



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo para obtener el título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Tema:

“Análisis morfológico de grupos micorrízicos arbusculares presentes
en sistemas agroforestales en la zona de Los Ríos”

Autor:

Marcos Arturo Cedeño Sánchez

Tutor:

Ing. Agr. Eduardo Colina Navarrete, MSc.

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2022

RESUMEN

Análisis morfológico de grupos micorrízicos arbusculares presentes en sistemas agroforestales en la zona de Los Ríos

Autor

Marcos Cedeño Sánchez

Tutor

Eduardo Colina Navarrete

Los suelos son un componente fundamental de todo el ecosistema, aportando servicios como producción de alimentos, funciona como filtro e intercambiador de gases, fundamental para el desarrollo de la biota, entre otros. Se define el concepto de micorriza en un sentido amplio, como una simbiosis no necesariamente mutualística. Considerando que los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) colonizan aproximadamente el 90% de las plantas vasculares y que en los sistemas agroforestales (SAF) existe una organización heterogénea. Diferentes investigaciones han demostrado que hay una interacción entre las diferentes plantas a través de HMA colonizantes, estos resultados indican el efecto de las micorrizas en el desarrollo de plantas de cacao. Esta interacción tiene un potencial para control nutricional, sanitario e hídrico de los SAF. En los últimos años ha despertado interés las interacciones entre plantas y hongos, especialmente con micorrizas arbusculares. Las micorrizas representan las asociaciones simbióticas entre las plantas y hongos basada sobre el intercambio de metabolitos y nutrientes. Los estudios en raíces de cacao confirman la presencia de estructuras de hongos micorrízicos arbusculares como arbusculos, vesículas e hifas. Esto comprobó que existen valores altos, medios y bajos, para la tasa de infección en raíces y población de esporas en los suelos de las zonas estudiadas. En las zonas estudiadas se identificaron los géneros de micorrizas: *Glomus spp.*, *Acaulospora spp.*, *Stecullopota spp.*, *Rhizopogon spp.* y *Gigaspora spp.* La prevalencia del género *Glomus* con un alto índice de número de esporas en todos los suelos de SAF-C muestreados, demuestra la facilidad que tienen los representantes de este género para colonizar raíces de cacao. Además, en nuestro país se conoce muy poco sobre estos microorganismos benéficos y la obtención de estos hongos micorrízicos asegura la producción de inóculos que servirán como biofertilizante para que las plantas.

Palabras Claves: Cacao, Micorrizas, *Glomus*, Sistema Agroforestal.

SUMMARY

Morphological analysis of arbuscular mycorrhizal groups present in agroforestry systems in the Los Ríos area

Autor

Marcos Cedeño Sánchez

Tutor

Eduardo Colina Navarrete

Soils are a fundamental component of the entire ecosystem, providing services such as food production, functions as a filter and gas exchanger, essential for the development of biota, among others. The concept of mycorrhiza is defined in a broad sense, as a symbiosis not necessarily mutualistic. Considering that arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) colonize approximately 90% of vascular plants and that in agroforestry systems (AFS) there is a heterogeneous organization. Different investigations have shown that there is an interaction between different plants through colonizing AMF, these results indicate the effect of mycorrhizae on the development of cocoa plants. This interaction has potential for nutritional, sanitary and hydric control of SAF. In recent years, the interactions between plants and fungi, especially with arbuscular mycorrhizae, have aroused interest. Mycorrhizae represent symbiotic associations between plants and fungi based on the exchange of metabolites and nutrients. Studies in cocoa roots confirm the presence of structures of arbuscular mycorrhizal fungi such as arbuscules, vesicles and hyphae. This confirmed that there are high, medium and low values for the rate of infection in roots and population of spores in the soils of the studied areas. In the studied areas, the mycorrhizal genera were identified: *Glomus* spp., *Acaulospora* spp., *Stecullopoda* spp., *Rhizopogon* spp. and *Gigaspora* spp. The prevalence of the *Glomus* genus with a high rate of number of spores in all sampled SAF-C soils, demonstrates the facility that representatives of this genus have to colonize cocoa roots. In addition, in our country very little is known about these beneficial microorganisms and obtaining these mycorrhizal fungi ensures the production of inocula that will serve as biofertilizer for plants.

Keywords: Cocoa, Mycorrhizae, *Glomus*, Agroforestry System,

Contenido

RESUMEN	ii
SUMMARY.....	iii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	3
MARCO METODOLÓGICO.....	3
1.1. Definición del tema caso de estudio	3
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. General	5
1.4.2. Específicos	5
1.5. Fundamentación teórica	6
1.5.1. Morfología de los hongos micorrízicos	8
1.5.3. Investigaciones realizadas	11
1.6. Hipótesis.....	13
1.7. Metodología de la investigación	13
CAPÍTULO II	14
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	14
2.1. Desarrollo del caso.....	14
2.2. Situaciones detectadas (hallazgo).....	14
2.3. Soluciones Planteadas	15
2.4. Conclusiones	16
2.5. Recomendaciones	17
BIBLIOGRAFIA.....	18

INTRODUCCIÓN

La multifuncionalidad de los microorganismos en los sistemas agrícolas, se expresa de acuerdo a una serie de factores bióticos, como la competencia con otros microorganismos, la composición biológica del suelo, el reconocimiento plantamicroorganismo y viceversa. Igualmente, factores abióticos, como la climatología, las características físicas y químicas del suelo, que influyen directamente en el tipo de interacción de estos organismos y la expresión de los efectos benéficos o detrimentales, determinantes en el desarrollo de las especies vegetales (Radjacommare *et al.* 2010).

La micorriza es una asociación constituida por un conjunto de hifas fúngicas (micelio) que, al entrar en contacto con las raíces de las plantas, las pueden envolver formando un manto y penetrarlas intercelularmente a través de las células del córtex, como en el caso de la ectomicorriza o, como en el caso de la micorriza arbuscular, penetran la raíz, pero no se forma ningún manto. Esta red de micelio permite, bajo ciertas condiciones, un libre flujo de nutrimentos hacia las plantas hospederas y entre las raíces de las plantas interconectadas, lo que sugiere que la micorriza establece una gran unión bajo el suelo entre plantas que, a simple vista, podrían parecer lejanas y sin ninguna relación (Camargo *et al.* 2012).

Tradicionalmente se reconocen cinco grupos de micorrizas basándose en criterios morfológicos, anatómicos y sistemáticos tanto de las plantas como de los hongos. Tales grupos son: ectomicorrizas, micorrizas de ericales, micorrizas de Orchidaceae, ectoendomicorrizas y micorrizas arbusculares también llamadas endomicorrizas (Aguilera *et al.* 2007).

Diversos estudios han demostrado los efectos benéficos de la asociación simbiótica entre los AMF y las plantas (Gosling *et al.* 2006; Kapoor *et al.* 2008), tales como: incremento en la superficie de absorción, de agua y de nutrimentos, mejoramiento de la absorción iónica y acumulación eficiente, solubilización de minerales que se encuentran en el suelo, aumento de la capacidad fotosintética

de la planta, incremento de la tolerancia de las plantas a toxinas del suelo, entre otros.

En Ecuador, la degradación y contaminación de los suelos, la aclimatación, adaptación y multiplicación de los cultivos en diversas condiciones agroecológicas, son las mayores limitantes para la producción sostenible y eficiente. Es aquí, donde los microorganismos tienen un gran potencial para contribuir a la solución de múltiples problemas de la agricultura, dentro de los cuales, los biofertilizantes con base en micorrizas son una alternativa para reducir pérdidas en los procesos de multiplicación, mejorar la aclimatación y nutrición de especies vegetales de importancia ecológica, ambiental y económica (Azcón y Barea 1997).

Debido a las condiciones de los suelos en la región Costa se han establecido ciertas estrategias de producción, como la implantación de sistemas agroforestales que han buscado favorecer el desarrollo de diferentes cultivos. Dentro de las estrategias para el mejoramiento de estos sistemas de producción se encuentra el uso de abonos orgánicos. Junto con estos tipos de abonos, en diferentes cultivos y agroecosistemas, se ha analizado la incorporación de hongos de micorrizas arbusculares (HMA) (Pérez, Buchelli y Giraldo, 2006). Sin embargo, en muchos casos existe fracaso por el desconocimiento de los consorcios presentes o introducidos a los sistemas.

Considerando que los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) colonizan aproximadamente el 90% de las plantas vasculares y que en los sistemas agroforestales (SAF) existe una organización heterogénea, traducido en un gran número de especies vegetales conviviendo en un mismo espacio de suelo, la posibilidad de encontrar asociaciones exitosas con diversas especies de HMA es alta. Es importante conocer que estos HMA están conservados en los SAF tradicionales, que por décadas han sido mantenidos por los agricultores, con bajos niveles de disturbio. No obstante, es importante conocer el potencial que poseen para ser utilizados en la agricultura, forestación, reforestación, conservarlos en bancos de germoplasma ex.

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

La presente revisión bibliográfica tendrá como finalidad la compilación de datos sobre el análisis morfológico de grupos micorrízicos arbusculares presentes en sistemas agroforestales en la zona de Los Ríos.

1.2. Planteamiento del problema

Los suelos son un componente fundamental de todo el ecosistema, aportando servicios como producción de alimentos, funciona como filtro e intercambiador de gases, fundamental para el desarrollo de la biota, entre otros. Pero estos están sufriendo un acelerado proceso degradativo y Ecuador no es muy ajeno a esto, donde los procesos de degradación más relevantes son la erosión, encostramiento de suelos, contaminación química, pérdida de materia orgánica, salinización, compactación y desertificación.

Los problemas de suelos en estos momentos en muchos sectores de producción están asociados con la degradación química que desencadena la pérdida de nutrientes y baja la actividad microbiana del suelo, por lo tanto, se produce un desbalance de este reduciendo la productividad. Para mitigar un poco el impacto causado por la degradación se han estudiado ciertos grupos de microorganismos edáficos que participan de manera activa en los ciclos biogeoquímicos, ciclo de nutrientes favoreciendo así la fertilidad de los suelos (Thiele-Bruhn et al. 2020).

Los sistemas agroforestales han demostrado su utilidad ecológica y productiva. Estos sistemas además de proporcionar alimento a una población

creciente, también disminuye el impacto a los ecosistemas que brindan dichos alimentos. Se define como un sistema sustentable de manejo de cultivo que tiene como objetivo de aumentar los rendimientos, involucrando cultivos forestales con cultivos de campo (González y Farías 2016).

Diferentes investigaciones han demostrado que hay una interacción entre las diferentes plantas a través de HMA colonizantes, estos resultados indican el efecto de las micorrizas en el desarrollo de plantas de cacao. Esta interacción tiene un potencial para control nutricional, sanitario e hídrico de los SAF. Las micorrizas tienen un efecto sobre las relaciones hídricas del sistema planta-suelo, es decir, estos microorganismos modifican la conductancia estomática, la tasa fotosintética, el potencial hídrico foliar, la eficiencia en el uso de agua y la asimilación de nutrimentos del hospedero.

La complementariedad entre plantas en sistemas agroforestales se ha estudiado bastante en varios sectores de Sudamérica, no obstante, estudios en zona agroforestales de Ecuador han sido rara vez visibles, lo que dificulta en gran medida la toma de decisiones, ya que el desconocimiento de consorcios HMA influye sobre su eficiencia en estos agroecosistemas, ya que no todas las micorrizas son viables en todos los sectores.

1.3. Justificación

Los hongos constituyen la porción más elevada de la biomasa microbiana del suelo. La mayor parte de los diferentes tipos de hongos en el suelo están como organismos autóctonos, pocas veces como formas alóctonas. Pueden presentarse como organismos de vida libre o en asociaciones formando micorrizas con las raíces de algunas plantas. Los hongos se encuentran principalmente en los 10 cm superiores del suelo y raramente por debajo de los 30 cm. Es muy difícil, hasta imposible, el cultivo e identificación de algunos hongos del suelo, especialmente los que viven asociados a las raíces de las plantas (Delgado 2019).

La mayoría de los hongos del suelo son oportunistas (zimógenos). Crecen y llevan a cabo un metabolismo activo en condiciones favorables, humedad y aireación adecuadas, y sustratos utilizables en concentraciones relativamente elevadas. Muchos hongos del suelo metabolizan carbohidratos, como polisacáridos, incluso algunos crecen sobre residuos vegetales.

Muchos autores han encontrado una diversidad de casos y poblaciones diferentes en las investigaciones realizadas. Pese a esto aún falta mucho trabajo por realizar, sin embargo, los avances existentes generan un campo muy amplio de trabajo.

Cabrera (2020) en sus resultados muestra una diversidad bastante limitada en las especies reportadas de micorrizas para las cinco zonas evaluadas de la provincia de Los Ríos. Además, las poblaciones encontradas, muestran una baja capacidad regenerativa de los hongos y población de esporas, debido en muchos casos, a la incesante carga de trabajo y aplicaciones de agroquímicos que normalmente ocurren en los cultivos.

Flores (2019) en su estudio utilizó Mycor el cual es una fuente de micorrizas nativas que posee *Glomus* spp., *Rhizopogon* spp. y *Pisolithus* spp., con efectos positivos en la producción de maíz híbrido en dosis de 1,0 l/ha.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Realizar el análisis morfológico de grupos micorrízicos arbusculares presentes en sistemas agroforestales en la zona de Los Ríos.

1.4.2. Específicos

1. Identificar los consorcios micorrízicos presentes en sistemas agroforestales en la zona de Los Ríos.

2. Establecer las diferencias morfológicas de los grupos micorrízicos arbusculares y no arbusculares.

1.5. Fundamentación teórica

Los microbiólogos del suelo han intentado profundizar en el conocimiento de las colonias microbianas del suelo, aislando clases únicas basadas en una característica fenotípica clave. Para el estudio de las funciones de los microorganismos en el suelo son necesarios nuevos trabajos, pero en combinación con cultivos de microorganismos en el laboratorio, que permiten estudiar la fisiología de los microorganismos y así poder inferir su función en el ecosistema. Muchos trabajos han sido publicados en los cuales se pretende estudiar la función de diferentes microorganismos en el suelo para cultivos específicos (González *et al.*, 2003).

Se define el concepto de micorriza en un sentido amplio, como una simbiosis no necesariamente mutualística, para incluir las relaciones tróficas de hongos micorrízicos con plantas "inferiores" y plantas aclorofílicas. Se evidencia el carácter pionero de la micorriza arbuscular formada por los Glomeromycota y se resalta su importancia en el proceso de "terrestrialización". Estos presentan una formación cronológica diferentes de los restantes tipos de micorrizas, pasando por una evolución independiente y recurrente de las ectomicorrizas, formadas por Basidiomycota y Ascomycota inicialmente saprófitos, que sugiere una versatilidad en las estrategias nutricionales de estos hongos, como respuesta adaptativa a los cambios ambientales. Similares respuestas debieron ser la causa del origen de las singulares micorrizas ericoides, arbutoides y heliantemoides (Honrubia 2009).

Además, el autor indica que existe una particular relación trófica entre plantas aclorofílicas como Monotropa o de orquídeas en sus fases hetrotróficas con sus hongos simbiontes. Finalmente, se comenta la reciente evolución de sistemas radicales micotróficamente independientes.

Los hongos micorrizógenos arbusculares (MA), han coevolucionado junto a las plantas terrestres desde el período Ordovícico (desde hace 460 millones de años), a propósito, esta simbiosis se presenta en más del 70 % de las familias de plantas vasculares. Se les puede hallar tanto en bosques boreales, como en desiertos; desde las altas montañas, hasta en llanuras inundables, así como en dunas costeras y humedales. A menudo, nos encontramos que unos pocos gramos de suelo son suficientes para encontrar desde cientos a miles de esporas y varios kilómetros de hifas o micelio de hongos (MA). En suelos poco conservados, como los agrícolas, llegan a alcanzar aproximadamente la mitad de la biomasa total de los microorganismos (Fernández 2009).

Los hongos micorrícicos arbusculares (MA) interactúan simbióticamente con cerca del 90 % de las plantas terrestres formando diferentes tipos de asociaciones micorrícicas y, aunque el número total de hongos del suelo involucrados en esta simbiosis es desconocido, han beneficiado muchas especies importantes en agricultura. La relación simbiótica entre hongos MA y raíces de la mayoría de las plantas es benéfica ya que el hongo coloniza la corteza de la raíz para obtener carbono a partir de la planta hospedera, mientras le ayuda a la planta a tomar fósforo y otros nutrientes minerales del suelo (Serralde y Ramírez 2004).

En los últimos años ha despertado interés las interacciones entre plantas y hongos, especialmente con micorrizas arbusculares. Las micorrizas representan las asociaciones simbióticas entre las plantas y hongos basada sobre el intercambio de metabolitos y nutrientes. Más del 95 % de las plantas embriofitas son capaces de formas simbiosis con micorrizas. Tanto los hongos como las plantas tienen distribución universal, presentándose de esta manera ecotipos adaptados a condiciones diversas y extremas. Es de señalar que las plantas y las micorrizas tienen un origen común (Pérez, Rojas y Montes 2011).

Las micorrizas arbusculares (MA) se encuentran en la mayoría de las plantas de interés agrícola. Estos organismos juegan un papel importante en el mantenimiento y estabilidad del agroecosistema contribuyendo a la fertilidad,

estructura y biodiversidad del suelo. El manejo apropiado del complejo suelo/planta/micorriza es una promesa biotecnológica para obtener a largo plazo un agroecosistema productivo y estable (Carreón, Gómez y Martínez 2008).

1.5.1. Morfología de los hongos micorrízicos

La ubicación taxonómica de los hongos endomicorrízicos ha evolucionado recientemente a partir de consideraciones basadas en la revisión de esporas fósiles, las relaciones entre las diferentes categorías de los hongos actuales, su morfología y su comportamiento fisiológico. La importancia de las endomicorrizas ha aumentado en la última década debido a numerosos reportes de efectos benéficos sobre las plantas, que van desde incrementos en la absorción de nutrimentos en el suelo, su influencia sobre las relaciones hídricas y la protección contra agentes patógenos, hasta el importante papel ecológico que estas asociaciones parecen jugar en la sucesión de especies en las comunidades vegetales naturales (Aguilera *et al.* 2007).

Las micorrizas se clasifican en tres grupos que son las siguientes: ectomicorrizas, endomicorrizas y ectoendomicorrizas. La ectomicorrizas se caracterizan por formar una extensa red de hifas que se localizan en la corteza de la raíz, principalmente forman asociaciones con árboles de pino, eucalipto y cipres. Las endomicorrizas penetran profundamente la raíz, la colonizan y cambian su forma, mientras sus estructuras externas exploran el suelo. Este tipo de micorriza forma asociaciones con más del 90 % de plantas terrestres, las más conocidas son las arbusculares. Mientras que las ectomicorrizas son un tipo de conjugación entre las ecto y endomicorrizas, ya que se caracterizan por encontrarse en la corteza y penetran profundamente la raíz. Se encuentran principalmente en bosques naturales (Salamanca 2004).

La asociación simbiótica se establece entre las raíces de las plantas y las hifas de hongos de los filos Glomeromycota, Basidiomycota y Ascomycota. Al inicio de la colonización, el hongo forma un manto constituido de hifas fúngicas que rodean el ápice de la raíz, luego otras hifas penetran el espacio intercelular

existente entre las células radiculares, formando lo que se conoce como la “red de Hartig”. Es aquí, en la red de Hartig, donde se lleva a cabo el intercambio de nutrientes, minerales y agua: el hongo absorbe agua y minerales que luego trasloca hacia la planta y en retorno la planta provee de azúcares y otros productos de la fotosíntesis al hongo (Franquet 2018).

La micorriza arbuscular o micorriza vesículoarbuscular es clasificada como endomicorriza. En este caso no se forman la red de Hartig ni su manto, y se caracteriza porque las hifas penetran la raíz, se introducen en las células y pueden formar dos tipos de estructuras. Su principal característica es la estructura denominada arbusculo, la cual se origina cerca del cilindro vascular de la planta mediante numerosas ramificaciones dicotómicas sucesivas de una hifa, y tiene la función de transferir nutrimentos desde y hacia la planta. La segunda estructura es llamada vesícula, y puede o no estar presente, dependiendo del hongo. Es de forma ovalada a esférica; puede formarse entre o dentro de las células radicales, y funciona como almacén de nutrimentos (Andrade 2010).

Entre las estructuras típicas, los arbusculos poseen forma de árbol y constituyen ramificaciones de las hifas dentro de las células vegetales. Allí tiene lugar el intercambio de nutrientes y metabolitos entre el hongo y la planta. Las vesículas, a menudo ovoides, pueden formarse inter o intracelularmente. Ellas constituyen el sitio de almacenamiento de sustancias de reserva y polifosfatos. Sin embargo, algunos hongos formadores de micorrizas arbuscular (HFMA) no forman vesículas. Las esporas de forma globosa, extracelulares, cumplen la función de almacenamiento y propagación. Al germinar éstas, las hifas generadas exploran el suelo (Nardini, Di Salvo y García 2011).

Las ectomicorrizas es un tipo de micorriza encontrada en plantas angiospermas y gimnospermas se distingue porque el micelio del hongo al invadir la raíz forma un manto o vaina sobre ella, el hongo se introduce entre los espacios intersticiales de las células, es decir, no perfora la pared para penetrar a la célula vegetal sino intercelularmente forma un sistema llamado red de Hartig que es justo la red laberíntica del hongo donde se lleva principalmente la transferencia de nutrientes (INECOL 2008).

Los arbuscúlos son estructuras del tipo de haustorios que se originan partir de la ramificación dicotómica repetida de una hifa al interior de una célula vegetal. Las finas ramificaciones de los arbuscúlos realmente no entran en contacto con el protoplasma de las células, sino que penetran como de dedos en un guante denominándose invaginaciones de la membrana celular. De esta forma se produce una extensa superficie de contacto a través de la cual se lleva a cabo el intercambio de nutrientes minerales y carbohidratos entre el hongo y la planta. Los arbuscúlos son de corta vida, cuya presencia es indicativa de la actividad metabólica asociada al transporte de sustancias a través de membranas (Román 2003).

Las vesículas son estructuras ovoides, se forman generalmente en los extremos de las hifas del hongo y pueden producirse a lo largo de todo el parénquima cortical colonizado; suelen aparecer más tarde que los arbuscúlos y son consideradas órganos de reserva, principalmente de lípidos (Hernández 1999).

Las hifas son las provienen de esporas germinadas, penetran en la raíz y forman y apresorio en las capas más internas del parénquima cortical. Nunca penetran la epidermis, tejidos vasculares, meristemas, tejidos estacales, clorofílicos, partes viejas de la raíz, o en sistemas especializados de órganos vivos (Duchicela 2001).

1.5.2. Simbiosis

Las esporas de estos hongos nacen dando origen a las hifas, que al ramificarse constituyen el micelio que explora el suelo y coloniza la raíz de la planta. El micelio se produce a partir de esporas germinadas, las micorrizas arbusculares forman un cuerpo central con muchas ramificaciones de hifas esta estructura se llama arbusculo. Los arbusculos efectúan el intercambio de agua y nutrientes entre el suelo y la raíz, en las raíces se producen estructuras internas de forma globosa llamadas vesículas, que sirven para almacenar alimento para el hongo (Salamanca 2004).

El hongo al estar en contacto con la corteza de la raíz de la planta forma un abundante micelio externo en el suelo que aumenta el volumen de exploración de la raíz, encargándose de mejorar la eficiencia en la absorción, traspaso de agua y nutrientes desde el suelo hacia la planta (Noda 2009).

Existen factores externos como la estacionalidad y el manejo que influyen en la propagación de los hongos micorrizicos y pueden afectar las simbiosis en condiciones de campo. En varios trabajos realizados por diferentes autores se pudo comprobar la influencia del tipo de suelo sobre el funcionamiento micorrizico y la estacionalidad, pues en suelos con mal drenaje y alta retención de humedad, los mayores porcentajes de colonización se encuentran durante la estación seca, mientras que, en suelos con buen drenaje, los mayores porcentajes de colonización se encuentran en la estación lluviosa (Martín y Rivera 2015).

Los efectos benéficos de las micorrizas arbusculares en el suelo están muy relacionados con sus efectos sobre las plantas por estar éstos (suelo – planta), estrechamente relacionados. Sin embargo, podemos declarar que las micorrizas, realizan varias funciones en el suelo que incrementan mucho su potencial agro productivo y sus posibilidades de sostén y mantenimiento de las diferentes especies vegetales (Bernaza y Acosta 2006).

1.5.3. Investigaciones realizadas

Con las muestras de suelos tomadas antes de proceso de preparación de suelos, se identificó morfológicamente las poblaciones en los laboratorios de microbiología del CIPAL-ANCUPA (INVAM, 2015). Los géneros encontrados fueron: *Glomus mosseae*, *Glomus fasciculatum*, *Gigaspora rosea* y *Acaulospora spp.* Al culminar el periodo de cosecha se tomó una muestra en los diferentes lotes, reportando en este caso: *Glomus mosseae*, *Glomus fasciculatum*, *Gigaspora rosea*, *Acaulospora spp*, *Scutellospora spp.* y *Rhizopogon spp* (Paredes et al. 2020).

Los datos demuestran que las micorrizas y en especial el género *Glomus*, presentan un alto índice de número de esporas, lo que demuestra la facilidad que

tienen los representantes de este género para colonizar raíces de cacao. En algunos casos los niveles de infección están alrededor del 31 % (Latacela *et al.* 2017).

En su investigación seleccionaron cepas de micorrizas arbusculares y rizobacterias más eficientes para el cultivo de tomate, así como las mejores combinaciones. El mejor comportamiento se obtuvo con la inoculación de las cepas *Glomus mosseae*, *G. fasciculatum*, *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *G. mosseae* + *Pseudomonas fluorescens* y *G. mosseae* + *A. brasilense*. Los HFMA y su coinoculación con bacterias rizosféricas influyeron de manera positiva en la absorción de nitrógeno y fósforo (Hernández y Chailloux 2004).

La investigación realizada de manera preliminar buscó identificar los géneros presentes de HMA en los suelos y contabilizar las poblaciones de esporas. Los resultados muestran una diversidad limitada en los géneros, estos grupos corresponden a: *Glomus* (100%), *Acaulospora* (75%) y *Gigaspora* (45%). Además, las poblaciones encontradas, muestran una baja en zonas como Babahoyo (164 esporas/g suelo) y Puebloviejo (73 esporas/g suelo), y poblaciones altas en Ventanas (1222 esporas/g suelo). Las zonas de Montalvo y Vinces mostraron poblaciones medias de HMA (570 y 390 esporas/g suelo, en su orden) (Colina *et al.* 2022).

De acuerdo a los resultados obtenidos de conteo de esporas micorrícicas en el cultivo de ajonjolí, realizado en el Centro de Investigaciones En Palma Aceitera (CIPAL), la mayor cantidad de esporas viables se encontró en el tratamiento 5 en el que se aplicó Micorrizas + *Metarhizium* en dosis de 200 + 330 g/ha con 741 esporas viables /100gss de tipo *Glomus* y *Acaulospora*, siendo superior al tratamiento 7 (testigo) presentando 411 esporas viables /100gss de tipo *Glomus*. Cabe recalcar que de acuerdo al análisis realizado antes de la siembra se encontraba presente en el suelo 257 esporas de micorrizas de tipo *Glomus* (Torres 2020).

1.6. Hipótesis

Ha= El análisis morfológico de grupos micorrízicos arbusculares es una estrategia básica en el mejoramiento de los sistemas productivos.

Ho= El análisis morfológico de grupos micorrízicos arbusculares no es una estrategia básica en el mejoramiento de los sistemas productivos.

1.7. Metodología de la investigación

Con la finalidad de identificar los consorcios se utilizarán datos generados por el Proyecto de investigación UTB “Identificación de micorrizas asociadas a suelos de sistemas de asociación agroforestal en el subtrópico de Los Ríos”. Como segundo trabajo se compilará la información necesaria para poder realizar el diagnóstico específico de los sistemas agroforestales destinados al cultivo de cacao, su funcionamiento, aspectos y relaciones de los actores de la misma. Con esto se planea identificar posibles problemas que están afectando la multiplicación de los consorcios en el suelo.

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

Las dificultades encontradas en la implementación de la aplicación de microorganismos y los pocos o nulos trabajos realizados en el Ecuador, tienen muchas veces su origen en esta aproximación empírica a los problemas agrados. A raíz de esta constatación, desde hace algunas décadas se viene desarrollando información esporádica a través de investigación que en muchos casos han obtenido objetivos parciales, buscando establecer las bases de una ciencia del desarrollo agrícola.

Los problemas encontrados en los intentos de transferencia de tecnología y de manera general en los proyectos de desarrollo agrícola tienen que incitamos a analizar más detenidamente las prácticas campesinas, sus razones de ser y sus consecuencias.

En efecto, no había tomado en cuenta la existencia de interrelaciones funcionales entre los diferentes sistemas de producción. Como a menudo estas interrelaciones son relaciones de interdependencias, un cambio en el funcionamiento de un sistema de producción puede tener repercusiones importantes sobre el funcionamiento de los otros sistemas de producción existentes.

2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)

En la agricultura, el uso de micorrizas tiene un gran potencial tecnológico debido a que mejoran las propiedades físicas del suelo, el crecimiento de las plantas y el reciclado de los nutrientes del suelo, así como facilitan la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Por lo tanto, plantas especies

vegetales micorrizadas poseen una ventaja importante con respecto a las plantas no micorrizadas. Sin embargo, el conocimiento sobre las interacciones entre las condiciones edáficas y la ecología de las micorrizas nativas y la efectiva asociación simbiótica entre las plantas y estos microorganismos es limitado. Por esta razón, el análisis de poblaciones de HMA nativos y su ambiente edáfico, pueden conducir a su uso eficiente en la agricultura.

La presencia de micorrizas en un suelo puede ser de origen nativo cuando son habitante natural de ese tipo de suelo y de forma introducida cuando son aplicados al suelo por medio del hombre, de ambas formas comienzan o mantienen su proceso de formación para establecer la simbiosis con las plantas a través de diversas reacciones para producir beneficios en los cultivos

2.3. Soluciones Planteadas

Considerando que los hongos micorrízicos arbúsculares (HMA) colonizan aproximadamente el 90 % de las plantas vasculares (Coyne, 2010) y que en los sistemas agroforestales (SAF) existe una organización heterogénea, traducido en un gran número de especies vegetales conviviendo en un mismo espacio de suelo, la posibilidad de encontrar asociaciones exitosas con diversas especies de HMA es alta.

Es importante conocer que estos HMA están conservados en los SAF tradicionales, que por décadas han sido mantenidos por los agricultores, con bajos niveles de disturbio. No obstante, es importante conocer el potencial que poseen para ser utilizados en la agricultura, forestación, reforestación, conservarlos en bancos de germoplasma ex situ o emplearlos en futuros trabajos de investigación, antes que sigan desapareciendo.

Con el desconocimiento del tipo de hongo asociado a cada sistema se pierde gran parte de la biodiversidad de organismos de suelo, en especial aquellos que viven asociados a las plantas o en el área de las raíces. Por esto un sinnúmero de investigadores han buscado soluciones al corto plazo, sin encontrar

resultados alentadores. Es importante saber que las asociaciones deben ser estudiadas al largo plazo, ya que los microorganismos tienen procesos de adaptación más lentos.

2.4. Conclusiones

Una revisión de los principales trabajos publicados ha propuesto diferentes métodos para analizar la calidad de la micorrización y la estrecha relación que guardan con la cantidad y diversidad de microorganismos del suelo.

Los estudios en raíces de cacao confirman la presencia de estructuras de hongos micorrízicos arbúsculares como arbúsculos, vesículas e hifas. Esto comprobó que existen valores altos, medios y bajos, para la tasa de infección en raíces y población de esporas en los suelos de las zonas estudiadas lo que sugiere que existe un alto grado de asociación de las raíces con las micorrizas. Además, esta asociación se relaciona a factores que promueven la colonización y esporulación micorrízica. En las zonas estudiadas se identificaron los géneros de micorrizas: *Glomus spp.*, *Acaulospora spp.*, *Stecullopota spp.*, *Rhizopogon spp.* y *Gigaspora spp.*

La prevalencia del género *Glomus* con un alto índice de número de esporas en todos los suelos de SAF-C muestreados, demuestra la facilidad que tienen los representantes de este género para colonizar raíces de cacao. Además, en nuestro país se conoce muy poco sobre estos microorganismos benéficos y la obtención de estos hongos micorrízicos asegura la producción de inóculos que servirán como biofertilizante para que las plantas.

2.5. Recomendaciones

- Desarrollar programas de investigación para la identificación y conservación de HMV (micorrizas) en todos los sistemas de producción agropecuarios utilizados, para su implementación en programas de fertilización.
- Estudiar el conocimiento de las características fisiológicas de las HMV, así como de la ecología y genética de los géneros o consorcios micorrízicos involucrados.

BIBLIOGRAFIA

1. Aguilera, L., Olalde, V., Arriaga, R., Contreras, R. 2007. Micorrizas arbusculares. *Ciencia Ergo Sum*. 14(03):300-3006. ISSN: 1405-0269.
2. Andrade, A. 2010. *Ciencia*. Recuperado el 2 de marzo de 2022, de https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/61_4/PDF/11_MICORRIZAS.pdf
3. Azcón, C., Barea, J. 1997. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture significance and potentials. *Scientia Horticulture*. 68:1-24.
4. Bernaza, G., Acosta, M. 2006 *Las Micorrizas: Alternativa Ecológica para una Agricultura Sostenible*. [Fecha de consulta 02-04-2022]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos72/micorrizas-alternativaecologica>
5. Cabrera, R. 2020. Caracterización morfológica de Hongos micorrízicos arbusculares en fincas de cinco Cantones, de la Provincia De Los Ríos. Trabajo de Titulación Ingeniero Agropecuaria, Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador. 34p.
6. Camargo, S., Montañó, N., De La Rosa, C., Montañó, S. 2012. Micorrizas: una gran unión debajo del suelo. *Revista Digital Universitaria*. 13(07):10-14. ISSN: 1607-6079
7. Carreón, Y., Gómez, N., Martínez, M. 2008. Las micorrizas arbusculares en la protección vegetal. *Biológicas*, No. 10, pp. 60-70, 2008.
8. Colina, E., Vera, M., Olvera, O., Goyes, V., López, M. 2022. Identificación de micorrizas asociadas a suelos de sistemas de asociación agroforestal en el subtrópico de la provincia de Los Ríos. In *Memorias científicas del XIV Congreso Latinoamericano de Agronomía*. p22. ISBN: 978-9942-844-72-9
9. Colina, E., Paredes, E., Gutiérrez, X., Vera, M. 2020. Efecto de fertilización nitrogenada en maíz (*Zea mays* L.) sobre poblaciones de hongos micorrízicos, en Babahoyo. *Journal of Science and Research*, 5 (CININGEC):135-155. ISSN:2528-8083.
10. Delgado, H. 2019 *Análisis de la combinación de microorganismos bioestimulantes (Micorrizas y Rhizobium) en el cultivo de soya (Glycine max)*. Trabajo de Titulación Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador. 26p.

11. Duchicela, J. 2001. Evaluación del uso de endomicorrizas vesículo arbuscular (MVA) en la obtención de plantulas de tomate de arbol *Solanum betaceum* Cav. Sangolquí- Ecuador. Tesis Ingeniero Agropecuario, ESPE- Facultad de Ciencias Agropecuarias. Sangolqui, Ecuador. 120p.
12. Franquet, J. 2018. El nuevo sistema de siembra en seco del arroz. Primera ed. Santa Ana, España, Grafica Dertosense. 1-57 p.
13. Fernández, R. 2009. Las Micorrizas: Desenterrando un Tesoro. Instituto de Ecología y Sistemática. 12:14:35.
14. Flores, H. 2019. Efectos de la combinación de micorrizas más ácidos húmicos sobre el comportamiento agronómico del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), en la zona de Babahoyo. Trabajo de Titulación Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador. 51p.
15. González, F., Grieco, G., Casaretto, E., Carbo, A., Peixoto, L., Castro, S., Pérez, E., Labandera, C, Martínez-Drets, G. 2003. Caracterización simbiótica y molecular de cepas nativas de *Sinorhizobium meliloti*. Act. de Bioquím. y Biol. Mol. Vol. II. 2das Jornadas de Bioquímica y Biología Molecular, SBBM. Instituto Clemente Estable, Montevideo, Uruguay. P. 40.
16. González, G., Farías, L. 2016. Biología y regulación molecular de la micorriza arbuscular• Biology and Molecular Regulation of Arbuscular- Mycorrhizae. Revista Biológicas. 10(1): 60-70.
17. Gosling, P., Hodge, A., Goodlass, G., Bending, G.D. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming Agric. Ecosyst. Environ. 113:17-35.
18. Hernández, M., Chailloux, M. 2004. Las micorrizas arbusculares y las bacterias rizosféricas como alternativa a la nutrición mineral del tomate. Cultivos Tropicales, 2004, vol. 25, no. 2, p.
19. Hernández, G. 1999. Las micorrizas y su efecto en el ambiente. Centro de estudios ecológicos. Recuperado el 9 de marzo de 2022, de <http://www.cdeea.com/micorrizas1.htm>
20. Honrubia, M. 2009. Las micorrizas una relación planta-hongo que dura más de 400 millones de años. Anales del Jardín Botánico de Madrid, ISSN 0211-1322, Vol. 66, N° Extra 1, 2009, págs. 133-144.

21. Inecol. 2008. Ectomicorrizas: asociaciones benéficas entre hongos y raíces de árboles en el suelo de nuestros bosques. Instituto de Ecología. Recuperado el 2 de marzo de 2022 de <https://www.inecol.mx/inecol>
22. INVAM (International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi). 2015. Arbuscular mycorrhizal fungi. Key to fungi in glomales. (en línea). Consultado 30 enero 2022. Disponible en <http://invam.caf.wvu.edu/index.html>.
23. Kapoor, R., Sharma, D., Bhatnagar, A.K. 2008. Arbuscular mycorrhizae in micropropagation systems and their potential applications. *Scientia Horticulturae*. 116:227-239.
24. Latacela, W., Colina, E., Castro, C., Santana, D., León, J., García, G., Goyes, M., Vera, M. 2017. Efectos de la fertilización nitrogenada y fosfatada sobre poblaciones de micorrizas asociadas al cultivo de cacao. *European Scientific Journal* February. 13(6):464-479. ISSN: 1857-7881. doi: 10.19044/esj.2017.v13n6p464
25. Martín, G., Rivera, R. 2015. Influencia de la inoculación micorrízica en los abonos verdes. Efecto sobre el cultivo principal. Estudio de caso: El maíz. *Cultivos Tropicales* 36(especial):34-50.
26. Nardini, C., Di Salvo, L., García, I. 2011. Micorrizas arbusculares: asociaciones simbióticas e indicadores de calidad ambiental en sistemas de cultivos extensivos. *Revista Argentina de Microbiología*. 12(2):308-311.
27. Noda, Y. 2009. Las micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. *Pastos y forrajes* 32(2):1-1.
28. Pérez, A., Rojas, J., Montes, D. 2011. Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano. *Rev. Colombiana cienc. Anim.* 3(2).2011.
29. Román, F. 2003. Concentración de reguladores de desarrollo vegetal inducida por los hongos Endomicorrízicos en dos cultivares de Chile (*Capsicum annum*) L.) Colima- México. Tesis de Grado Universidad de Colima, Facultad de Ciencias Biológicas y agropecuarias. Colima, Mexico. 134p.

30. Salamanca, C. 2004. La micorriza arbuscular: características, producción y aplicaciones. Repositorio Institucional Agrosavia. Corporación colombiana de investigación agropecuaria. 2004. Web. 10 abr 2022
31. Serralde, A., Ramírez, M. 2004. Análisis de poblaciones de micorrizas en maíz (*Zea mays*) cultivado en suelos ácidos bajo diferentes tratamientos agronómicos. Revista Corpoica. Vol 5:1:10. 2004.
32. Thiele-Bruhn, S., Schloter, M., Wilke, B.-M., Beaudette, L. A., Martin-Laurent, F., Cheviron, N., Mougín, C., Römcke, J. (2020). Identification of new microbial functional standards for soil quality assessment. 6,17–34. <https://doi.org/10.5194/soil-6-17-2020>
33. Torres, M. 2020. Efecto de la aplicación de *Metarhizium* y Micorrizas en el desarrollo y producción del cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.), en la zona de Babahoyo. Trabajo de Titulación Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador. 84p.