



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



**ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y
VETERINARIA**

CARRERA DE AGROPECUARIA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del examen de carácter Complexivo, presentado
al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo a la
obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

TEMA:

“Importancia de los microorganismos en suelos cultivados con palma
aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) en el Ecuador”.

AUTORA:

Ginger Julexi Aviles Lindao

TUTOR:

Ing. Agr. Marlon López Izurieta, MSc.

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2022

RESUMEN

La palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) es un cultivo que produce la mayor cantidad de aceite del mundo, el cual es consumido por más del 70% de la población mundial. Con un ciclo de producción de 25 a 30 años, crece por debajo de los 500 metros sobre el nivel del mar, aunque prospera en zonas húmedas, aunque se desarrolla bien en regiones pantanosas. Las raíces de las plantas de palma aceitera son un hábitat adecuado para el desarrollo de microorganismos conectados a las raíces de las plantas. La interacción de los microorganismos del suelo con las raíces de las plantas satisface las necesidades nutricionales básicas de las plantas y sus comunidades microbianas asociadas. Los efectos beneficiosos de las micorrizas arbusculares en el suelo están íntimamente relacionados con sus efectos en las plantas, por estar éstos (suelo – planta), estrechamente relacionados. Sin embargo, se puede declarar que las micorrizas realizan múltiples funciones en el suelo, mejorando en gran medida el potencial de producción agrícola, sus posibilidades de sostén y mantenimiento de una amplia variedad de especies vegetales. Algunos de los beneficios que ofrece *Rhizobium* incluyen: plantas libres de enfermedades, mayores rendimientos agrícolas, menores costos de producción debido al menor consumo de fertilizantes y calidad ambiental. El efecto del uso de *Trichoderma* en palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) es un buen ejemplo de la respuesta en un cultivo que ha tenido recurrentes problemas en el manejo agronómico debido al escaso desarrollo de sus raíces por causas bióticas y abióticas.

Palabras claves: Microorganismos, Micorriza, *Rhizobium*, *Trichodermas*

SUMMARY

Oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq) is a crop that produces the largest amount of oil in the world, which is consumed by more than 70% of the world's population. With a production cycle of 25 to 30 years, it grows below 500 meters above sea level, although it thrives in humid areas, although it develops well in swampy regions. The roots of oil palm plants are a suitable habitat for the development of microorganisms connected to the roots of plants. The interaction of soil microorganisms with plant roots meets the basic nutritional needs of plants and their associated microbial communities. The beneficial effects of arbuscular mycorrhizae in the soil are closely related to their effects on plants, as these (soil – plant) are closely related. However, it can be stated that mycorrhizae perform multiple functions in the soil, greatly improving the potential for agricultural production, their possibilities of supporting and maintaining a wide variety of plant species. Some of the benefits offered by *Rhizobium* include: disease-free plants, higher agricultural yields, lower production costs due to lower fertilizer consumption, and environmental quality. The effect of the use of *Trichoderma* in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq) is a good example of the response in a crop that has had recurrent problems in agronomic management due to the poor development of its roots due to biotic and abiotic causes.

Keywords: Microorganisms, Mycorrhiza, *Rhizobium*, *Trichodermas*

CONTENIDO

RESUMEN	II
SUMMARY	III
1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	2
1.4. OBJETIVOS	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	3
2. DESARROLLO	4
2.1. MARCO CONCEPTUAL	4
2.1.1. Generalidades de la palma aceitera	4
2.1.1.1. Origen de la palma aceitera	4
2.1.1.2. Clasificación taxonómica	4
2.1.1.3. Morfología.....	4
2.1.2. Características edafológicas.....	5
2.1.3 Microorganismos.....	5
2.1.3.1. Definición de los microorganismos	5
2.1.3.2. Importancia de los microorganismos en el suelo	6
2.1.4. Principales microorganismos en los suelos	6
2.1.5. Micorrizas	7
2.1.5.1. Clasificación de las micorrizas	7
2.1.5.2. Micorriza y su relación con la palma aceitera	8
2.1.6. <i>Endomicorrizas</i>	8
2.1.6.1. Beneficios de las <i>Endomicorrizas</i>	8
2.1.6.2. <i>Endomicorrizas</i> en relación con la palma aceitera.....	8
2.1.6.2.1 <i>Glomus</i>	9
2.1.6.2.2 <i>Acaulospora</i>	9
2.1.6.3. Importancia de las <i>Endomicorrizas</i> en suelos cultivados con palma aceitera.....	9

2.1.7. <i>Rhizobium spp.</i>	9
2.1.7.1. Leguminosas como cultivos asociados.....	10
2.1.7.2. Nodulación de las leguminosas	10
2.1.7.3. Beneficios de los <i>Rhizobium</i>	11
2.1.7.4. <i>Rhizobium spp</i> y su importancia en relación con la palma aceitera..	11
2.1.8. <i>Trichoderma spp.</i>	11
2.1.8.1. Beneficios del <i>Trichoderma spp</i>	12
2.1.8.2. <i>Trichoderma spp</i> en relación con la palma aceitera.....	12
2.1.8.3. Importancia de <i>Trichoderma spp</i> en suelos cultivados con palma aceitera.....	12
2.2. MARCO METODOLÓGICO	13
2.3. RESULTADOS.....	14
2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	15
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	16
3.1. CONCLUSIONES	16
3.2. RECOMENDACIONES	17
4. REFERENCIAS Y ANEXOS	18
4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18
4.2 ANEXOS	23

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

La palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) es un cultivo que produce la mayor cantidad de aceite del mundo, el cual es consumido por más del 70% de la población mundial. Con un ciclo de producción de 25 a 30 años, crece por debajo de los 500 metros sobre el nivel del mar, aunque prospera en zonas húmedas, aunque se desarrolla bien en regiones pantanosas (Paredes 2019).

En Ecuador, el cultivo de la palma aceitera tiene una cadena productiva de más de 60 años de experiencia y posee una superficie cultivada de 225 575 ha, generando ingresos importantes para el País. Esta fruta es muy importante ya que es la materia prima de una variedad de productos. El aceite se utiliza en manufactura, grasas comestibles, cosméticos e higiene industrial, y biocombustibles (SIPA 2021).

Las raíces de las plantas de palma aceitera son un hábitat adecuado para el desarrollo de microorganismos conectados a las raíces de las plantas. La interacción de los microorganismos del suelo con las raíces, satisface las necesidades nutricionales básicas de las plantas y sus comunidades microbianas asociadas. Los microorganismos son organismos que debido a su tamaño solo son visible bajo un microscopio, siendo estos muy importantes para el suelo ya que interactúan con las raíces de las plantas y con otras sustancias, generando excelentes beneficios en aspectos nutricionales, promoviendo así el crecimiento y desarrollo de las plantas.

La mayor cantidad de microorganismos se encuentran en la región cercana a las raíces, y su actividad bioquímica produce exudados de raíces que contienen del 10 al 50 % de la energía ligada a la fotosíntesis, dependiendo de la especie de planta. Estos lixiviados ricos en carbonatos sirven como alimento para los microorganismos de la rizosfera y proporcionan los minerales que las plantas necesitan (Paredes 2019).

Los microorganismos que se encuentran asociados principalmente a las raíces de la palma aceitera son *Endomicorrizas*, *Rhizobium spp* y *Trichoderma spp*.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad la palma aceitera es una de las principales fuentes de ingresos económicos a nivel mundial, debido a su alta productividad. Teniendo en cuenta que uno de los principales problemas que enfrenta el cultivo de palma aceitera, es que requiere de una gran cantidad de fertilizantes para su producción; por ende, es necesario implementar el uso de microorganismos benéficos en el suelo, con la finalidad de mejorar la nutrición de la planta y aumentar la productividad. A su vez incrementa la fertilidad del suelo, para ello, el suelo debe tener una buena estructura que permita que el agua y el aire circulen con facilidad para que de esta manera alcance un equilibrio que permita el desarrollo de los microorganismos.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de palma aceitera en la actualidad se ha convertido en una de las principales fuentes de empleo e ingresos económicos, ya que provee la mayor cantidad de aceite de palma y sus derivados a nivel mundial. Por esta razón es muy importante conocer el impacto que tienen los microorganismos en los suelos cultivados con palma aceitera.

Existen diferentes microorganismos en el suelo que aportan una gran cantidad de beneficios en la nutrición del cultivo de palma, por ende, es necesario reconocer los principales microorganismos de la cual se beneficia la palma aceitera (*Endomicorrizas*, *Rhizobium spp* y *Trichoderma spp*), siendo de gran importancia para la producción de palma aceitera.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Establecer la importancia de los microorganismos en los suelos cultivados con palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq).

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar los principales microorganismos que se desarrollan en los suelos cultivados con palma aceitera.
- Analizar el impacto de los microorganismos en los suelos cultivados con palma aceitera.

1.5. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación está enfocada dentro de los dominios de la Universidad Técnica de Babahoyo de Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología. Pues, la temática de la presente investigación es “Importancia de los microorganismos en suelos cultivados con palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) en el Ecuador”, el mismo que se encuentra enfocado en la línea de: Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y en la sublínea de: Agricultura sostenible y sustentable.

2. DESARROLLO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Generalidades de la palma aceitera

2.1.1.1. Origen de la palma aceitera

Las primeras plantaciones de palmeras africanas en el Ecuador datan de 1953 en Santo Domingo de los Colorados, provincia de Pichincha, y Quinindé, provincia de Esmeraldas, donde se inició el cultivo a pequeña escala. Luego, en 1967, se desarrolló la industria de la palma, con unas 1000 hectáreas plantadas (Massuh 2022).

2.1.1.2. Clasificación taxonómica

Según (Muñoz 2021), indica que la taxonomía de la palma aceitera es la siguiente:

Reino: Plantae

Clase: Monocotiledónea

Tribu: Coccoineae

Orden: Palmales

Familia: Palmaceae

Género: *Elaeis*

Especie: *guineensis*

Nombre científico: *Elaeis guineensis* Jacq

2.1.1.3. Morfología

El tallo tiene una estructura cilíndrica, en cuyo interior contiene haces vasculares (floema y xilema) para la circulación de agua y nutrientes. Las plantas adultas tienen de 30 a 49 hojas funcionales en condiciones normales, y pecíolos de aproximadamente 1,5 metros de largo. Las palmeras son monoicas, con flores

masculinas y femeninas. El fruto es ovoide, de 3-6 cm de largo y de 5-12 g de peso. Están dispuestos en racimos con brácteas puntiagudas, son de color rojizo de hasta 4 cm de diámetro (Litardo 2018).

El sistema radical de la palma aceitera está compuesto por raíces primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias. Las raíces primarias: crecen hacia abajo o se distribuyen de manera más o menos horizontal y cumplen la función básicamente de anclaje. Estas raíces miden entre 5 y 10 mm de diámetro y pueden alcanzar hasta 20 metros de longitud, las raíces secundarias tienen la particularidad de crecer en su mayoría hacia arriba, con su carga de terciarias y cuaternarias, buscando el nivel próximo a la superficie del suelo, de donde la planta obtiene nutrientes. Mientras que las raíces terciarias y cuaternarias conforman la cabellera de absorción de agua y nutrientes para la planta (InfoAgro 2021).

2.1.2. Características edafológicas

El cultivo de la palma aceitera, a pesar de que crece y se desarrolla en una gran variedad de suelos, los más adecuados para el crecimiento del cultivo y para obtener el máximo rendimiento, se desarrolla entre suelos con textura franco-limoso y franco –arcilloso y el pH adecuado oscila entre 5,5 y 7,0. En condiciones óptimas, las palmas requieren más del 85 % de humedad relativa y topografía inferior al 2% (Anchundia 2021).

2.1.3 Microorganismos

2.1.3.1. Definición de los microorganismos

Los microorganismos son seres vivos microscópicos capaces de crecer y multiplicarse en un ambiente que reúna las condiciones adecuadas. Los microorganismos que interactúan con las plantas desempeñan funciones esenciales en la nutrición, defensa, desarrollo, reproducción, y cumplen la función de reducir el estrés biótico y abiótico (Leon 2021).

Los microorganismos utilizan materia orgánica o materia mineral como fuente de energía y nutrientes. El suelo ideal para el crecimiento microbiano es un suelo estructurado con buena circulación de aire y agua. El mayor contenido

microbiano se encuentra en la biosfera, ya que representa del 10 al 50% de la energía (Núñez y Sierra 2018).

2.1.3.2. Importancia de los microorganismos en el suelo

Los microorganismos en el suelo juegan un papel importante en los contextos agrícolas, debido a que contribuyen al funcionamiento de los ecosistemas terrestres, ya que permiten tanto la restauración de suelos degradados como la sustitución parcial o total de fertilizantes minerales; además de su bajo costo de producción y la posibilidad de ser elaborados a partir de recursos renovables (Galeas 2022).

Estos organismos microscópicos del suelo participan en múltiples procesos como la formación de agregados, aireación, transformación de la materia orgánica, ciclaje de nutrientes, nutrición vegetal, crecimiento y desarrollo de las plantas. Además, contribuyen en la sanidad vegetal, en la regulación del clima y la humedad del suelo, ayudan en la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados (Ávila *et al.* 2022).

2.1.4. Principales microorganismos en los suelos

Los microorganismos son microbios benéficos de origen natural cuando se ponen en contacto con la materia orgánica segregan sustancias útiles. Estos microorganismos son virus, bacterias (aerobias y anaerobias), hongos y protozoos, donde dependiendo del ambiente estos pueden estar en mayor o menor cantidad descomponiendo, alimentándose o liberando dióxido de carbono, agua y amoníaco (Noboa 2021).

Son la base del desarrollo de la vida en la tierra y juegan un papel importante en la formación y estructuración del suelo, además intervienen en la movilización de nutrientes. La mayoría de las especies de plantas en los ecosistemas terrestres tienen una estrecha relación con los microorganismos de la rizosfera, proporcionando acceso a los nutrientes esenciales para el crecimiento (Cáceres y Tamayo 2021). Entre los muchos microorganismos que habitan la rizósfera se encuentran los géneros *Endomicorizas*, *Rhizobium spp* y *Trichoderma spp*, los cuales juegan un papel fundamental en el suelo.

2.1.5. Micorrizas

El término micorriza (del griego *mykes*: hongo, *rhiza*: raíz) son hongos simbióticos que forman colonias en más de un 80% de las raíces de las especies vegetales, pueden absorber, almacenar y transferir los macro y micronutrientes más importantes. Los principales beneficios que las plantas obtienen de las micorrizas es la mayor adquisición de nutrimentos que poseen poca movilidad y a su vez se encuentran menos disponibles como, por ejemplo: el fósforo (Paredes 2020).

Los hongos micorrízicos son simbiontes biotróficos obligados con un ciclo de vida dividido en dos fases, primero el estadio de reposo y reproductivo (esporas, esporocarpos y vesículas) y segundo los estadios vegetativos que incluyen el reconocimiento, colonización e intercambio de nutrientes; la interacción mutualista entre plantas y hongos es un mecanismo importante en la diversidad de las plantas y productividad de los ecosistemas (Bernal 2017). La temperatura óptima para el crecimiento de micorrizas está entre 17 y 27 ° C. La formación de micorrizas está influenciada por la humedad del suelo y por la aireación. Dado que muchos de estos hongos micorrízicos son aerobios, se cree que las bajas concentraciones de oxígeno reducen el crecimiento micelar.

El efecto clave para la micorrización se encuentran en las hifas, donde el hongo se extiende dentro del suelo, más allá de la zona normal de agotamiento radicular (1 – 5 mm), explorando más volumen de suelo, se ha determinado que el sistema radicular micorrizado absorbe mejor los fosfatos y han calculado que 1 cm de raíz micorrizada posee aproximadamente unos 80 cm de hifas externas (Bernal 2017).

2.1.5.1. Clasificación de las micorrizas

Las micorrizas se dividen en tres grupos: *Ectomicorrizas*, *Endomicorrizas* y *Ectendomicorrizas*. Las *Ectomicorrizas* se caracterizan por la formación de extensas redes de hifas ubicadas en la corteza de la raíz. Las *Endomicorrizas* se penetran profundamente en las raíces, colonizan y además cambian de forma, mientras tanto sus estructuras externas exploran el suelo. Las *Ectendomicorrizas* son un tipo de unión entre *Ectomicorrizas* y *Endomicorrizas* que se caracterizan por ubicarse en la corteza y penetrar profundamente en las raíces (Bustos 2019).

2.1.5.2. Micorriza y su relación con la palma aceitera

Los hongos micorrízicos poseen diversos beneficios para el suelo y los cultivos, los principales efectos positivos que generan son: la sostenibilidad de biodiversidad de microbiana, mayor agregación del suelo y optimización de la absorción de nutrientes de las plantas. Además, mejoran el suelo y favorecen el crecimiento de las plantas tanto en ecosistemas naturales como modificados (López y Montalvo 2019). El sistema radical de la palma aceitera, está relacionada principalmente con las *Endomicorrizas*.

2.1.6. Endomicorrizas

Las *Endomicorrizas* son hongos que no son fáciles de detectar debido a que se penetran en el interior de las células de las raíces. Este tipo de micorriza provoca pequeños cambios en la estructura de la raíz. Por lo general no se observa un crecimiento denso de hifas en la superficie de la raíz, no hay un manto. Sin embargo, hay una red interna de micelio. Dentro de las células, forma minúsculas arborescencias muy ramificadas que se llaman arbusculos. Estos arbusculos son los que proporcionan una gran área de contacto entre los simbioses (Moran 2021).

2.1.6.1. Beneficios de las *Endomicorrizas*

Los efectos beneficiosos de las micorrizas arbusculares en el suelo están íntimamente relacionados con sus efectos en las plantas, por estar éstos (suelo – planta), estrechamente relacionados. Sin embargo, se puede declarar que las micorrizas realizan múltiples funciones en el suelo, mejorando en gran medida el potencial de producción agrícola, sus posibilidades de sostén y mantenimiento de una amplia variedad de especies vegetales (Cedeño 2022).

2.1.6.2. *Endomicorrizas* en relación con la palma aceitera.

Según el estudio de comportamiento micorrízico en el cultivo de la palma aceitera en la zona de Quinindé, Ecuador realizado por (Morales y Bernal 2018) indica que en los materiales utilizados *Elaeis guineensis*, *E. americana* y *Palma Real*, se encontró una alta población de esporas de hongos micorrízicos, mientras que el híbrido Coari presentó una menor población de esporas. En todas las muestras realizadas predominaron esporas correspondientes al género

Glomus, y *Acaulospora*, los cuales pertenecen al grupo de las micorrizas arbusculares o *Endomicorrizas*, demostrando que la palma aceitera tiene afinidad simbiótica con los hongos micorrízicos en la producción de palma en el Ecuador, formando una asociación micorrízica efectiva.

2.1.6.2.1. *Glomus*

Es un hongo que forma micorrizas arbusculares, presenta esporas de hasta 30 micrómetros (μm) con paredes gruesas. Es un microorganismo simbiótico: la planta le aporta los azúcares necesarios, y el hongo, a su vez, aporta a la planta nutrientes y agua (Naranjo *et al.* 2020).

2.1.6.2.2. *Acaulospora*

Es una especie de hongo de la familia *Acaulosporaceae*. Posee una distribución muy amplia y forma micorrizas arbusculares y vesículas en las raíces de las plantas. Se distinguen por las cicatrices en la superficie de las esporas, característica propia de su género, al desprenderse la espora de la hifa suspensoria. Además, la mayoría presenta superficie ornamentada, aunque hay algunas especies que presentan superficies lisas (Moina *et al.* 2018).

2.1.6.3. Importancia de las *Endomicorrizas* en suelos cultivados con palma aceitera.

Los estudios de la asociación de los *Hongos Micorrízicos Arbusculares* (HMA) en plantas de palma aceitera han demostrado el efecto benéfico de la inoculación en el incremento del área foliar específica y el contenido de fósforo (P) en los folíolos de las plantas, lo que reduce la demanda de fertilizante fosforado. Además, aumenta la tolerancia de las plantas a la sequía, la salinidad, los metales pesados y las deficiencias de nutrientes minerales (Espinosa *et al.* 2022).

2.1.7. *Rhizobium spp.*

Son microorganismos preparados para inducir la formación de nódulos fijadores de nitrógeno atmosférico en las raíces de las plantas, estos nódulos se forman a una temperatura de 25 a 30° C y un pH óptimo de 6 o 7. Estas bacterias están involucradas en procesos importantes como el ciclo de los nutrimentos como

el carbono (C), el nitrógeno (N) y el fósforo (P), siendo capaces de suplir hasta el 90% de los requerimientos (Cercado 2020).

La vida de las bacterias se acomoda al funcionamiento de las plantas hospedadoras. Las cantidades de N fijadas en el proceso simbiótico son muy diversas, con valores de 20 a 1000 Kg de N. ha⁻¹ en un ciclo de producción (Aluisa 2021).

2.1.7.1. Leguminosas como cultivos asociados.

Las leguminosas asociadas con el cultivo de palma aceitera son muy importantes para la conservación y mejoramiento del suelo, además son combatientes de malezas. Se caracterizan por su capacidad de hacer disponible el nitrógeno del aire mediante la interacción con microorganismos del suelo. Las leguminosas que se encuentran asociadas a las plantaciones de palma aceitera son: *Mucuna pruriens*, *Centrosema prutascens*, *Pueraria phaeseoloides*, *Calopogonium mueconoides* (Ganchozo y Huaraca 2017).

2.1.7.2. Nodulación de las leguminosas

Los nódulos son masas de tejidos bien organizados, derivados de la multiplicación de las células de la corteza. En su interior se encuentran las bacterias fijadoras de nitrógeno. Tienen características anatómicas definidas: corteza externa, corteza interna y la región central donde se encuentran los *Bacteroides* (*Rhizobium* simbiote). Los nódulos contienen una proteína pigmentada llamada leghemoglobina, que se vuelve roja en los nódulos, lo que indica que las bacterias están vivas y activas. Los nódulos que han muerto, o que están inactivos, o senescentes, suelen tener en el interior una coloración verde grisácea o marrón (Parra 2022).

En las raíces de las leguminosas los nódulos son estructuras complejas, cuyo desarrollo y funcionamiento están regulados principalmente por las plantas, que controlan el número de nódulos a través de un mecanismo endógeno de retro inhibición llamado autorregulación (Farinango 2018).

2.1.7.3. Beneficios de los *Rhizobium*.

Algunos de los beneficios que ofrece *Rhizobium* incluyen: plantas libres de enfermedades, mayores rendimientos agrícolas, menores costos de producción debido al menor consumo de fertilizantes y calidad ambiental. En cuanto a su cultivo, para un proceso de siembra adecuado de *Rhizobium*, es importante elegir nódulos mejor caracterizados, generalmente estos son nódulos de aspecto más firme debido a la mayor cantidad de bacterias (Chicaiza *et al.* 2019).

2.1.7.4. *Rhizobium spp* y su importancia en relación con la palma aceitera.

Para mantener la productividad en la industria del aceite de palma, es necesario una nutrición adecuada de la plantación. El uso de biofertilizantes (inoculantes microbianos), muestran como ventaja que son inofensivos y amigables con el ambiente. Los *Rhizobium spp* son muy importantes ya que ayudan a mejorar las características del suelo; además, están involucrados en la síntesis de varios elementos nutritivos, siendo el de mayor importancia el nitrógeno (N), metabolizado por medio de la asociación “*Rhizobium*” – leguminosa (*Pueraria phaeseoloides*) (Hernández 2019).

2.1.8. *Trichoderma spp*.

Trichoderma spp es un hongo con una alta capacidad de tolerar un amplio rango de temperaturas, presentando una extensa distribución ecológica. Los valores óptimos para su desarrollo y esporulación oscilan alrededor de los 25 °C, un factor importante a tener en cuenta durante la multiplicación es la conveniencia de periodos alternados de luz y oscuridad, que favorezcan la colonización del hongo sobre diferentes sustratos sólidos (Nugra 2018).

Las especies pertenecientes al género *Trichoderma spp*, son muy apetecidas por su ubicuidad, versatilidad, rápido crecimiento, facilidad de cultivo y manejo, además de estar presente en la mayoría de los hábitat y suelos, se desarrolla fácilmente en estructuras como la corteza, madera o sustratos. Posee un valor agregado al presentar un efecto antagónico frente a diversos microorganismos fitopatógenos presentes en el entorno edáfico, gracias a su capacidad para generar secreciones tóxicas extracelulares que permiten su desintegración y eliminación sin mayor complicación (Cerna 2022).

Trichoderma spp, en su estado vegetativo muestra un micelio con septos simples, se reproducen asexualmente por conidios, que se distinguen por ser hialinos, unicelulares y de 3 a 5 μm de diámetro. Las especies son haploides y su pared celular está compuesta por quitina y glucano, son anaerobios facultativos y las hifas que transportan los conidios se distinguen por ser ramificadas con un ancho de 5 a 10 μm (Pinta 2020).

2.1.8.1. Beneficios del *Trichoderma spp*

Trichoderma spp, tiene varias ventajas como agente de control biológico debido a su rápido crecimiento y desarrollo. Además, produce una gran cantidad de enzimas debido a la presencia de hongos fitopatógenos. Se puede cultivar en una variedad de medios, lo que facilita la producción en mayor cantidad para su uso agrícola. Su alta resistencia a condiciones ambientales adversas y hábitat donde los hongos causan enfermedades, le permite ser un agente de control biológico eficaz (Pazmiño 2020).

2.1.8.2. *Trichoderma spp* en relación con la palma aceitera.

El efecto del uso de *Trichoderma* en palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) es un buen ejemplo de la respuesta en un cultivo que ha tenido recurrentes problemas en el manejo agronómico debido al escaso desarrollo de sus raíces por causas bióticas y abióticas. Debido a su versatilidad, además de ser un estimulante del desarrollo de raíces, *Trichoderma* es un biocontrolador de hongos fitopatógenos. Se ha demostrado la capacidad antagónica y fungistática de varias cepas nativas de *Trichoderma* contra *Fusarium oxysporum* y *F. solani*, aislados de plantas de palma aceitera afectadas con pudrición de cogollo (Espinosa *et al.* 2022).

2.1.8.3. Importancia de *Trichoderma spp* en suelos cultivados con palma aceitera.

El *Trichoderma spp* juega un papel muy importante en los suelos cultivados con palma aceitera, ya que puede ser utilizado como un controlador biológico, mostrando una capacidad antagónica frente a patógenos involucrados en el proceso infeccioso de la pudrición del cogollo, además produce sustancias promotoras de crecimiento, como ácido 3-indol acético que actúa como catalizador

de los tejidos meristemáticos primarios, que promueven el desarrollo del sistema radical de la planta, y aumenta la absorción de nutrientes, logrando así, mejorar la fertilidad de los suelos (Martínez *et al.* 2019).

2.2. MARCO METODOLÓGICO

Para la elaboración de la investigación se recopiló información de bibliotecas virtuales, textos actualizados, revistas, artículos, ponencias, congresos y todo material bibliográfico de carácter científico; los cuales me permitieron el desarrollo de esta investigación documental.

La información recolectada fue procesada mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen, con el fin de obtener información relevante sobre la importancia de los microorganismos en suelos cultivados con palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) en el Ecuador.

2.3. RESULTADOS

Entre los diversos virus, bacterias, hongos y protozoos, que habitan en la rizosfera, los géneros *Endomicorrizas*, *Rhizobium spp* y *Trichoderma spp*, son los principales microorganismos que se desarrollan en los suelos cultivados con palma aceitera.

El estudio del comportamiento micorrízico en el cultivo de la palma aceitera en la zona de Quinindé, demostró que la palma aceitera tiene afinidad simbiótica con los hongos micorrízicos, especialmente con las esporas del género *Glomus* y *Acaulospora*, que pertenecen al grupo de las micorrizas Arbusculares o *Endomicorrizas*. En base a los estudios de las *Endomicorrizas* se ha demostrado un efecto benéfico de la inoculación, ya que incrementa el área foliar y el contenido de fósforo (P), además aumenta la tolerancia de las plantas a la sequía, la salinidad y los metales pesados.

El uso de *Rhizobium spp* como biofertilizantes (inoculantes microbianos), mejora las características del suelo y además sintetizan varios elementos nutritivos, siendo el de mayor importancia el nitrógeno (N), aportando 20 a 1000 Kg de N. ha⁻¹.

El efecto del uso de *Trichoderma* en palma aceitera es un buen ejemplo de inoculación, por ser estimulantes del desarrollo de raíces, biocontrolador de hongos fitopatógenos y además aumenta la absorción de nutrientes.

2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados muestran que los géneros *Endomicorrizas*, *Rhizobium spp* y *Trichoderma spp*, están estrechamente relacionados con el cultivo de palma aceitera. Estos resultados coinciden con el estudio realizado por (Morales y Bernal 2018) el cual menciona que la palma aceitera forma una asociación efectiva con las *Endomicorrizas*, al igual que el estudio realizado por (Hernández 2019), quien nos pone en manifiesto que la implementación de *Rhizobium spp*, es una gran alternativa para mejorar las características del suelo; mientras que (Espinosa *et al.* 2022), detallan la importancia del uso de *Trichoderma spp* en los suelos cultivados con palma aceitera ya que promueven el desarrollo radicular, y aumentan la absorción de nutrientes.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. CONCLUSIONES

Se ha llegado a la conclusión de que se pueden utilizar microorganismos como *Endomicorrizas*, *Rhizobium spp* y *Trichodermas spp*, como una alternativa de nutrición extra, en los suelos cultivados con palma aceitera.

La inoculación de *Endomicorrizas* es una alternativa debido a que permite reducir la alta demanda de fertilizantes fosfatados para la producción de palma aceitera.

Los *Rhizobium spp*, ayudan a mejorar la estructura del suelo y la nutrición, especialmente como fuente de nitrógeno, que resulta de la asociación entre la leguminosa y la palma, para así incrementar los rendimientos y reducir los costos de producción.

El uso de *Trichoderma spp*, en los suelos cultivados con palma aceitera promueve el desarrollo del sistema radicular de las plantas, porque aumenta la fertilidad del suelo, y por ende la absorción de nutrientes. Además de controlar hongos fitopatógenos en el complejo pudrición de cogollo.

3.2. RECOMENDACIONES

Tomando como referencia las conclusiones planteadas anteriormente se recomienda:

El uso de microorganismos benéficos en los suelos cultivados con palma aceitera, ya que presentan características deseables y amigables para el suelo, la planta y el medio ambiente.

Realizar la inoculación de *Endomicorrizas* ya que brindan muchas ventajas, tanto para los suelos cultivados con palma aceitera, como para los palmicultores, ya que reduce la demanda de fertilizante fosforado, y así incrementa la fertilidad del suelo.

Implementar capacitaciones a los productores de palma aceitera, sobre la importancia y los beneficios del uso de *Endomicorrizas*, *Rhizobium spp* y *Trichodermas spp* para el incremento de la producción de palma aceitera.

Asociar plantas leguminosas como *Pueraria phaeseoloides* para mejorar el aporte de nitrógeno al suelo y mejorar la nutrición de las plantas.

Utilizar *Trichoderma* en los suelos cultivados con palma aceitera, como controlador biológico, frente a diversos microorganismos fitopatógenos, especialmente del complejo PC.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aluisa, F. (2021). Valoración de la relación c/n de dos cultivos de cobertera vicia (*Vicia stenophylla*) y centeno (*Secale cereale*) en tres localidades del cantón Riobamba provincia de Chimborazo (en línea). Riobamba, s.e. Consultado 31 ago. 2022. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16397/1/13T00962.pdf>.

Anchundia, L. (2021). Determinación del tiempo de antesis femenina en los híbridos interespecíficos de palma (*Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis*) en la Estación Experimental Santo Domingo del INIAP (en línea). Guayaquil, s.e. Consultado 30 jul. 2022. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/53236/1/Anchundia%20Ponce%20Luis%20Fernando.pdf>.

Ávila, M; Urgiles, N; Loján, P; Araujo, S. 2022. Microorganismos benéficos en los suelos de ecosistemas naturales y agroecosistemas del Ecuador (en línea). s.l., s.e. Consultado 3 ago. 2022. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/26546>.

Bernal, R. (2017). Evaluación de productos comerciales a base de micorrizas en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) establecido en la zona de Pangua - Cotopaxi (en línea). Quevedo, s.e. Consultado 11 oct. 2022. Disponible en <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3288/1/T-UTEQ-0122.pdf>.

Bernal, R. (2017). "Evaluación de productos comerciales a base de micorrizas en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) establecido en la zona de Pangua - Cotopaxi" (en línea). Quevedo, s.e. Consultado 11 oct. 2022. Disponible en <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3288/1/T-UTEQ-0122.pdf>.

Bustos, M. (2019). Dinámica poblacional de hongos micorrízicos en suelos arroceros, afectados por inundación en la zona de Babahoyo (en línea). s.l., s.e. Consultado 29 jul. 2022. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6756>.

Cáceres, E; Tamayo, P. (2021). Repositorio Digital: Caracterización de los principales grupos de microorganismos en un suelo volcánico de la zona Andina del Ecuador (en línea). Quito, s.e. Consultado 29 jul. 2022. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/25162>.

Cedeño, M. (2022). Análisis morfológico de grupos micorrízicos arbusculares presentes en sistemas agroforestales en la zona de Los Ríos (en línea). Babahoyo, s.e. Consultado 2 ago. 2022. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11437>.

Cercado, N. (2020). Uso de microorganismo eficientes (ME) como alternativa sustentable y sostenible en la producción Agrícola (en línea). Babahoyo, s.e. Consultado 29 jul. 2022. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8354>.

Cerna, L. (2022). Uso de *Trichoderma spp.* Como promotor de crecimiento de tres especies forestales a nivel de vivero en la Provincia de Pichincha (en línea). Riobamba, s.e. Consultado 5 ago. 2022. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16116/1/33T00354.pdf>.

Chicaiza, J; Garcia, H; Andrade, M; Giler, K. 2019. Crecimiento poblacional de la bacteria *Rhizobium* al asimilar diferentes fuentes de carbono | MUNDO RECURSIVO (en línea). . Consultado 2 ago. 2022. Disponible en <https://www.atlantic.edu.ec/ojs/index.php/mundor/article/view/10>.

Espinosa, J; Moreno, J; Bernal, G. (2022). Suelos del Ecuador clasificación, uso y manejo. Quito, s.e. Consultado 15 ago. 2022.

Espinosa, J; Moreno, J; Bernal, G. 2022. Suelos del Ecuador clasificación, uso y manejo. . Consultado 5 ago. 2022.

Farinango, F. (2018). Fijación de nitrógeno en nódulos de raíces de *Alnus nepalensis* D. Don en linderos a diferentes edades en la zona de Intag, Noroccidente del Ecuador (en línea). Ibarra, s.e. Consultado 11 oct. 2022. Disponible en <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8076/1/03%20FOR%20269%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>.

Galeas, S. (2022). Efectos de las micorrizas en cultivo de maní (*Arachis hipogaea* L.), en la Provincia de Los Ríos (en línea). Babahoyo, s.e. Consultado 2 ago. 2022. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11336>.

Ganchozo, W; Huaraca, H. 2017. Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo de Palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq). .

Hernández, J. (2019). Efecto de la aplicación de metabolitos vegetales y microorganismos benéficos sobre la recuperación de palmas afectadas con pudrición de cogollo (en línea). Quito, s.e. Consultado 15 ago. 2022. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/20180/1/T-UCE-0004-CAG-171.pdf>.

InfoAgro. 2021. El cultivo de la palma africana (en línea, sitio web). Consultado 26 ago. 2022. Disponible en https://infoagro.com/herbaceos/oleaginosas/palma_africana_aceitera_coroto_de_guinea_aabora.htm.

Leon, A. (2021). Microbioma de los cultivos Agrícolas del Ecuador (en línea). Quito , s.e. Consultado 11 oct. 2022. Disponible en <https://www.usfq.edu.ec/sites/default/files/inline-files/2021%20Bio-abstract-AntonioLeonReyes.pdf>.

Litardo, A. (2018). Manejo Integrado de *Sagalassa valida* Walker en el cultivo de Palma Aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq). (en línea). Babahoyo, s.e. Consultado 29 jul. 2022. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/5164>.

López, R; Montalvo, C. 2019. Caracterización de micorrizas arbustivas en diferentes materiales genéticos de palma aceitera, Concordia - Ecuador. Ecuador es calidad: Revista Científica Ecuatoriana 6(1). DOI: <https://doi.org/10.36331/revista.v6i1.68>.

Martínez, M; Quezada, G; Solís, K; Bravo, V; Suárez, C; Ronquillo, M. 2019. ANCUPA (en línea). . Consultado 25 ago. 2022. Disponible en www.ancupa.com.

Massuh, E. (2022). "Manejo integrado de *Strategus aloeus* L. en el cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis*)" (en línea). Babahoyo, s.e. Consultado 29 jul. 2022. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11314>.

Moina, E; Oviedo, R; Nieto, S; Herrera, P; Barcos, M. 2018. Evaluación de los Hongos Micorrízicos Arbusculares de zonas del trópico húmedo del Ecuador (en línea). *Bionatura* 3(1):531-536. DOI: <https://doi.org/10.21931/RB/2018.03.01.9>.

Morales, R; Bernal, G. 2018. Estudio del comportamiento micorrizico en el cultivo de la palma aceitera en la zona de Quinindé-Ecuador. .

Moran, N. (2021). Comportamiento agronómico del cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.) con aplicación de microorganismos benéficos (Micorrizas y Rizobacterias). (en línea). Jipijapa, s.e. Consultado 11 oct. 2022. Disponible en <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2932/1/TESIS%20FINAL%20-MORAN%20%20feb%2025%20del%202021-signed.pdf>.

Muñoz, G. (2021). Análisis del manejo integrado de *Sibine spp* en el cultivo de Palma Aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) (en línea). Babahoyo, s.e. Consultado 2 ago. 2022. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/9228>.

Naranjo, J; Morales, M; Barcos, M; Oviedo, R; Sánchez, V; Pino, A. 2020. Dispersión y transporte de propágulos micorrícicos en el bosque seco tropical (en línea). DOI: <https://doi.org/10.7818/ECOS.2062>.

Noboa, B. (2021). Uso de microorganismos eficientes para acelerar la descomposición de residuos vegetales de Cacao (*Theobroma Cacao* L), Echeandía-Bolívar (en línea). Guayaquil, s.e. Consultado 28 ago. 2022. Disponible en <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/NOBOA%20GAVILANES%20BYRON%20AL EXANDER.pdf>.

Nugra, A. (2018). "Evaluación de sustratos orgánicos para la propagación del *Trichoderma spp.*" (en línea). s.l., s.e. Consultado 11 oct. 2022. Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15121/1/UPS-CT007457.pdf>.

Núñez, JA; Sierra, C. (2018). Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: Identificación de microorganismos de suelos de la provincia de Pichincha, con capacidad de producir antibióticos de amplio espectro. (en línea). s.l., s.e. Consultado 29 jul. 2022. Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15186>.

Paredes, E. (2020). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre las poblaciones de hongos micorrízicos de suelos y en la producción de maíz (*Zea mays* L.), en la zona de Babahoyo (en línea). Babahoyo, s.e. Consultado 29 jul. 2022. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/7265>.

Paredes, Y. (2019). "Comportamiento agronómico de plántulas de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) En simbiosis con microorganismos eficientes del suelo" (en línea). Babahoyo, s.e. Consultado 29 jul. 2022. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6143>.

Parra, J. (2022). Potencial de fijación de nitrógeno de aislados de *Rhizobium spp.* endémicos del Ecuador en tres variedades de fréjol arbustivo. (en línea). Quito , Quito : UCE. Consultado 26 ago. 2022. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/26439>.

Pazmiño, J. (2020). Importancia del uso de microorganismos del género *Trichoderma sp.* para el control biológico de los cultivos (en línea). Babahoyo, s.e. Consultado 30 jul. 2022. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/7963>.

Pinta, A. (2020). Evaluación de residuos vegetales para la multiplicación de *Trichoderma spp.* (en línea). Quito, s.e. Consultado 28 ago. 2022. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21502/1/T-UCE-0004-CAG-265.pdf>.

SIPA. 2021. (en línea, sitio web). Consultado 29 jul. 2022. Disponible en <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>.

4.2 ANEXOS



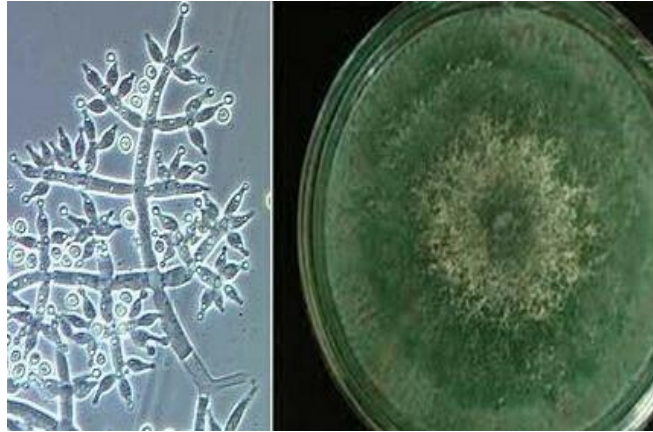
Imagen 1: Fotografías de Guido Roozmond. El cultivo de fresa fue tratado con *Trianum - P* y *Vidi Parva* directamente después del trasplante y posteriormente las fotos se tomaron a las 3 semanas.



Imagen 2: Nigel Cattlin/Alamy Foto de stock. *Rhizobium*.



Imagen 3: Enolife. Inoculación de *micorrizas*, una forma de evitar el estrés hídrico de la vid. *Micorrizas*.



Imágen 4: Alicia Namesny. *Trichoderma harzianum*, agente de control biológico y biofertilizante.
Trichoderma harzianum.