trabajos de titulación”.

Yasser Alejandro González Romero
Master en Ingeniería Ambiental
CC: 1705006391

DECLARACIÓN DE AUTORIA DEL ESTUDIANTE

"Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes".

Camila Fernanda Montalvo Orrico
CC: 1718897844

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi padre Alvaro, a mi madre María y a mi hermana Salome por siempre estar ahí apoyándome en todos mis metas. Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mi profesora PhD. Magdalena López y al Ingeniero Diego Zurita quienes me han guiado y acompañado a lo largo de este trabajo de titulación. Adicionalmente quiero agradecer a los Ingenieros Mayra Mónica, Vladimir Bravo, Microbiólogos Cesar Yaguana y Verónica Luna, quienes me ayudaron mucho en este trabajo de titulación.

DEDICATORIA

A mis padres ya que sin ellos nada de este hubiera sido posible, a mi hermana que es mi ejemplo a seguir en cada paso de mi vida, a mis abuelas que me acompañan siempre y a todas las personas que me han apoyado y ayudado a conseguir este logro.

RESUMEN

Para evaluar como las variedades de palma aceitera (Tradicional e híbrida) afectan al comportamiento micorrízico en la Concordia Ecuador; se plantearon los siguientes objetivos: Determinar cómo los 5 materiales de palma aceitera (Taisha x Calabar, Taisha x Angola, Coari x La Mé, *Elaeis guineensis* INIAP y *Elaeis guineensis* Ilegítima) afectan a la población micorrízica, en la Concordia-Ecuador. Establecer como los parámetros físicos químicos del suelo influyen en la colonización y población micorrízica. La metodología utilizada para determinar la colonización micorrízica fue la de tinción y para estimar la población micorrízica se utilizó el método del tamizado húmedo. Adicionalmente, se realizó la caracterización de suelo con los siguientes parámetros del suelo: pH, textura, potasio, nitrógeno, fósforo, materia orgánica y conductividad eléctrica. Usando el análisis estadístico de ANOVA one way, se encontró que la palma tradicional *Elaeis guineensis* Ilegítima presenta valores promedios de población micorrízica mayores que el restante de materiales de palma en estudio igualmente con los valores promedios del bosque. En referencia a la influencia de los parámetros del suelo analizados con la población y la colonización micorrízica se realizó correlaciones de Pearson y regresiones múltiples. Los resultados obtenidos de la correlación indican que para población micorrízica, los parámetros del suelo que afectan su comportamiento son principalmente los contenidos de potasio, pH, conductividad eléctrica y textura del suelo. Mientras que para la colonización el factor que influye es el contenido de materia orgánica en una relación inversa. Del estudio de regresión los parámetros arcilla, potasio y conductividad eléctrica explican el 76% de la variabilidad de la población micorrízica. Para la colonización la materia orgánica es el único parámetro que explica el 54% de su variabilidad.

ABSTRACT

To evaluate how the varieties of oil palm (Traditional and hybrid) affect the mycorrhizal behavior in La Concordia, Ecuador; the following objectives were set: To determine how the five oil palm materials (Taisha x Calabar, Taisha x Angola, Coari x La Mé, *Elaeis guineensis* INIAP and *Elaeis guineensis* Ilegitima) affect the mycorrhizal population in La Concordia-Ecuador. To establish how the physical-chemical parameters of the soil influence the mycorrhizal colonization and population. The methodology used to determine the mycorrhizal colonization was that of staining, and to estimate the mycorrhizal population the wet sieving method was used. In addition, soil characterization was carried out with the following parameters: pH, texture, potassium, nitrogen, phosphorus, organic matter and electrical conductivity. Using statistical ANOVA analysis one way, it was found that the traditional palm *Elaeis guineensis* Ilegitima presents average values of mycorrhizal population higher than the rest of palm materials under study, as well as the average values in the forest. In relation to the influence of soil parameters analyzed with population and mycorrhizal colonization, Pearson correlations and multiple regressions were performed. The results of the correlation indicate that, for mycorrhizal population, soil parameters that affect its behavior are mainly potassium, pH, electrical conductivity and soil texture. Whereas for the colonization the factor that influences is the content of organic matter in an inverse relation. From the regression study the parameters clay, potassium and electrical conductivity explain 76% of the variability of the mycorrhizal population. For colonization organic matter is the only parameter that accounts for 54% of its variability.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Justificación	3
Hipótesis	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos.....	5
1. CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	6
1.1. Micorrizas.....	6
1.1.1. Ectomicorrizas	7
1.1.2. Endomicorrizas	7
1.1.3. Población micorrízica.....	11
1.1.4. Colonización.....	11
1.2. Tipo de Palmas Aceiteras	11
1.2.1. <i>Elaeis guineensis</i>	11
1.2.2. <i>Elaeis oleífera</i>	12
1.2.3. Híbrido Interespecífico OxG (<i>Elaeis oleífera</i> x <i>Elaeis guineensis</i>)	12
1.2.4. Ventajas y Desventajas de palmas híbridas	13
1.3. MARCO REFERENCIAL	13
1.3.1. Factores que afectan a la población y colonización micorrízicas.....	13
1.3.2. Influencia de la población micorrízica en la productividad de cultivos	16
2. CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	17
2.1. Área de Estudio.....	17
2.1.1. Cantón La Concordia.....	17

2.2. Metodología	18
2.2.1. Análisis de laboratorio	19
2.2.2. Procedimiento para población y colonización micorrízica	19
2.2.3. Análisis Estadístico.....	23
3. CAPÍTULO III: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	25
3.1. Determinación del efecto de materiales de palma aceitera en la población micorrízica.....	25
3.2. Establecer el efecto de la calidad del suelo en la población y colonización micorrízica.	29
4. CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
4.1. Conclusiones.....	37
4.2. Recomendaciones	38
REFERENCIAS	40
ANEXOS.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hifas de micorrizas.....	8
Figura 2. Arbúsculos de micorrizas	9
Figura 3. Vesícula de micorrizas	10
Figura 4. Espora de micorriza	10
Figura 5. Híbrido OxG (<i>Elaeis oleífera</i> x <i>Elaeis guineensis</i>).....	13
Figura 6. Finca de Ximena Fernández de Córdova.....	17
Figura 7. Finca de ANCUPA.....	17
Figura 8. Bosque Primario.....	18
Figura 9. Muestra en Reposo.....	20
Figura 10. Raíz cuaternaria.....	20
Figura 11. Filtrado en Tamiz de 150 μm	21
Figura 12. Residuo del tamiz de 38 μm	21
Figura 13. Paso de la muestra a tubo falco.....	21
Figura 14. Muestra con sacarosa.....	22
Figura 15. Centrifugación de muestras	22
Figura 16. Espora.....	22
Figura 17. Valores promedios de población micorrízica en cinco materiales de palma y vegetación natural.....	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis de Varianza (ANOVA One way)	26
Tabla 2: Valores promedios del número de esporas / 100 gss en cinco materiales de palma aceitera en la Concordia, Ecuador	26
Tabla 3: Valores promedios de las propiedades físicas químicas del suelo bajo los 5 materiales de Palma Aceitera.....	28
Tabla 4: Correlación de Población micorriza con parámetros físico químicos.....	29
Tabla 5: Correlación de Colonización micorrizas con parámetros físico químicos.....	32
Tabla 6: Componentes Principales: Variabilidad para Esporas.....	33
Tabla 7: Componentes Principales: Variabilidad para Colonización	34
Tabla 8: Regresión lineal múltiple de población micorrízica.....	35
Tabla 9: Regresión lineal múltiple de colonización micorrízica.....	36

INTRODUCCIÓN

Desde 1953 aparecieron los primeros cultivos de palma en el Ecuador, en los siguientes años los cultivos fueron creciendo hasta llegar a un total de 280.000 hectáreas sembradas, siendo también este el segundo cultivo más extenso en el (ANCUPA, 2015, p. 3). Las plantaciones se las encuentra en su mayoría en el Cantón de San Lorenzo con un total de 31.236 hectáreas según el Censo realizado por ANCUPA en el 2015 (p. 11). Estos representan el 16, 29% de la superficie agropecuaria en el país, juntamente con los cultivos de papa, maíz duro y arroz (INEC, 2014, p. 10). El cultivo de palma aceitera representa el 55% de la producción total de aceites del país (ANCUPA, 2015, p. 5), exportando aproximadamente 490 mil toneladas métricas por año (Taimal, 2014, p. 6).

En el cantón de la Concordia el principal monocultivo es la palma aceitera, cubriendo el 60% de superficie total equivalente a 28.476 ha (GAD. 2011, p. 30 y 31), existen una gran dependencia económica en extracción de aceite de palma (GAD Parroquial Limoncocha, 2015), con una producción anual promedio de 9.67 toneladas por hectárea (Trujillo Tamato, 2014, p. 42).

La actividad agrícola en general produce impactos en la diversidad y densidad de los microorganismos presentes en el suelo, debido especialmente al uso excesivo de agroquímicos. En cuanto a los cultivos de palma aceitera el uso de agroquímicos es relativamente bajo (Trujillo Tamato, 2014, p. 139). Sin embargo se ha venido investigado otras alternativas para poder controlar la plagas, reducir aún más el uso de fertilizantes y aumentar la productividad, mediante una mayor utilización de microorganismos propios del suelo, principalmente el hongo micorrízico arbuscular (Hashim, 2003 y Méndez, Castañeda, & Caicedo, 2014).

Los hongos micorrizas se los puede encontrar en todo tipo de climas, suelos, ecosistemas, vegetación y en diferentes condiciones de cultivos (Elsen & Swennen, 2003). Los hongos micorrizas poseen una gran variedad de

beneficios tanto para los suelos como para las plantas, estos efectos positivos van desde la sostenibilidad de biodiversidad de microorganismos, la mayor agregación del suelo y la optimización de la absorción de nutrientes por parte de las plantas (Pinheiro, Maranh, & El, 2016).

Como lo menciona Klinhoff en el 2015 (p. 55), los hongos micorrizas son un componente potenciador para el suelo y co-ayuda al crecimiento vegetal tanto en ecosistemas alterados, como en suelos contaminados por agroquímicos. Pero pocos son los estudios que determinan con exactitud la influencia de los tipos de cultivo y de especies de plantas en la población y colonización micorrízica. Por ejemplo Morales & Bernal (2006), encontraron que, la palma híbrida COARI presentan mayor colonización micorrízica que la palma americana (*Elaeis oleífera*), y que la población micorrízica tiene un comportamiento inverso. Otros investigadores entre ellos Hashem, Fathi Abd-Allah, Alqarawi, Wirth, & Egamberdieva en el 2016 (p. 10), estudiaron la tolerancia a la sal de los hongos micorrízicos en dos tipos de cultivos soja (tolerante a la sal y sensible a la sal) evaluando el porcentaje de vesículas, hifas y arbusculos en cada tipo de cultivo; encontrando que los cultivos sensibles a la sal presentaron mayor reducción en el porcentaje de éstas que los cultivos tolerantes a la sal. También se ha estudiado la diversidad de la poblacional micorrízica en un mismo cultivo a diferentes elevaciones (1317 msnm , 30 msnm y 30 msnm) y distintos tipos de suelo , encontrando mayor población micorrízica en la zona baja (Mahecha-Vásquez, Sierra, & Posada, 2016). Por lo expuesto, el estudio del comportamiento micorrízico corresponde a sitios específicos por lo que la presente propuesta de investigación que estima cómo afectan los diferentes tipos de material de palma aceitera en la población natural y colonización de hongos micorrízicos en suelos derivados de cenizas volcánicas, informan que es de gran utilidad para los palmicultores del cantón La Concordia, Ecuador, quienes ven en los hongos micorrízicos una alternativa sustentable de manejo como biofertilizante.

Justificación

El rendimiento de palma aceitera en el Ecuador es bajo, especialmente por inadecuado manejo de fertilización (tipo, dosis, época, sitio de aplicación), y el ataque de enfermedades como la pudrición de cogollo por *Phytophthora palmivora*, la Marchite sorpresiva asociada con protozoarios flagelados y el Anillo Rojo causada por el nematodo *Bursaphelenchus cocophilus*, entre otras, disminuyendo la producción local. Para enfrentar estos problemas INIAP entre los objetivos del Programa de Palma tiene la generación de material genético mejorado enfocado, al incremento de la producción de aceite y variedades más tolerantes a enfermedades.

Los costos de recuperar plantaciones afectadas por enfermedades y/o deficiencia de nutrientes es alta. Esto ha creado la necesidad de buscar nuevas alternativas para prevención de enfermedades y nutrición apropiada del cultivo. Conociendo la importancia de los microorganismos del suelo en la nutrición mineral de los cultivos, el uso de hongos micorrízicos como biofertilizantes está nuevamente retomando su importancia. Los hongos tienen un rol central en muchos procesos microbiológicos y ecológicos, influenciando a la fertilidad del suelo, descomposición, ciclo de minerales y materia orgánica, tanto como la salud de las plantas y su nutrición, por lo que la utilización y el manejo adecuado de hongos micorrízicos debe ser parte integral del manejo sustentable del cultivo de palma (Finlay, 2008).

Actualmente, existe un buen desarrollo de plantas híbridas de palma aceitera en el Ecuador, desarrolladas por INIAP (INIAP, 2016), por lo que es necesario evidenciar cuál es su influencia en la población y colonización micorrízica. El conocimiento del beneficio de los hongos micorrízicos para el suelo y planta es muy amplio y detallado, pero poco se ha investigado cómo las especies de una misma planta afectan a la población y colonización micorrízica. Adicionalmente varios estudios 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 (para este estudio: palma aceitera) (Smith & Gianinazzi-pearson, 1988).

La mayoría de investigaciones de los hongos micorrízicos se han centrado en la interacción de los hongos con cultivos monocotiledóneas, rotativos entre mono y dicotiledóneas, encontrando que la diversidad de hongos micorrízicos es alta en cultivos rotativos (Albarracín Orio, Brücher, & Ducasse, 2016). Otros estudios que han evaluado como influye en la población micorrízica el cambiar de un cultivo dependiente de los hongos micorrízicos a otro no dependiente en diferentes temporadas, hallando que no hay una disminución de la población micorrízica al cambiar de cultivo (Harinikumar & Bagyaraj, 1989).

Por lo expuesto esta investigación busca determinar cómo diferentes materiales de palma afectan a la población micorrízica y a su comportamiento en suelos derivados de ceniza volcánica, suelos que tienen una alta producción de palma aceitera en el Ecuador, uno de los principales cultivos en el Ecuador.

Hipótesis

El tipo de especie de palma aceitera influencia en la actividad micorrízica, en suelos derivados de ceniza volcánica.

Objetivo General

- Evaluar como las variedades de palma aceitera (entre Tradicional e híbridas) afectan al funcionamiento micorrízico en la Concordia, Ecuador.

Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de cinco materiales de la palma aceitera en la población micorrízica, comparado con un área natural.
- Establecer qué efecto tiene la calidad de suelo (N, P, K, CE, MO, textura) en la población y colonización micorrízica de los cinco materiales en estudio.

1. CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Micorrizas

El término micorriza proviene de las palabras griegas *mykes*= raíz del hongo y *rhiza*= raíz (Varma & Kharkwal, 2009, p. 17). Se han descrito alrededor de siete tipos de asociaciones micorrízicas de las cuales las más investigadas pertenecen al orden *Gloamles*, *Phylum zygomycota* (Stone, Polishook, & White, 2004, p. 317). Estos hongos micorrízicos son entidades simbióticas asociadas al 95% de las plantas vasculares, funcionan intercambiando necesidades, los hongos micorrízicos proporcionan a la planta nutrientes y agua a cambio de azúcares y carbohidratos (Marchant, Rivas, Ortega, Chung Guin-Po, & Guevara, 2009, p. 63).

Su principal función es el de mejorar el crecimiento de las plantas aumentando el acceso radicular a minerales y nutrientes del suelo (Piton, Varanini, & Nannipieri, 2001, p. 124).

Los hongos micorrízicos se clasifican según su morfología y ultraestructura en ectomicorrizas en las cuales las hifas no penetran las células de la epidermis de la raíz y en las endomicorrizas que si lo hacen (Garibay-Orijel, Morales-Marañón, Domínguez-Gutiérrez, & Flores-García, 2013, p. 153).

Las plantas que se asociación simbióticamente con las micorrizas tienden a ser más vigorosas y con mayor resistencia a enfermedades (Morales & Bernal, 2006, p. 6).

1.1.1. Ectomicorrizas

Sus hifas se encuentran muy enrolladas y dan a la raíz una apariencia como ensanchada (Alvarez, 2012, p. 12), formando una red Hartig o red intercelular que consiste en una red de hifas micorrízicos que se extiende dentro de las raíces de las plantas, penetrando entre las epidermis (Martín-Amor, 2011, p. 6). Únicamente se desarrollan en las dos últimas partes de la raíz, por ende el intercambio de nutrientes sucede en la red de Hartig. Estas pueden formar setas bajo y encima del suelo. Se asocian principalmente con plantas leñas y son generalistas es decir se asocian con casi todo tipo de árboles. En los trópicos las ectomicorrizas son difíciles de encontrar, solo en algunas familias como *Euphorbiaceae*, *Juglandaceae*, *Myricaceae* y *Myrtaceae* ya que en estos climas más abundan las micorrizas arbusculares (Aguirre & Haug, 2016). En general las ectomicorrizas no se estudian en cultivos de palma aceitera porque este cultivo se implanta en general en climas tropicales húmedos.

1.1.2. Endomicorrizas

La asociación tipo hongo-raíz es conocida como endomicorrizas o micorrizas arbusculares, las cuales colonizan la corteza de la raíz intracelularmente mediante arbusculos que actúan como un órgano para el intercambio entre la célula y el huésped de nutrientes. Otros géneros en cambio forman estructuras llamadas vesículas consideradas como reservorios de nutrientes para el hongo presentes en la corteza intercelularmente (Filho, Balota, Hungria, & Araújo, 2007, p. 301). Se las puede hallar en la mayoría de las plantas angiospermas, los árboles forestales y plantas agrícolas. Estas asociaciones son de la clase *Zigomicetes* debido a que producen estructuras intracelulares irregulares llamadas vesículas y arbusculos donde se presenta el mayor intercambio simbiótico con la planta (Marchant, Rivas, Ortega, Chung Guin-Po, & Guevara, 2009, p. 66).

La colonización radical se inicia al contacto del hongo con la raíz del huésped desarrollando primeramente estructuras conocidas como apresorios en las

cuales las hifas penetran las células corticales de la raíz y así formando los arbusculos; la planta huésped en cambio libera compuestos volátiles para estimular el crecimiento de las hifas. Hay dos tipos de colonización, en la una las hifas crecen intercelularmente con los arbusculos dentro de las células corticales y la en la otra las hifas y los arbusculos tienen un crecimiento intracelular enrollado conocidos como Arum y Paris respectivamente (Méndez et al., 2014, p. 18).

1.1.2.1. Hifas

Son las partes más externas de las micorrizas que penetran la raíz de la planta huésped. Ellas pueden salir de esporas germinadas o del micelio externo (Sieverding, 1983, p. 17). Ayudan a tener una área más amplia de contacto con las partículas del suelo para la mejor absorción de nutrientes y de agua (Monroy Ata & Garcia Sanchez, 2009, p. 30).

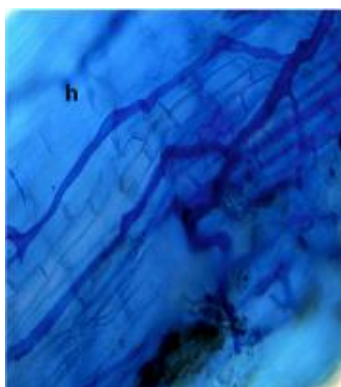


Figura 1. Hifas de micorrizas

Tomada de (Revista UNAM, 2016)

1.1.2.2. Arbúsculos

Son el conjunto de ramificaciones relacionadas con las hifas (Anwar Siddiqui, Sayeed Akhtar, & Futai, 2008, p. 39). Los arbúsculos son las estructuras más importantes de la simbiosis debido a que los arbúsculos son aquellos en donde se realiza el intercambio de nutrientes. Siempre están conectados a las hifas intracelulares (Sieverding, 1983, p. 17- 21).

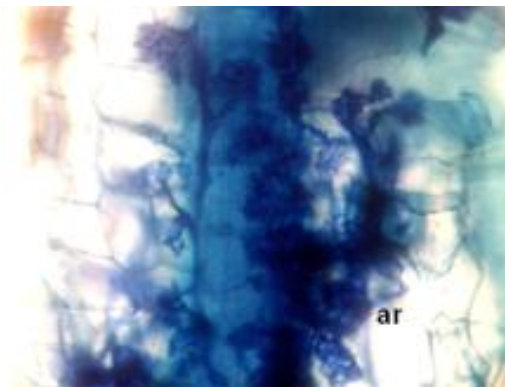


Figura 2. Arbúsculos de micorrizas

Tomada de (Revista UNAM, 2016)

1.1.2.3. Vesículas

Las vesículas son conocidas como órganos de reserva, se van formando simultáneamente o posterior a los arbúsculos, tienen apariencia de globos u óvulos y se las pueden encontrar tanto intracelular como intercelularmente (Sieverding, 1983, p. 21).

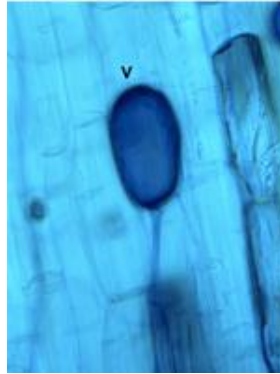


Figura 3. Vesícula de micorrizas

Tomada de (Revista UNAM, 2016)

1.1.2.4. Esporas

Son células asexuales que permiten la dispersión y supervivencia cooperando con las semillas que produce la planta huésped, su forma es esférica en su mayoría a simple vista no son visibles se las puede encontrar ya sea en el suelo como en las raíces de la planta con la cual están realizando la simbiosis (Jaramillo, 2011, p. 18). Su tamaño puede oscilar entre 20-50 μm siendo las más pequeñas y 200-1000 μm las más grandes (Jaramillo, 2011, p. 20).



Figura 4. Espora de micorriza

Tomada de (Salgado García, Castelán Estrada, Jiménez Jerónimo, Gómez Leyva, & Osorio Miranda, 2014, p. 17)

1.1.3. Población micorrízica

Es la cantidad de especies de hongos micorrízicas encontradas en los suelos de estudio (Mendoza R, Goldman V, Rivas J, Escudero V, Pagani E, Collantes M, 2002, p. 109). La metodología para cuantificar la población de micorrizas mediante el conteo de esporas es la de (Phillips & Hayman, 1970) que es universalmente usada.

1.1.4. Colonización

La colonización micorrízica sucede primeramente extendiendo el micelio hasta la raíz de la planta hospedera penetrando las células epidérmicas por pelos radicales, luego las hifas producidas por las esporas inician la colonización, produciendo los arbusculos y vesículas (Tapia Goné, 2003, p. 21).

Esto nos permite determinar si la planta tiene acceso a los nutrientes del suelo; es decir a mayor colonización menor es el acceso que tiene la planta por si sola a la absorción de nutrientes (Colonization & Genotypes, 2001, p. 340).

Una alta colonización sugiere una alta dependencia de la planta hacia el hongo micorrízico (Morales, Bernal, Alcocer, & Maldonado, 2008, p. 3).

1.2. Tipo de Palmas Aceiteras

1.2.1. *Elaeis guineensis*

La palma africana más conocida como palma aceitera *Elaeis guineensis* es una monocotiledónea perenne de la familia *Palmae* traída desde el oeste de África, todas sus partes son aprovechables. El aceite extraído de los racimos es utilizado como antídoto contra venenos, para calmar la temperatura corporal de niños que sufren convulsiones, tratamiento para la piel, entre otras (Rajoo, Sasidharan, Jothy, & Mansor, 2013, p. 419). El sistema radicular de la palma aceitera se extiende principalmente en los primeros 50 cm de suelo, la mayor cantidad de raíces se las puede encontrar a una profundidad de 0,4 m pero va disminuyendo a partir de los 20 cm de profundidad (Melado H, 2008, p. 5).

1.2.2. *Elaeis oleífera*

En cambio la *Elaeis oleífera* comúnmente llamada palma américa crece en zonas húmedas, y se la encuentra al sur y centro de América, Ecuador, Costa Rica, Colombia, Brasil, Perú y Panamá. Morfológicamente es parecida a la palma africana, pero las diferencias más representativas es la producción baja de racimos fértiles igualmente la baja producción en el mesocarpio por ende no es muy comercializada. Pero presenta diferentes ventajas sobre la palma africana, entre ellas están la alta resistencia contra plagas y la alta calidad de aceite producido (Cadena, Prada, Perea, & Romero, 2013, p.22). Igualmente por poseer un lento crecimiento (Barba, 2011, p. 3), es posible cosechar en diferentes periodos de tiempo (Rivera, Cayón, & López, 2013, p. 315).

La tasa de producción anual aproximadamente es de 28 a 33 toneladas por hectárea y con una tasa de extracción entre 18 a 19% (Rivera, Cayón, & López, 2013, p. 315).

1.2.3. Híbrido Interespecífico OxG (*Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis*)

Las palmas híbridas son cruzamientos de material genético del mismo géneros pero diferentes especies. El híbrido interespecífico OxG es el resultado de cruzamiento de las especies *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleífera*. Este cruzamiento se desarrolló en los años 70 sin conocer las limitaciones ni los beneficios del híbrido (La Hora, 2016).

Esta variedad ha presentado mejoras en la competitividad y sostenibilidad del cultivo. La ventaja más destacada es el crecimiento desacelerado obteniendo a cambio una mayor vida útil de la plantación. La degradación de la fruta es más lenta hay una alta productividad, igualando a la palma aceitera *Elaeis oleífera* (Ribera Méndez, Moreno Chacón, & Romero, 2013, p. 466).



Figura 5. Híbrido OxG (*Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis*)

1.2.4. Ventajas y Desventajas de palmas híbridas

Investigaciones anteriores de la palma *Elaeis oleífera* determinaron que este posee una alta resistencia a la enfermedad de pudrición de cogollo, lo que no sucede con la *Elaeis guineensis* (Durand-Gasselin et al., 2010 & Arias & Rocha, 2004). Pero la palma americana no produce altas cantidades de aceite comparada con la palma africana (Cadena Cala, 2012). Por ende se han realizado diferentes cruzamientos entre estas dos palmas para poder tener producciones altas en aceite y que resistan a las enfermedades de plagas principalmente la de pudrición del cogollo. La desventaja de estos híbridos interespecífico OxG en el área comercial es los costos extra que generan por no poseer una polinización propia (Vera, 2015).

1.3. MARCO REFERENCIAL

1.3.1. Factores que afectan a la población y colonización micorrízicas

Investigadores han estudiado como los factores naturales y antrópicos influyen en la colonización y población de micorrizas. Por ejemplo en áreas nativas o poco intervenidas, algunos investigadores concuerdan que los bosques presentan mayor población de micorrizas que las zonas intervenidas (Cardona et al., 2010, p 322 & Rincon Gelvez, 2004, p 80). En cuanto a la colonización micorrízica Cardona et al. (2010, p. 322) menciona mayor colonización

micorrízica en áreas altamente intervenidas que en nativas medianamente intervenidas.

Los autores Entry, Rygielwicz, Watrud, & Donnelly (2002) han evaluado como la sequía influye positivamente en la colonización pero no en la población micorrízica en cultivos de maíz y sorgo. Mientras Morales & Bernal en el 2006 (p. 4) encontraron mayor población micorrízica en cultivos de palma aceitera sin riego que en plantaciones con riego. Otro factor que afecta al crecimiento radicular y población micorrízica fue la compactación del suelo que afecto el crecimiento radicular y a la población micorrízica debido a un decrecimiento de las raíces y la consiguiente disminución de la actividad micorrízica (Entry et al., 2002).

Entre las actividades agrícolas está el uso excesivo de fertilizantes, especialmente de fósforo (P), macronutriente muy importante para el crecimiento de la planta (Abdel-Fattah, Asrar, Al-Amri, & Abdel-Salam, 2014). El P afecta negativamente a la colonización de las micorrizas en zonas templadas, ocasionando un falsa idea de que las micorrizas no son óptimas en suelos fértiles; en cambio en las zonas tropicales no, si existe una fijación adecuada de fósforo (Bernal, 2010). Igualmente otros investigadores coinciden que a niveles altos de fósforo la población micorrízica presenta una disminución (Meléndez Gil, 2010). Estudios realizados por Abdel-Fattah et al. en el 2014 han encontrado que a mayor intensidad de colonización de micorrizas, hay una mayor absorción de P en los brotes y raíces de la planta de soya, lo que puede indicar una mayor colonización.

De acuerdo con algunos investigadores los factores químicos que afectan a la población de micorrizas son: el pH que al aumentar ligeramente puede mejorar el intercambio catiónico de arcillas, reducir la saturación de aluminio que da como resultado menor estrés en las poblaciones biológicas del suelo, es decir mayor población micorrízica. Si el pH va desde 3.0 hacia bajo la cantidad de organismos vivos existentes en el suelo es cero; en cambio si el pH presenta

un aumento la densidad poblacional de los hongos es alta (Peña-Venegas, Cardona, Arguelles, & Arcos, 2007, p. 331 & Rodríguez-Morera, 2001, p. 19). Mientras rangos de pH de 5 a 8 son óptimos para población y colonización micorrízica (Rodríguez-Morera, 2001, p. 29).

Los factores químicos por actividad agrícola que afectan a la colonización y población micorrízica son fósforo, nitrógeno, fungicidas, materia orgánica. Bajos niveles de concentración de nitrógeno y fósforo en la solución de suelo son adecuados para una mayor colonización, por lo que no es recomendable la utilización de fertilizante, debido a la reducción de la población que este genera (Rodríguez-Morera, 2001, p. 29). En cuanto a los pesticidas que tienen en su composición bromuro de metilo, cloropicrina tienden a reducir la población micorrízica del suelo, donde se la haya aplicado (Johnson & Pflieger, 1992, p. 353). Los fungicidas que reducen la colonización micorrízica según lo investigado por Johnson & Pflieger en 1992 (p. 355) son captafol, clorotalonil, entre otros. En referencia a los contenidos de materia orgánica en el suelo se ha evidenciado que a mayor contenido de esta, mayor será la población micorrízica (Rodríguez-Morera, 2001, p. 30).

Los suelos donde usualmente se cultiva la palma aceitera tienden a tener bajas concentraciones de materia orgánica y de nutrientes, por ende no es extraño encontrar micorrizas asociadas a este tipo de cultivo (GUERRA S., 2014, p. 44).

1.3.2. Influencia de la población micorrízica en la productividad de cultivos

En el componente biológico del suelo, los microorganismos juegan un papel fundamental en el proceso de solubilización (por ejemplo, simbiosis micorrízica) de nutrientes, afectando la Capacidad Catiónica de Cambio (CCC), las reservas de nitrógeno, azufre y fósforo, la acidez del suelo, toxicidad, capacidad de retención de humedad. Existe evidencia que las micorrizas tienen un rol importante en la absorción de nutrientes en el cultivo de la palma de aceite, especialmente de fósforo (P). Reportando incrementos significativos en el productividad debido a la inoculación de micorrizas arbusculares en turba (Corley & Tinker, 2003).

En cultivos de palma aceitera, Melendez Gil en el 2010 evaluaron la influencia de los hongos micorrizas en el crecimiento de la palma aceitera en pre-viveros combinando con diferentes dosis de fertilizante de fósforo. Demostrando que a los primeros 90 días, no se observa una influencia de los hongos en la altura de la planta. Igualmente Phosri, Rodriguez, Sanders, & Jeffries en el 2010 señalan que las palmas aceiteras poseen una alta demanda de nutrientes principalmente en la fase de crecimiento, por eso aplican generalmente fertilizantes altos en fósforo.

De acuerdo con Phosri et al., (2010), la adición de micorrizas en la etapa de crecimiento no es necesaria, si la palma presenta un buen sistema de raíces especialmente en suelos no ácidos y sin utilización de fertilizantes altos en fósforo.

2. CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de Estudio

2.1.1. Cantón La Concordia

El Cantón la Concordia presenta suelos Inceptisoles (derivados de ceniza volcánica) en la mayoría de su territorio (GAD. 2011, p. 16). Tiene una precipitación anual de 3000 mm, el rango de temperatura va desde 23°C a 25°C, presenta un 88% de humedad relativa, su clima es tropical húmedo (GAD. 2011, p. 32).

El presente estudio se lo realizó en dos plantaciones: ANCUPA ubicado en el km 21 vía Santo Domingo - Quinindé, hacienda Agrícola “San José”, y en la hacienda de Ximena Fernández de Córdova ubicado en la Vía a Quinindé en el km 39 de la Provincia Santo Domingo de los Tsáchilas.



Figura 6. Finca de Ximena Fernández de Córdova



Figura 7. Finca de ANCUPA



Figura 8. Bosque Primario

2.2. Metodología

El estudio comprende cinco materiales de palma aceitera Taisha x Calabar (Figura 6), Taisha x Angola (Figura 7), Coari x La Mé (Figura 8), *Elaeis guineensis* INIAP (Figura 9) y *Elaeis guineensis* Ilegítima (Figura 20).

Los cinco materiales de palma se escogieron de las dos fincas que tenían palmas aceiteras de la misma edad (6 años), similar manejo agronómico, igual tipo de suelo, altitud y pendiente. Por lo tanto las fincas están ubicadas una cerca de la otra y una dispone de un área natural poco intervenida, que nos permitió evaluar el efecto de las variedades de palma en el comportamiento micorrízico comparado con un área boscosa. Para cada material de palma africana se realizaron 3 repeticiones (parcelas), dando un total de 15 unidades en estudio.

En la finca de ANCUPA se estudiaron 12 parcelas, que corresponden a cuatro materiales con 3 repeticiones; mientras que en la finca de Ximena Fernández de Córdova se seleccionaron 4 parcelas que corresponden a 1 material con 3 repeticiones y una parcela en el área natural (Bosque poco intervenido).

Cada parcela tuvo un tamaño de 32 m², estuvo separada por al menos 1000 metros entre cada una. En cada parcela se escogió 5 plantas de palma de similares condiciones, donde se tomó muestras de suelo y de raíces. Para la recolección de suelo se tomó 5 sub-muestras alrededor de cada planta a una profundidad de 0 a 20 cm hasta obtener 1500 gramos aproximadamente, se

homogenizó el suelo previo a obtener la muestra compuesta (Roberts & Henry, 2000, p. 4). El número total de muestras de suelo y raíces correspondió a 16 de cada una.

2.2.1. Análisis de laboratorio

Para los análisis Físico - Químico de suelos, se separó aproximadamente 1200 gramos de la muestra, la cual se secó al aire bajo sombra y se tamizó en malla de 1180 μm para posterior análisis de laboratorio. Para determinar el contenido de materia orgánica se usó el método volumétrico de Oxidación en Frío de Walker y Black, la conductividad eléctrica se determinó en solución de pasta saturada, la textura fue determinada por el método de Bouyoucos y el pH se determinó en dilución con agua en una relación de 1:25 (Resultados: ANEXO1).

Para las determinaciones de nitrógeno se usó el método de Kjeldhal. Para potasio y fósforo disponibles se extrajeron estos elementos con una solución de Olsen modificado. La cuantificación de potasio se realizó utilizando un equipo de Absorción Atómica (AAS), mientras que para fósforo se utilizó el método de colorimetría de azul del metavanadato. Estos análisis fueron ejecutados en los laboratorios de suelos de Agrocalidad de Tumbaco (Resultados: ANEXO 2).

2.2.2. Procedimiento para población y colonización micorrízica

Acondicionamiento de las muestras

Se pesó 50 gramos de suelo (previamente tamizado en la malla de 1180 μm) en balanza de precisión y luego se colocó en un vaso de precipitación de 250 ml, se añadió agua hasta llegar al tope del vaso, se cubrió con paraflim y se agitó una vez, se dejó reposar por 2 minutos. Luego de esto, se recolecto las raíces que se encontraban en la superficie del vaso, se las coloco en una caja Petri y se añadió agua destilada para su posterior tinción.



Figura 9. Muestra en Reposo



Figura 10. Raíz cuaternaria

Determinación de población de esporas

El líquido sobrante del vaso se lo paso por los tamices de 500 μm , 150 μm y 38 μm . El material retenido en los tamices de 150 y 38 μm se colocó en tubos Falco con 25 ml de sacarosa 2M. Los tubos fueron centrifugados a 2500 rpm por 15 minutos. El líquido obtenido después de la centrifugación se lo trasladó a cajas Petri cuadrículadas. Para posterior conteo de esporas presentes en cada muestra utilizando el microscopio y determinar la población micorrízica que existe en la muestra (Bolaños-B, Rivillas-osorio, & Suárez Vásquez, 2000, p. 249), la población total de esporas se determinó con el número de esporas en 100 gramos de suelo seco (Morales et al., 2008).



Figura 11. Filtrado en Tamiz de 150 μm



Figura 12. Residuo del tamiz de 38 μm



Figura 13. Paso de la muestra a tubo falco



Figura 14. Muestra con sacarosa



Figura 15. Centrifugación de muestras



Figura 16. Espora

Determinación del porcentaje de Colonización

Las raíces extraídas tanto en la superficie del agua del vaso como las retenidas en el tamiz de 500 μm , se las colocó en otros tubos Falco, se añadió KOH al 10% hasta cubrir las, luego se las dejó en Baño María por 1 hora, después se limpió las raíces con HCl al 1% agitando brevemente, para posteriormente incorporar la solución de HCl al 1% con tinta azul en una proporción 1:50 v/v cubriendo completamente las raíces. Finalmente se las lavo con agua destilada para eliminar cualquier residuo y se las colocó en un portaobjetos con lactoglicerol a fin de conservarlas. Las raíces fueron colocadas en el estereoscopio, se observó 200 cuadrantes, en los cuales se fue contabilizando las hifas, vesículas y arbusculos encontrados, y al no encontrar ninguno se consideraba como campo negativo. Después con la ecuación 1 se determinó el porcentaje de colonización (Muñoz-Márquez et al., 2009).

$$\% \text{ de Colonización} = \frac{\text{Campos observados} - \text{Campos negativos}}{\text{Campos observados}}$$

Ecuación 1

2.2.3. Análisis Estadístico

Previo a realizar los análisis estadísticos utilizando el programa MINITAB se realiza el análisis de normalidad de los parámetros en estudio.

Para determinar la influencia del material de palma aceitera en la población micorrízica se utilizó el Análisis ANOVA *One way* con el programa estadístico MINITAB, versión gratuita para estudiantes.

Para establecer que factores abióticos que afectan en el comportamiento micorrízico en los diferentes materiales de palma se realizó primero el análisis de correlación *Pearson* de los parámetros en estudio (población y colonización micorrízica) con las propiedades del suelo indicadas anteriormente.

Posteriormente a partir del Análisis de Componentes Principales (ACP), se determinó cuales parámetros guardan interdependencia entre si y explican la variabilidad en el área de estudio. Cada componente agrupa los parámetros que miden la cantidad de estos, que explican esta variación en porcentaje.

Adicionalmente se corrió el análisis de regresión múltiple (*step wise selection*) para establecer que parámetros físico químico del suelo explican el comportamiento micorrízico individualmente para población y colonización.

3. CAPÍTULO III: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Determinación del efecto de materiales de palma aceitera en la población micorrízica

Para determinar el efecto de las variedades de la palma aceitera en la población micorrízica en relación con un área natural, se procedió a realizar un análisis ANOVA *One way* para la variable población micorrízica. De este análisis se observa (Tabla 1) que si hay diferencias significativas (p-value 0,017) en los promedios de población de esporas por tipo de material de palma aceitera. La Tabla 2 nos indica los niveles de significancia entre los valores promedios mediante el análisis *Turkey*. Se determina que la población micorrízica bajo el cultivo de palma *Elaeis guineensis* conocida como Ilegitima por ser plantada a partir de otras semillas de la finca Ximena Fernández de Córdova es mayor estadísticamente a las poblaciones de micorrizas que la híbrida (CoarixLa Mé) y la tradicional *Elaeis guineensis* INIAP, ubicadas en la finca de Ancupa. Este resultado concuerda con lo encontrado por Morales et al. en el 2008 donde la población del material CoarixLa Mé fue el más bajo, pero el porcentaje de colonización fue la más alta.

Cabe recalcar que material *Elaeis guineensis* (Ilegitima) no presenta diferencia estadística con la poblaciones de micorrizas bajo las palmas híbridas TaishaxAngola y TaishaxCalabar y el área natural a pesar de que numéricamente estas tienen valores promedios de esporas menores en 182, 188 y 178 respectivamente en relación a *Elaeis guineensis*. Esto puede deberse a la alta dispersión de los valores promedios (de 3 repeticiones) como se observa en la Gráfico 1.

La población de micorrizas en el suelo bajo bosque (área natural) no difiere estadísticamente con ninguno de los materiales de palma en estudio.

Tabla 1*Análisis de Varianza (ANOVA One way)*

Análisis de Varianza					
Fuente	DF	Adj SS	Adj MS	F-Valor	P-Valor
Palma	5	127274	25455	4,77	0,017
Error	10	53317	5332		
Total	10	180591			

Tabla 2

Valores promedios del número de esporas / 100 gss en cinco materiales de palma aceitera en la Concordia, Ecuador

Palma	Media *	Desviación Estándar
<i>Elaeis guineensis</i> (Ilegítima)	364 a	108
Taisha x Angola	202 ab	62,6
Bosque	186 ab	0
Taisha x Calabar	175,3 ab	85,8
<i>Elaeis guineensis</i> INIAP	123,3 b	53,2
Coari x La Mé	104 b	7,2

* significancia al 95%

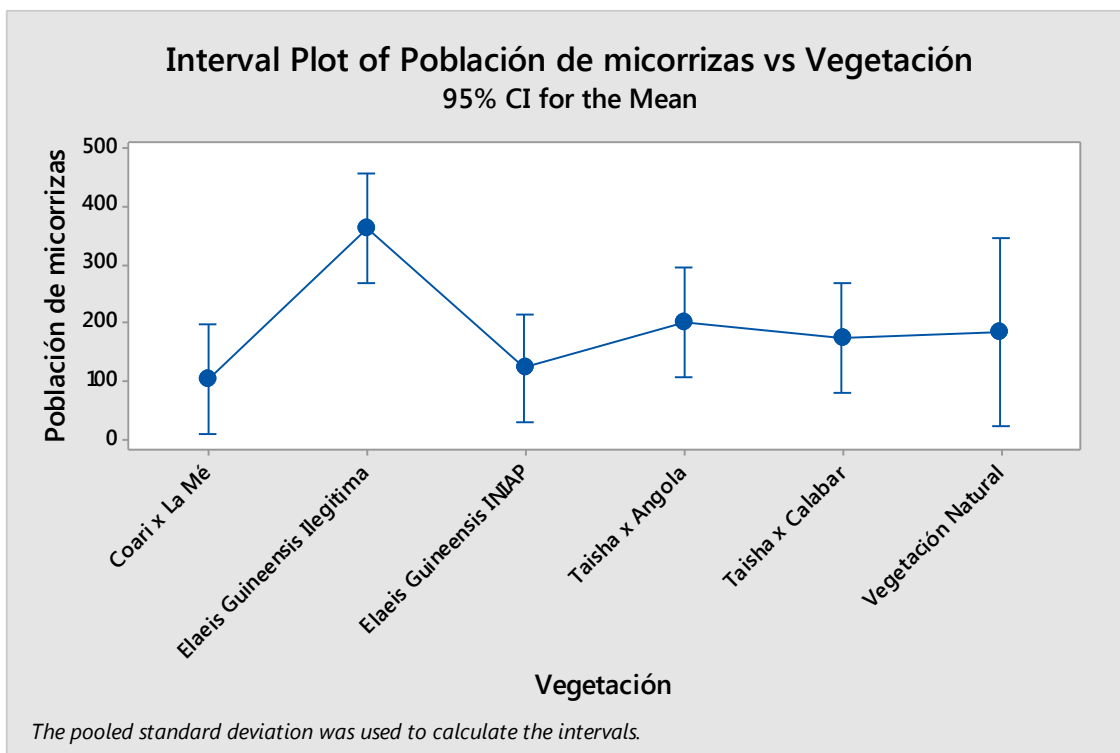


Figura 17. Valores promedios de población micorrízica en cinco materiales de palma y vegetación natural

Los resultados promedios de la población mediante el análisis ANOVA no incluyen factores como manejo agrícola, el cual afecta a la población micorrízica, como lo mencionan varios investigadores. Monroy L, Salamanca Solis, Cano, Moreno-Conn, & Orduz-Rodríguez (2013, p. 56) que indican que la población y la colonización micorrízica es afectada negativamente por la utilización de glifosatos. Igualmente, Entry et al.(2002) consolida los resultados de varios estudios, que demuestran que la aplicación de pesticidas como el benomilo, metil bromuro y fosetil-Al inhiben la formación de micorrizas y la absorción de fósforo por parte de las plantas.

Los valores más altos de población micorrízica en suelos bajo *Elaeis guineensis* Ilegítima, puede deber a que estas parcelas están ubicadas en una finca que tiene menores niveles de aplicación e fertilizantes que la de ANCUPA. Así en esta se fertiliza cuatro veces al año con sulfato de magnesio, potasio, fósforo e incorpora gradualmente materia orgánica y no utiliza

glifosatos; mientras que la segunda finca ANCUPA posee un manejo más intensivo con una combinación de fertilizantes: Novatec Solub 45, fosfato diamónico, muriato de potasio, sulfato de magnesio, sulfato de calcio y ácido bórico; y utilizan glifosatos solo en las coronas de las palmas. Resultados que confirman lo encontrado por varios investigadores que indican que la población micorrízica es mayor en sitios con menor aplicación de fertilizantes (Morales et al., 2008, Abdel-Fattah et al., 2014 & Harinikumar & Bagyaraj, 1989).

Tabla 3

Valores promedios de las propiedades físicas químicas del suelo bajo los 5 materiales de Palma Aceitera

	pH	CE (μ S/cm)	MO %	N %	P ppm	K cmol /kg	Arena %	Arcilla %	Limo %
<i>Elaeis guineensis</i> llegitima	5,21	1862	5,6	0,33	2,5	2,53	60	9	31
Desv. Estandar	0,14	781	0,8	0,01	0,0	1,93 249	4	1,2	4,1
Taisha x Angola	5,60	352	5,9	0,29	13,9	0,12	71	11	18
Desv. Estandar	0,16	147	0,5	0,01 528	7,2	0,02	5	1,2	4,2
Bosque	6,89	321	12, 7	0,46	46	4,63	64	14	22
Taisha x Calabar	5,64	353	6,4	0,32	14,4	0,20	71	9	20
Desv. Estandar	0,14	112	0,8	0,01	2,5	0,07	3,1	1,2	2,3
<i>Elaeis guineensis</i>	5,62	207	5,8	0,29	6,6	0,16	76	9	15

INIAP									
Desv. Estandar	0,03	73	1,3	0,05	7,1	0,06	7,2	1,2	8,3
Coari x La Mé	5,79	189	5,4	0,30	9	0,14	74	9	17
Desv. Estandar	0,08	52	2,1	0,04	11,3	0,02	7,2	3,1	4,6

3.2. Establecer el efecto de la calidad del suelo en la población y colonización micorrízica.

Para identificar el efecto que tiene la calidad de suelo (N, P, K, CE, MO, textura) en la población micorrízica primero se realizó el análisis de correlación de *Pearson* de población micorrízica con las propiedades del suelo, incluyendo los valores del área natural y sin incluir esta (Tabla 4).

Tabla 4

Correlación de Población micorriza con parámetros físico químicos

Población Micorrízica (esporas/100gss)		
Parámetros	Sin Área Natural	Con Área Natural
Fósforo	-0,28	-0,18
Potasio	0,738**	0,552*
Nitrógeno	0,37	0,21
Conductividad Eléctrica	0,701**	0,699**
Limo	0,653**	0,65**
Arcilla	0,11	0,08
Arena	-0,664**	-0,644**
pH	-0,682**	-0,39
Materia Orgánica	0,07	0,02

* significativo al 95%

** altamente significativo al 95%

Los parámetros potasio, conductividad eléctrica y limo muestran una correlación altamente significativa positiva con la población micorrízica, en

cambio la arena y el pH tienen una correlación negativa, en los dos casos que se tiene en la tabla 4 (sin área natural y con área natural). Al incorporar los datos del área natural la correlación con conductividad eléctrica, limo y arena se mantienen pero disminuyen en fuerza; con el potasio la correlación cambia de altamente significativa a solo significativa, mientras que la correlación de la población micorrízica con el pH se pierde.

Investigaciones realizadas por Mendoza R, Goldman V, Rivas J, Escudero V, Pagani E, Collantes M en el 2002 no encontraron correlación de la población con la conductividad, pero sí con los niveles disponibles de nitrógeno, fósforo y potasio.

Igualmente Harinikumar & Bagyaraj (1989, p. 175) determina que los fertilizantes químicos de nitrógeno, fósforo y potasio en proporciones de 50, 60 y 70 % respectivamente no disminuyen la población micorrízica. Pero otros investigadores (Khakpour & Khara, 2012, p. 979) muestran resultados opuestos a los de este estudio donde indican que a mayor contenido de potasio y de conductividad eléctrica disminuye la población micorrízica.

En cuanto a la correlación con el porcentaje de arena, De la Ossa & Pérez-c en el 2013 definieron en su estudio, que los suelos franco arenosos tienden a presentar una alta población micorrízica, a diferencia de esta investigación que muestra una alta correlación significativa de $-0,644^{**}$ (inversa) con arena al incluir el área natural. Cabe indicar que los contenidos de arena en este tipo de suelos están en rangos de 60 a 76%. En referencia a los porcentajes de limo y su efecto en la población micorrízica hay una alta correlación positiva significativa, resultados que son similares a los encontrados por Khakpour & Khara en el 2012 (p. 979) que a mayor porcentaje de limo la población micorrízica incrementa.

Los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio (Tabla 4) mostraron que la población micorrízica depende del pH; a pesar de que los hongos son menos susceptibles que las bacterias a la disminución del pH en el suelo. Además

Khakpour & Khara, (2012, p. 980) recalcan que el comportamiento de hongos micorrízicos frente al pH es muy disperso. Igualmente Morales et al. en el 2008 (p. 4) juntamente con otros autores concuerdan que el nivel de pH puede afectar a la población micorrízica, pero también comentan que los hongos micorrízicos al asociarse con plantas acidófilas como lo es la palma aceitera se adaptan al pH. Mosse, 1972a & Mosse. 1972b citado por Khakpour & Khara, 2012 indican que algunos hongos micorrízicos arbusculares no funcionan bien en suelos de pH bajo, mientras que otros tuvieron un desempeño pobre después de que los suelos ácidos fueron encalados . En este estudio al igual que lo encontrado por Khakpour & Khara en el 2012 el número de esporas tiene una relación inversa con el pH en todos los suelos que están bajo los 5 materiales de palma en estudio.

De acuerdo con los resultados es esta investigación si existe correlación positiva con potasio pero Morales & Bernal en el 2006 (p. 5) discrepan con esta relación ya que en su estudio definieron que hay mayor población micorrízica en sitios sin fertilizar que en fertilizados con este elemento. Para este caso de estudio las dos fincas utilizan abonos potásicos pero en bajas proporciones además, el tipo de fertilizante a utilizar en éstas es diferente al que Morales & Bernal (2006) utilizaron en su investigación, hay que tomar en cuenta también la composición químico física del suelo.

Para identificar el efecto que tiene la calidad de suelo (N, P, K, CE, MO, textura) en la colonización micorrízica se realizó el análisis de correlación de *Pearson* sin incluir el área natural (Tabla 5).

Tabla 5

Correlación de Colonización micorrizas con parámetros físico químicos

Porcentaje de Colonización (%)	
Parámetros	Sin Bosque
Fósforo	-0,477
Potasio	0,152
Nitrógeno	-0,133
Conductividad Eléctrica	0,139
Limo	0,316
Arcilla	-0,107
Arena	-0,289
pH	0,0610
Materia Orgánica	-0,732**

* significativo al 95%

* * altamente significativo al 95%

Como se observa en la Tabla 5 solo la materia orgánica posee una correlación significativa con la colonización pero esta es inversamente proporcional. Y de acuerdo con Pérez-C & De la osa (2013), a niveles bajos de materia orgánica mayor es la colonización, confirmando lo encontrado en este estudio. En tanto que Salinos, El, & Colima en el 2002 (p. 70) mediante análisis de regresión lineal encuentran una relación directa entre la materia orgánica y el porcentaje de colonización. Mientras otras investigaciones realizadas por Khakpour & Khara(2012, p. 979) y Cuza en el 2013 (p. 60) no obtuvieron ninguna correlación entre el porcentaje de materia orgánica y la colonización micorrízica. Por lo tanto se requiere realizar más estudios para establecer patrones generales de cambio por efecto de la fertilización.

Para determinar y/o agrupar los parámetros que expliquen la variabilidad del área de estudio se realizó el Análisis de Componentes Principales (ACP), que permite reducir el número de variables con el objetivo de resaltar las variables más relevantes en cada componente (Salinas P, 2006). Los componentes principales obtenidos de este análisis nos indica una variabilidad acumulada del 82,5% para 3 componentes. En donde el primer componente (PC1) explica el

37,9% de variabilidad, el segundo componente (PC2) el 35,5% en el tercer componente (PC3) el 9% (Tabla 6).

Tabla 6

Componentes Principales: Variabilidad para Esporas

	PC1	PC2	PC3
% Variable explicativa	37,9	35,5	9
% Variable acumulada	37,9	73,5	82,5
Variable			
Esporas	0,336	0,238	-0,025
Palma	0,336	0,022	0,442
Materia Orgánica	0,25	-0,397	0,08
pH	0,078	-0,441	-0,144
Arena	-0,38	-0,222	0,392
Arcilla	0,192	-0,25	-0,676
Limo	0,342	0,303	-0,217
Conductividad Eléctrica	0,298	0,307	0,12
Nitrógeno	0,323	-0,302	0,262
Potasio	0,441	-0,055	0,19
Fósforo	0,142	-0,446	-0,002

Como se puede observar en la Tabla 6, el componente principal 1 agrupa a potasio, arena (relación inversa), número de esporas, materiales de palma, %limo, nitrógeno y CE. El segundo componente (PC2) agrupa a fósforo, pH, MO y N (relación inversa) y a conductividad eléctrica en una relación positiva. El tercer componente (PC3) agrupa a arcilla (relación negativa), material de palma y arena con un 9%.

Para explicar la variabilidad de los parámetros físico químicos con la información de colonización micorrízica se realizó el ACP y se excluyó los datos de población micorrízica dando como resultado una variabilidad acumulada del 77,5% que es menor que cuando se corrió con la población micorrízica. Este análisis nos indica que el Componente Principal (PC1) explica

una variabilidad del 43,3%; el PC2 el 21,8% y el tercer componente (PC3) una variabilidad explicativa de 12,4%.

Las variables con correlaciones positivas encontradas para el PC1 son tipo de palma, %limo, conductividad eléctrica y potasio para el PC2, los variables pH y colonización micorrízica poseen correlación positiva. La única variable con correlación positiva en PC3 fue la arcilla. En cuanto a las correlaciones inversamente proporcionales para PC1, PC2 y PC3 se las puede observar en la Tabla 7, siendo la más importante la MO con -0,537 y nitrógeno con -0,496.

Tabla 7

Componentes Principales: Variabilidad para Colonización

	PC1	PC2	PC3
% Variable explicativa	43,3	21,8	12,4
% Variable acumulada	43,3	65,2	77,5
Variable			
Palma	0,322	-0,02	-0,334
Materia Orgánica	-0,159	-0,537	0,15
pH	-0,363	0,325	-0,068
Arena	-0,397	-0,065	-0,368
Arcilla	0,057	0,097	0,748
Limo	0,418	0,044	0,205
Conductividad Eléctrica	0,372	-0,171	0,058
Nitrógeno	0,046	-0,492	-0,206
Potasio	0,364	-0,229	-0,094
Fósforo	-0,316	-0,304	0,045
Colonización	0,176	0,416	-0,261

Para establecer cuál de los parámetros físico químicos, que presentan una alta correlación y que son independientes entre sí contribuyen a explicar la variabilidad de la población micorrízica, se realizó el análisis de regresión múltiple con selección por pasos (*stepwise selection*) y se obtuvo que la población micorrízica presenta una relación directa con el porcentaje de arena y con la conductividad eléctrica del suelo (Ecuación 2). Esta ecuación explica el

76% de la variabilidad de la población micorrízica en función de los parámetros antes mencionados $r^2_{ajust} = 0,76$ (Tabla 8). En cambio al correr el análisis de regresión para la colonización micorrízica, el único parámetro que explica la variabilidad de la colonización micorrízica es la materia orgánica pero en una relación inversa (Ecuación 3). Esta ecuación indica que el 54% de la variabilidad de la colonización de micorrizas está explicado por la materia orgánica, en una proporción inversa (Tabla 9).

$$Esporas = -31,7 + 10,07\%ARCILLA + 0,0302^{\circ}Conductividad\ Eléctrica + 28,64^{\circ}Potasio$$

Ecuación 2

Tabla 8

Regresión lineal múltiple de población micorrízica

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	34339	11446,4	11,66	0,001
% ARCILLA	1	3525	3524,6	3,59	0,085
Conductividad Eléctrica	1	4850	4849,5	4,94	0,048
Potasio	1	11381	11380,6	11,6	0,006
Error	11	10795	981,3		
Total	14	45134			
Model Summary					
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)		
31,326	76,08%	69,56%	4,55%		

$$Colonización = 85,03 - 3,379^{\circ}Materia\ Orgánica$$

Ecuación 3

Tabla 9*Regresión lineal múltiple de colonización micorrízica*

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	1	211,6	211,59	15,03	0,002
<i>Materia Orgánica</i>	1	211,6	211,59	15,03	0,002
Error	13	183	14,08		
Total	14	394,3			
Model Summary					
	S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)	
	3,75201	53,62%	50,05%	34,99%	

4. CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Determinar el efecto de cinco materiales de la palma aceitera en la población micorrízica, comparando con un área natural.

La cantidad de población micorrízica en los cinco materiales de palma aceitera si presentó diferencias significativas en función del tipo de material de palma. Siendo mayor la población de la especie *Elaeis guineensis* (Ilegitima) en comparación con los materiales *Elaeis guineensis* INIAP y CoarixLa Mé. Con una diferencia en la población de 33% y 29% respectivamente. En cuanto al Bosque evaluado la diferencia que presenta con la *Elaeis guineensis* (Ilegitima) es de un 51%.

La población de micorrizas en el área natural no presento diferencias significativas con la especies TaishaxCalabar, TaishaxAngola y *Elaeis guineensis* Ilegitima, indicando que no solo el tipo de planta influye en la población micorrízica sino el manejo del cultivo.

Por lo tanto se puede concluir que si hay una afectación en la población micorrízica del suelo dependiendo del tipo de material de palma aceitera, pero se debería incluir como factor en estudio, el tipo de manejo que no fue considerado.

Identificar qué efecto tiene la calidad de suelo (N, P, K, CE, MO, textura) en la población y colonización micorrízica de los cinco materiales en estudio.

La población micorrízica aumenta dependiendo del incremento de la concentración de potasio, conductividad eléctrica y porcentaje de limo en el suelo y disminuye en función de la arena y el pH. De estos resultados se concluye que el factor manejo reflejado en los parámetros K, CE y pH son determinantes para la población micorrízica y por lo tanto para el manejo de estos hongos como biofertilizantes.

De los resultados del análisis de correlación entre colonización micorrízica y los parámetros de calidad del suelo se concluye que los contenidos de materia orgánica en el suelo disminuyen la colonización en los 5 materiales de palma aceitera.

La correlación negativa entre colonización micorrízica y los contenidos de fósforo y nitrógeno a pesar de no presentar correlación significativa concuerdan con los estudios de otros investigadores que determinan que la colonización se ve afecta por la fertilización con P y N

4.2. Recomendaciones

Es necesario realizar investigaciones de este tipo incorporando información sobre el manejo del cultivo especialmente dosis de fertilizantes, épocas y formas de aplicación para determinar cómo estas afectan a la población y colonización micorrízica.

Igualmente realizar estudios de los tipos de especies de micorrizas presentes bajo los 5 materiales de palma que fueron considerados en este estudio y la estructura radicular de cada material.

Al ser la materia orgánica un factor que explica el 73, 2% de la colonización micorrízica y que algunas fincas utilizan este material para mejorar la fertilidad de sus suelos, es necesario iniciar un proyecto de evaluación de como la colonización micorrízica es afectada por diferentes tipos y cantidades de materia orgánica.

REFERENCIAS

- Abdel-Fattah, G. M., Asrar, A. A., Al-Amri, S. M., & Abdel-Salam, E. M. (2014). Influence of arbuscular mycorrhiza and phosphorus fertilization on the gas exchange, growth and phosphatase activity of soybean (*Glycine max L.*) plants. *Photosynthetica*, 52(4). Recuperado el 1 de diciembre del 2016 de <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11099-014-0067-0>.
- Aguirre, N., & Haug, I. (2016). *Introduction to Mycorrhizas in the Tropics with Emphasis on the Montane Forest in Southern Ecuador* *Introduction to Mycorrhizas in the Tropics with Emphasis on the Montane Forest in Southern Ecuador* *Introducción a las Micorrizas en los Trópicos*. Recuperado el 1 de diciembre del 2016 de https://www.researchgate.net/profile/Narcisa_Urgiles_Gomez/publication/306082812_Introduction_to_Mycorrhizas_in_the_Tropics_with_Emphasis_on_the_Montane_Forest_in_Southern_Ecuador/links/57af01ce08aeb2cf17c23695.pdf?inViewer=0&pdfJsDownload=0&origin=publication_detail.
- Albarracín Orio, A. G., Brücher, E., & Ducasse, D. A. (2016). Switching between monocot and dicot crops in rotation schemes of Argentinean productive fields results in an increment of arbuscular mycorrhizal fungi diversity. *Applied Soil Ecology*, 98. Recuperado el 1 de diciembre del 2016 de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139315300974>.
- Alvarez, J. (2012). *Caracterización morfológica de dos ectomicorrizas asociadas a Cocoloba uvifera L . e identificación del micobionte con base en la región ITS del ADNr , en una población de la comunidad La Ribera , Tampico Alto , Veracruz*. Recuperado el 6 de diciembre del 2016 de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/31201/1/julietalavarezmanjarrez.pdf>.
- ANCUPA. (2015). Informativo 2015. Recuperado el 22 de noviembre del 2016 de <http://www.ancupa.com/pdfs/otros/kit-informativo-2015.pdf>.
- Anwar Siddiqui, Z., Sayeed Akhtar, M., & Futai, K. (2008). *Mycorrhizae : Sustainable Agriculture and Forestry Mycorrhizae : Sustainable*. Recuperado el 1 de diciembre del 2016.
- Arias, D., & Rocha, P. (2004). Análisis de diversidad genética en materiales

- tolerantes y susceptibles a la pudrición de cogollo en palma de aceite mediante marcadores moleculares. *Revista Palmas*, 25(3), 11–27. Recuperado el 8 de diciembre del 2016 de <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1004>.
- Barba, J. (2011). Oleíferas ecuatorianas alternativa de manejo agronomico para compensar las perdidas ocasionadas por la pudrición del cogollo en america latina. *Palmar Del Rio*. Recuperado el 1 de octubre del 2016 de <http://www.palmardelrio.com/sitio/files/oleiferasecuadorianasalternativademanejoW.pdf>.
- Bernal, G. (2010). El desarrollo de la microbiología del suelo en la palma de aceite en Ecuador Development of soil microbiology in oil palm in Ecuador Introducción. Recuperado el 1 de diciembre del 2016 de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1529>.
- Bolaños-B, M. M., Rivillas-osorio, C. A., & Suárez Vásquez, S. (2000). Identificación de micorrizas arbusculares en suelo de la zona cafetera Colombiana. Recuperado el 22 de noviembre del 2016 de [http://www.cenicafe.org/es/publications/arc051\(04\)245-262.pdf](http://www.cenicafe.org/es/publications/arc051(04)245-262.pdf).
- Cadena, T., Prada, F., Perea, A., & Romero, H. M. (2013). Lipase activity, mesocarp oil content, and iodine value in oil palm fruits of *Elaeis guineensis*, *Elaeis oleifera*, and the interspecific hybrid OxG (*E. oleifera* × *E. guineensis*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(3). Recuperado el 5 de octubre del 2016 de https://www.researchgate.net/publication/233418775_Lipase_activity_mesocarp_oil_content_and_iodine_value_in_oil_palm_fruits_of_Elaeis_guineensis_Elaeis_oleifera_and_the_interspecific_hybrid_OG_E_oleifera_E_guineensis.
- Cadena Cala, T. (2012). *Caracterización de materiales E. guineensis, E. oleifera E Híbrido (E. oleifera X E. guineensis) del banco de germoplasma de CENIPALMA, respecto a la actividad lipásica y la calidad del aceite*. Recuperado el 1 de octubre del 2016 de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7393/2/143210.pdf>.
- Cardona, G. I. C., Arcos, A. L., & Murcia, U. G. (2010). Abundancia de

- actinomicetes y micorrizas arbusculares en paisajes fragmentados de la Amazonia colombiana. *Agronomía Colombiana*, 23(2). Recuperado el 1 de diciembre del 2016 de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/19977>
- Corley, R. H. V., & Tinker, P. B. (2003). The Oil Palm. Recuperado el 1 de diciembre de <https://doi.org/10.1002/9780470750971>.
- Cuza, I. (2013). Soil Chemical Heterogeneity May Affect the Diversity of Arbuscular-Mycorrhizal fungi in the rhizosphere of *Tamarix Aphylla* under arid climate. Recuperado el 3 de diciembre del 2016 de http://www.bio.uaic.ro/publicatii/anale_vegetala/issue/2013F2/05-2013F2.pdf.
- De la Ossa, J., & Pérez-c, A. (2013). Physical and Chemical soil variables and the relation with the colonization of arbuscular in Agleton (*Dichanthium aristatum* Benth) roots. Recuperado el 1 de diciembre del 2016 de https://www.researchgate.net/publication/304496656_PHYSICAL_AND_CHEMICAL_SOIL_VARIABLES_AND_THE_RELATION_WITH_THE_COLONIZATION_OF_ARBUSCULAR_MYCORRHIZAE_IN_ANGLETON_Dichanthium_aristatum_Benth_ROOTS.
- Durand-Gasselin, T., Amblard, P., Corredor, J., Sanz, J., & de Franqueville, H. (2010). Visión futura del mejoramiento genético de la palma de aceite en Latinoamérica : varias resoluciones sobre cooperación en Colombia para Future prospects for oils palm breeding in Latin America: Various resolutions for plant breeding cooperation in Colomb. *Palmas*, 31(Especial Tomo I). Recuperado el 8 de diciembre del 2016 de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/1522>.
- Elsen, A., & Swennen, R. (2003). Relative mycorrhizal dependency and mycorrhiza-nematode interaction in banana cultivars (*Musa* spp.) differing in nematode susceptibility. *CEUR Workshop Proceedings*, 69(October 2015). Recuperado el 1 de diciembre del 2016 de <https://doi.org/10.1023/A>.
- Entry, J. a, Rygiewicz, P. T., Watrud, L. S., & Donnelly, P. K. (2002). Arbuscular mycorrhizal response to adverse soil conditions. *Arbuscular Mycorrhizae:*

- Interactions in Plants, Rhizosphere and Soils*. Recuperado el 5 de diciembre del 2016 de <https://eprints.nwisrl.ars.usda.gov/818/1/1076.pdf>
- Filho, C., Balota, E., Hungria, M., & Araújo, R. (2007). Micorrizas arbusculares. *Ciencia Ergo Sum*, 14, 300–306. Recuperado el 22 de noviembre del 2016 de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=PUBLI.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=002500>.
- Finlay, R. D. (2008). Ecological aspects of mycorrhizal symbiosis: With special emphasis on the functional diversity of interactions involving the extraradical mycelium. *Journal of Experimental Botany*, 59(5). Recuperado el 13 de diciembre del 2016 de <https://doi.org/10.1093/jxb/ern059>
- GAD Parroquial Limoncocha. (2015). *Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial De La Parroquia Rural De Limoncocha*. Recuperado el 14 de septiembre del 2016 de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1768086160001_ACTUALIZACION_PDOT_LIMONCOCHA_2015_2019_29-10-2015_15-41-36.pdf
- Garibay-Orijel, R., Morales-Marañón, E., Domínguez-Gutiérrez, M., & Flores-García, A. (2013). Caracterización morfológica y genética de las ectomicorrizas formadas entre *Pinus montezumae* y los hongos presentes en los bancos de esporas en la Faja Volcánica Transmexicana. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(1). Recuperado 5 de octubre del 2016 de <https://doi.org/10.7550/rmb.29839>
- GUERRA S., B. E. (2014). *Potencial simbiótico y contribución de la micorriza arbuscular en la disminución de aluminio en Palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) utilizando inóculos nativos propagados en condiciones de estrés ácido*. UNIVERSIDAD NACIONAL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA. Recuperado el 1 de diciembre del 2016 de <http://docinade.com/wp-content/uploads/2015/04/POTENCIAL-SIMBI%C3%93TICO-Y-CONTRIBUCI%C3%93N-DE-LA-MICORRIZA-ARBUSCULAR-EN-LA-DISMINUCI%C3%93N-DE-ALUMINIO-EN-PALMA-ACEITERA-Elaeis->

guineensis-Jacq.-UTILIZANDO-IN% C3% 93CULOS-NATIVOS-PROPAGADOS-EN-CONDICIONES-DE-ESTR% C3% 89S-% C3% 81CIDO.-Be.pdf.

- Harinikumar, K. M., & Bagyaraj, D. J. (1989). Effect of cropping sequence, fertilizers and farmyard manure on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in different crops over three consecutive seasons. *Biology and Fertility of Soils*, 7(2). Recuperado el 1 de diciembre del 2016 de <https://doi.org/10.1007/BF00292578>.
- Hashem, A., Fathi Abd_Allah, E., Alqarawi, A. A., Wirth, S., & Egamberdieva, D. (2016). Comparing symbiotic performance and physiological responses of two soybean cultivars to arbuscular mycorrhizal fungi under salt stress. *Saudi Journal of Biological Sciences*. Recuperado el 1 de diciembre del 2016 de <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.11.015>,
- Hashim, A. (2003). Ganoderma versus mycorrhiza. *Oil Palm Bulletin*, 47(November). Recuperado de 22 de noviembre del 2016 de <http://www.cabdirect.org/abstracts/20043063779.html>.
- INEC. (2014). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua ESPAC 2014. *Instituto Nacional de Estadísticas Y Censos*. Recuperado el 22 de noviembre del 2016 de <https://doi.org/10.4206/agrosur.1974.v2n2-09>.
- Jaramillo, I. R. (2011). La micorriza arbuscular (MA) centro de la rizosfera : comunidad microbiologica dinamica del suelo. *ContactoS*, 81.Recuperado el 22 de noviembre del 2016 de <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/revista/81/pdfs/micorriza.pdf>.
- Johnson, N. C., & Pflieger, F. L. (1992). Vesicular-arbuscular mycorrhizae and cultural stresses. *Asa Special Publication; Mycorrhizae in Sustainable agricultureASA Special Publication*. Recuperado el 3 de diciembre del 2016 de <http://cedarcreek.umn.edu/biblio/fulltext/t1086.pdf>.
- Khakpour, O., & Khara, J. (2012). Spore density and root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi in some species in the northwest of Iran. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3(5). Recuperado el 11 de diciembre del 2016 de

- http://www.irjabs.com/files_site/paperlist/r_402_121110142733.pdf
- Klinhoff, C. (2015). Efecto de la perturbación producida por la extracción de arena sobre las micorrizas arbusculares (MA) en un bosque seco tropical. Recuperado el 1 de diciembre del 2016 de https://www.researchgate.net/publication/272091616_Efecto_de_la_perturbacion_producida_por_la_extraccion_de_arena_sobre_las_micorrizas_arbusculares_MA_en_un_bosque_seco_tropical?ev=srch_pub.
- Mahecha-Vásquez, G., Sierra, S., & Posada, R. (2016). Diversity indices using arbuscular mycorrhizal fungi to evaluate the soil state in banana crops in Colombia. *Applied Soil Ecology*, 109. Recuperado el 1 de diciembre del 2016 de <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.09.017>
- Marchant, I., Rivas, E., Ortega, M., Chung Guin-Po, P., & Guevara, H. (2009). *Producción de plantas nativas a raíz cubierta. Vivero Forestal*. Recuperado el 1 de octubre del 2016 de https://rng.net/publications/vivero-forestal-produccion-de-plantas-nativas-a-raiz-cubierta/vivero-forestal-produccion-de-plantas-nativas-a-raiz-cubierta-completo/at_download/file.
- Martín-Amor, A. (2011). Efectos de la inoculación del hongo de micorrización *Tuber melanosporum* y la rizobacteria *Pseudomonas fluorescens* en la calidad de *Pinus halepensis*. *Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal*. Recuperado 6 de diciembre del 2016 de http://oa.upm.es/6345/2/PFC_ANA_MARTIN_AMOR.pdf.
- Melado H, L. (2008). Modelo de Cultivo de Palma Aceitera. Recuperado el 1 de diciembre del 2016 de http://oa.upm.es/1671/1/PFC_ANGELA_MELADO_HERREROS.pdf.
- Meléndez Gil, E. R. (2010). Respuesta de la Palma aceitera a la aplicación de micorrizas en previveros. Recuperado el 1 de diciembre del 2016 de <http://www.bdigital.unal.edu.co/2729/1/eileenrociomelendezgil.2010.pdf>.
- Méndez, Y. D. R., Castañeda, T. G., & Caicedo, A. F. (2014). *Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares (HFMA) en palma de aceite*. Recuperado el 22 de noviembre del 2016 de <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/boletines/article/download/10967/10954>.

- Mendoza R, Goldman V, Rivas J, Escudero V, Pagani E, Collantes M, M. L. (2002). Poblaciones de hongos micorrízicos arbusculares en relación con las propiedades del suelo y de la planta hospedante en pastizales de Tierra del Fuego. *Ecología Austral*, 12. Recuperado el 1 de diciembre del 2016 de https://www.researchgate.net/publication/262667100_Poblaciones_de_hongos_micorrizicos_arbusculares_en_relacion_con_propiedades_del_suelo_y_planta_hospedante_en_pastizales_de_Tierra_del_Fuego.
- Monroy Ata, A., & Garcia Sanchez, R. (2009). Plantas y hongos. *Universidad de Extremadura*. Recuperado el 10 de octubre del 2016 de http://www.plantasyhongos.es/hongos/Ascomycota_conidios.htm
- Monroy L, H. J., Salamanca Solis, C. R., Cano, C., Moreno-Conn, L. M., & Orduz-Rodríguez, J. O. (2013). Influencia de las coberturas en cultivos de cítricos sobre los hongos formadores de micorrizas arbusculares en Oxisoles del piedemonte llanero colombiano. *CORPOICA, Ciencia Y Tecnología Agropecuaria*, 14. Recuperado el 1 de diciembre del 2016 de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449945181007>.
- Montaño Arias, N. M., Quiroz García, V., & Cruz-Flores, G. (2001). Colonización micorrízica arbuscular y fertilización mineral de genotipos de maíz y trigo cultivados en un andisol. *Chapingo Terra*, 19(4). Recuperado el 8 de diciembre del 2016 de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57319406>.
- Morales, R., & Bernal, G. (2006). Estudio del comportamiento de micorrízico en el cultivo de Palma aceitera en la zona de Quinidé - Ecuador. Recuperado el 1 de octubre del 2016 de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/2.-Estudio-del-Comportamiento.pdf>.
- Morales, R., Bernal, G., Alcocer, I., & Maldonado, L. (2008). Estudio del comportamiento de las asociaciones micorrizicas en el material germoplastico de Palma aceitera en Ecuador. *XI Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo EVALUACION*. Recuperado el 8 de diciembre del 2016 de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/6.-Lcda.-Lucrecia-Maldonado.pdf>.

- Mosse, B. (1972). Effects of Different Endogone Strains on the Growth of *Paspalum notatum*. *Nature*, 239. Recuperado el 13 de diciembre del 2016 de https://www.researchgate.net/publication/232774055_Effects_of_Different_Endogone_Strains_on_the_Growth_of_Paspalum_notatum?ev=srch_pub.
- Muñoz-Márquez, E., Macías-López, C., Franco-Ramírez, A., Sánchez-Chávez, E., Jiménez-Castro, J., & González-García, J. (2009). Identification and Natural Colonization of Mycorrhizal Arbuscular Fungi in Pecan Orchards. *Terra Latinoamericana*, 27(4). Recuperado el 1 de diciembre del 2016 de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v27n4/v27n4a10.pdf>.
- Peña-Venegas, C. P., Cardona, G. I., Arguelles, J. H., & Arcos, A. L. (2007). Micorrizas Arbusculares del Sur de la Amazonia Colombiana y su Relación con Algunos Factores Fisicoquímicos y Biológicos del Suelo. *Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi*, 37 (3)(373). Recuperado el 1 de diciembre del 2016 de <https://doi.org/10.1590/S0044-59672007000300003>.
- Pérez-C, A., & De la Ossa, J. (2013). Physical and Chemical soil variables and the relation with the colonization of arbuscular in Agnleton (*Dichanthium aristatum* Benth) roots. Recuperado el 1 de diciembre del 2016 de https://www.researchgate.net/publication/304496656_PHYSICAL_AND_CHEMICAL_SOIL_VARIABLES_AND_THE_RELATION_WITH_THE_COLONIZATION_OF_ARBUSCULAR_MYCORRHIZAE_IN_ANGLETON_Dichanthium_aristatum_Benth_ROOTS.
- Phillips, J. M., & Hayman, D. S. (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). Recuperado el 9 de diciembre del 2016 de [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(70\)80110-3](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(70)80110-3).
- Phosri, C., Rodriguez, A., Sanders, I. R., & Jeffries, P. (2010). The role of mycorrhizas in more sustainable oil palm cultivation. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 135(3). Recuperado el 22 de noviembre del 2016 de <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.09.006>.

- Pinheiro, C., Maranh, N., & El, S. (2016). Influência da cobertura vegetal em manejo agroecológico sobre os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), (May). Recuperado el 1 de diciembre del 2016 de https://www.researchgate.net/publication/296485858_Influencia_da_cobertura_vegetal_em_manejo_agroecologico_sobre_os_fungos_micorrizicos_arbusculares_FMA.
- Piton, R., Varanini, Z., & Nannipieri, P. (2001). The Rhizosphere. Recuperado el 5 de octubre del 2016.
- Rajoo, A., Sasidharan, S., Jothy, S. L., & Mansor, S. M. (2013). Ultrastructural Study of *Elaeis guineensis* (Oil Palm) Leaf and Antimicrobial Activity of its Methanol Extract against *Staphylococcus Aureus*, 12(June). Recuperado el 26 de septiembre del 2016 de https://www.researchgate.net/publication/285080845_Ultrastructural_Study_of_Elaeis_guineensis_Oil_Palm_Leaf_and_Antimicrobial_Activity_of_its_Methanol_Extract_against_Staphylococcus_Aureus?ev=srch_pub
- Ribera Méndez, Y. D., Moreno Chacón, L., & Romero, H. M. (2013). Biochemical and physiological characterization of oil palm interspecific hybrids (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) grown in hydroponics. *Acta Biológica Colombiana*, 18(3). Recuperado el 5 de octubre del 2016 de <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v18n3/v18n3a5.pdf>.
- Rincon Gelvez, P. (2004). Propuesta piloto para mejoramiento de suelo y productividad de cultivo de mora y fresa utilizando micorrizas antivas, en fincas de clima frío en la zona de Planadas, y Sevilla, Piedecuesta. Recuperado el 5 de diciembre del 2016 de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7070/2/112529.pdf>.
- Rivera, Y. D., Cayón, D. G., & López, J. E. (2013). Physiological and morphological characterization of american oil palms (*Elaeis oleifera* HBK Cortes) and their hybrids (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) on the Indupalma plantation. *Agronomía Colombiana*, 31(3). Recuperado el 5 de octubre del 2016 de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/39631/43574>

- Roberts, T. L., & Henry, J. L. (2000). El muestreo de suelos: los beneficios de un buen trabajo. *Informaciones Agronómicas*, 8(42). Recuperado el 1 de diciembre del 2016 de [http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/A8EF73615D13C19B05256A11006AA55F/\\$file/EI%20muestreo%20de%20suelos.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/A8EF73615D13C19B05256A11006AA55F/$file/EI%20muestreo%20de%20suelos.pdf).
- Rodríguez-Morera, J. L. (2001). Efecto del biofertilizante Mycoral® (micorriza arbuscular) en el desarrollo del café (*Coffea arabica* L.) en vivero en Zamorano, Honduras. Recuperado el 1 de diciembre de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1415/1/T1271.pdf>.
- Salgado García, S., Castelán Estrada, M., Jiménez Jerónimo, R., Gómez Leyva, J. F., & Osorio Miranda, M. (2014). Diversidad de hongos micorrícicos arbusculares en suelo cultivados con caña de azúcar en la región de la Chontalpa, Tabasco. Recuperado el 8 de diciembre del 2016 de <http://revistamexicanademicologia.org/wp-content/uploads/2015/01/RMM-Tr-284-7-16-version-final-paginada.pdf>.
- Salinas P, H. (2006). Analisis De Componentes Principales. *Revista Chilena de Obstetricia Y Ginecolog*, 71(1). Recuperado el 8 de diciembre del 2016 de <https://doi.org/10.4067/S0717-75262006000100004>
- Salinos, S., El, E. N., & Colima, E. D. E. (2002). *Presencia de Hongos micorrízicos arbusculares en plantas silvestres de suelos salinos en el Estado de Colima*. Recuperado el 1 de diciembre del 2016 de http://digeset.ucoj.mx/tesis_posgrado/Pdf/Adriana%20Tena%20Sagrero.pdf.
- Sieverding, E. (1983). Manual de metodos para la investigación de la Micorriza Vesiculo - Arbuscular en el laboratorio, (I). Recuperado el 5 de octubre del 2016 de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat_digital/CIAT/books/historical/198.pdf.
- Smith, S. E., & Gianinazzi-pearson, V. (1988). Physiological interactions between symbionts in vesicular - arbuscular mycorrhizal plants. Recuperado el 13 de diciembre del 2016 de https://www.researchgate.net/publication/234836933_Physiological_Interactions_Between_Symbionts_in_Vesicular-

Arbuscular_Mycorrhizal_Plants?ev=srch_pub.

- Stone, J. K., Polishook, J. D., & White, J. F. J. (2004). Endophytic Fungi. *Biodiversity of Fungi: Inventory and Monitoring Methods*. Recuperado el 5 de octubre del 2016 de <https://doi.org/9780125095518>
- Taimal, X. (2014). INFORME SECTORIAL ECUADOR: SECTOR PALMICULTOR. *Pacific Credit Rating*. Recuperado el 9 de diciembre del 2016 de http://www.ratingspcr.com/uploads/2/5/8/5/25856651/sectorial_palmicultor.pdf.
- Tapia Goné, J. J. (2003). *Identificación de hongos micorrízicos arbusculares asilados de suelo salinos y su eficiencia en plantas de lechuga (Lactuca sativa L.)*. Ucol.Mx. Recuperado el 9 de diciembre del 2016 de http://www.ucol.mx/interpretos/pdfs/909_inpret1009.pdf
- Trujillo Tamato, G. (2014). *Análisis y propuesta de estrategias competitivas para el sector productor de palma aceitera para la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas*. Recuperado el 22 de noviembre del 2016 de <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/4044/1/T1438-MBA-Trujillo-Analisis.pdf>
- Varma, A., & Kharkwal, A. C. (2009). *Symbiotic Fungi*. Recuperado el 5 de octubre del 2016 de <https://doi.org/10.1007/978-3-540-95894-9>
- Vera, W. (2015). *Evaluación de Híbridos Interespecíficos (E. oleifera x E. guineensis) de Palma Aceitera de Diferentes orígenes en la Zona de Santo Domingo y su Área de influencia*. Recuperado el 8 de diciembre del 2016 de <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/986/1/T-UTEQ-0023.pdf>.

ANEXOS

Anexo 1 Parámetros físico químicos determinados en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Las Américas

Fincas	Palma	Repetición	Materia Orgánica	pH	Textura%				Conductividad Eléctrica (µS/cm)	Colonización %	Esporas (número/100gss **)
					ARENA	ARCILLA	LIMO	Clase de Textura			
ANCUPA	Taisha x Calabar	1	7,04	5,5	74	8	18	Franco Arenoso	482	58,5	39
ANCUPA	Taisha x Calabar	2	5,51	5,63	68	10	22	Franco Arenoso	277,2	73	104
ANCUPA	Taisha x Calabar	3	6,78	5,78	72	10	18	Franco Arenoso	300	65	120
ANCUPA	Taisha x Angola	1	5,2	5,72	70	10	20	Franco Arenoso	250,9	63	70
ANCUPA	Taisha x Angola	2	6,08	5,42	66	12	22	Franco Arenoso	520	60	96
ANCUPA	Taisha x Angola	3	6,27	5,67	76	10	14	Franco Arenoso	283,6	62,5	137
ANCUPA	Coari x La Mé	1	7,04	5,72	82	6	12	Franco Arenoso	248,8	59,5	49
ANCUPA	Coari x La Mé	2	6,27	5,78	68	12	20	Franco Arenoso	155,8	63,5	56
ANCUPA	Coari x La Mé	3	2,92	5,87	72	8	20	Franco Arenoso	161,8	78,5	51
ANCUPA	<i>Elaeis guineensis</i> INIAP	1	5,2	5,6	70	8	22	Franco Arenoso	182,3	63,5	64
ANCUPA	<i>Elaeis guineensis</i> INIAP	2	7,29	5,61	84	10	6	Franco Arenoso	148,8	63,5	87
ANCUPA	<i>Elaeis guineensis</i> INIAP	3	4,75	5,66	74	8	18	Franco Arenoso	289,4	67	34
PERSONALIZADA	<i>Elaeis guineensis</i> (Ilegítima)	1	6,15	5,14	64	8	28	Franco Arenoso	1348	70	132
PERSONALIZADA	<i>Elaeis guineensis</i> (Ilegítima)	2	4,63	5,37	60	10	30	Franco Arenoso	2761	67,5	174
PERSONALIZADA	<i>Elaeis guineensis</i> (Ilegítima)	3	6,02	5,13	56	8	36	Franco Arenoso	1478	66	240
Bosque		1	12,68	6,89	64	14	22	Franco Arenoso	321	*	93

* No se tiene dato por no ser un Bosque natural de Palma aceitera

** gramos de suelo seco

Anexo 2 Resultados de la caracterización de suelo realizados en Agrocalidad

Fincas	Palma	Repetición	Nitrógeno%	Potasio (cmol/kg)	Fósforo (ppm)
ANCUPA	Taisha x Calabar	1	0,33	0,29	13,9
ANCUPA	Taisha x Calabar	2	0,31	0,14	12,2
ANCUPA	Taisha x Calabar	3	0,32	0,17	17,2
ANCUPA	Taisha x Angola	1	0,28	0,14	21,8
ANCUPA	Taisha x Angola	2	0,31	0,12	12,4
ANCUPA	Taisha x Angola	3	0,30	0,10	7,6
ANCUPA	Coari x La Mé	1	0,35	0,13	22,0
ANCUPA	Coari x La Mé	2	0,27	0,17	2,5
ANCUPA	Coari x La Mé	3	0,29	0,13	2,5
ANCUPA	<i>Elaeis guineensis</i> INIAP	1	0,24	0,11	2,5
ANCUPA	<i>Elaeis guineensis</i> INIAP	2	0,34	0,23	14,8
ANCUPA	<i>Elaeis guineensis</i> INIAP	3	0,29	0,15	2,5
PERSONALIZADA	<i>Elaeis guineensis</i> (Ilegítima)	1	0,32	2,64	2,5
PERSONALIZADA	<i>Elaeis guineensis</i> (Ilegítima)	2	0,34	0,54	2,5
PERSONALIZADA	<i>Elaeis guineensis</i> (Ilegítima)	3	0,33	4,40	2,5
Bosque		1	0,46	4,63	46,0

Anexo 3: Análisis de Correlaciones de Pearson de población y colonización micorrízica con pH, MO%, CE, Arena%, Arcilla%, Limo%, N, P y K

Tabla Completa de correlaciones de Parámetros de estudio											
	Espora (número/100gss)	Colonización %	MO %	pH	Arena %	Arcilla %	Limo %	CE (µs/cm)	N %	K (cmol/kg)	P (ppm)
Espora	1	0,129	0,067	-,682^{**}	-,664^{**}	0,114	,653^{**}	,701^{**}	0,373	,738^{**}	-0,275
Colonización	0,129	1	-,732^{**}	0,061	-0,286	-0,107	0,316	0,139	-0,133	0,152	-0,477
MO	0,067	-,732^{**}	1	-0,176	0,339	0,079	-0,365	-0,159	0,449	0,083	0,507
pH	-,682^{**}	0,061	-0,176	1	,643^{**}	0,116	-,683^{**}	-,715^{**}	-0,373	-,801^{**}	0,339
arena	-,664^{**}	-0,286	0,339	,643^{**}	1	-0,205	-,975^{**}	-,689^{**}	0,087	-,629[*]	,533[*]
arcilla	0,114	-0,107	0,079	0,116	-0,205	1	-0,019	-0,025	-0,207	-0,275	0,003
limo	,653^{**}	0,316	-0,365	-,683^{**}	-,975^{**}	-0,019	1	,710^{**}	-0,042	,706^{**}	-,545[*]
CE	,701^{**}	0,139	-0,159	-,715^{**}	-,689^{**}	-0,025	,710^{**}	1	0,432	,519[*]	-0,391
N	0,373	-0,133	0,449	-0,373	0,087	-0,207	-0,042	0,432	1	0,279	0,351
K	,738^{**}	0,152	0,083	-,801^{**}	-,629[*]	-0,275	,706^{**}	,519[*]	0,279	1	-0,371
P	-0,275	-0,477	0,507	0,339	,533[*]	0,003	-,545[*]	-0,391	0,351	-0,371	1

** altamente significativa al 95%

* significativa al 95%

