



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:

“Importancia de los HMA (Hongos Micorrícicos Arbusticos) en
sistemas agroforestales de la provincia de Los Ríos”.

AUTOR:

Roller Isidro Sánchez Suarez

TUTOR:

Ing. Agr. Eduardo Colina Navarrete, Mg. Sc.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2022

RESUMEN

Importancia de los HMA (Hongos Micorrícicos Arbusticos) en sistemas agroforestales de la provincia de Los Ríos

Los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) son organismos del suelo que son simbióticos con la mayoría de las plantas. Ofrecen varias ventajas que les otorgan una ventaja sobre las plantas no micorrizas, como permitir que las plantas absorban más fácilmente los nutrientes que no están fácilmente disponibles o tienen poca movilidad en el suelo, evitando los efectos de los microorganismos patógenos en las raíces y aumentando la capacidad de absorción de la planta, que no es micorriza, en el suelo aumentando la tolerancia a condiciones de estrés biótico, así como otras ventajas. El establecimiento de una relación simbiótica entre hongos y plantas conduce a una serie de actividades de reconocimiento que conducen a cambios morfológicos y fisiológicos en los dos organismos que interactúan. El uso de estos microorganismos es muy importante, por lo que es necesario conocer el efecto de las condiciones físico-químicas del suelo sobre los mismos para obtener mejores beneficios agrícolas. Se puede decir que la especificidad del huésped de HMA está relacionada con la respuesta de HMA a las condiciones del suelo y otras características, como el metabolismo de las plantas, la estructura de la raíz y las tácticas ecológicas fúngicas. El uso de HMA en la agricultura puede ayudar a mejorar los niveles de nutrientes en las plantas, pero las condiciones de monocultivo en los agroecosistemas pueden conducir a una disminución de la diversidad de HMA.

Palabras claves: Hongos micorrícicos arbusculares, agricultura, simbiosis, especificidad.

ABSTRACT

Importance of AMF (Shrub Mycorrhizal Fungi) in agroforestry systems in the province of Los Ríos

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are soil organisms that are symbiotic with most plants. They offer several advantages that give them an advantage over non-mycorrhizal plants, such as allowing plants to more easily take up nutrients that are not readily available or poorly mobile in the soil, avoiding the effects of pathogenic microorganisms on the roots, and increasing the absorption capacity of the plant, which is not mycorrhizal, in the soil, increasing tolerance to biotic stress conditions, as well as other advantages. The establishment of a symbiotic relationship between fungi and plants leads to a series of recognition activities that lead to morphological and physiological changes in the two interacting organisms. The use of these microorganisms is very important, so it is necessary to know the effect of the physical-chemical conditions of the soil on them to obtain better agricultural benefits. It can be said that the host specificity of AMF is related to the response of AMF to soil conditions and other characteristics, such as plant metabolism, root structure, and fungal ecological tactics. The use of AMF in agriculture can help improve nutrient levels in plants, but monoculture conditions in agroecosystems can lead to a decrease in AMF diversity.

Keywords: arbuscular mycorrhizal fungi, agriculture, symbiosis, specificity.

INDICE

RESUMEN.....	ii
ABSTRACT..	iii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	
MARCO METODOLOGICO	3
1.1. Definición del tema de 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	5
1.5.1. Aspectos generales de las micorrizas	7
1.5.2. Clases de micorrizas	7
1.5.3. Factores que afectan el desarrollo, actividad y supervivencia de los HMA 8	8
1.5.4. Simbiosis de los HMA con la planta huésped.....	8
1.6. Investigaciones realizadas	9
1.7. Hipótesis	11
1.8. Metodología de la investigación	12
CAPITULO II	
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	14
2.1. Desarrollo del caso.....	14
2.2. Situaciones detectadas (hallazgos)	14
2.3. Soluciones planteadas.....	15
2.4. Conclusiones	16
2.5. Recomendaciones	16
BIBLIOGRAFÍA	17

INTRODUCCIÓN

Los hongos micorrícicos pertenecen al grupo de *Glomeromycota* (Schüßler *et al.* 2001), su aparición se remonta hace 400 millones de años. Los arbusculos obtienen su nombre del hecho de que estos hongos tienen estructuras llamadas arbusculos, que son una de la conformación característica en las que forman hifas. Cuando los HMA están en una conexión asociativa con las raíces de las plantas, el área superficial aumenta significativamente debido a la formación de un gran número de hifas, que ayudan a las plantas a crecer en situaciones algo duras, como la sequía y el clima. (Mohammadi *et al.* 2011).

Los HMA son un grupo de microorganismos de gran importancia ya que establecen procesos simbióticos con el 80% de las plantas; en dicha simbiosis las plantas se benefician del micelio extra radical del hongo que incrementa el volumen de suelo explorado por la planta y por tanto le permite acceder a una cantidad de agua y nutrientes (Torres *et al.* 2017), especialmente de aquellos poco móviles en la solución del suelo como el caso del fósforo (P), elemento requerido por las plantas en grandes cantidades y que se encuentra generalmente en bajas concentraciones en forma de fosfatos no asimilables (Aguilera *et al.* 2007).

Se han realizado estudios para demostrar los efectos beneficiosos de los HMA en la mejora de la nutrición, el crecimiento y la adaptación de las plantas a diferentes condiciones de estrés y factores biológicos y microbiológicos. Además, encontrar un ajuste entre la diversidad de HMA y diferentes cultivos de interés en la producción comercial, y así buscar la especificidad de la asociación y los beneficios que cada tipo de HMA aporta a las plantas (Viasus 2015).

“Las adaptaciones fisiológicas que los HMA proporciona a las plantas pueden solventar el manejo de la contaminación, se ha demostrado que son bioindicadores

de la biodiversidad microbiana y también pueden restaurar suelos y ambientes excesivamente erosionados por la agricultura” (Aguirre *et al.* 2012).

La funcionalidad de los microorganismos aporta a la sostenibilidad de los agroecosistemas, favorecen significativamente a la descomposición de material vegetal donde se hospedan y se reproducen. Los microorganismos según por su hábito de vida, participan en diferentes procesos y cumplen diferentes funciones que favorecen a la nutrición vegetal, a manera general la importancia de las interacciones planta-microorganismos en la estructura de los sistemas de producción es ampliamente reconocida y dicha asociación es esencial para el crecimiento de cualquier especie vegetal (Bashan *et al.* 2015).

Por ende, el estudio de la adaptación de los consorcios micorrícicos en los sistemas de producción agroforestales más empleados en la provincia de Los Ríos, será una herramienta fundamental en la mejora de la producción de los cultivos.

CAPITULO I

MARCO METODOLOGICO

1.1. Definición del tema de caso de estudio

La presente revisión bibliográfica tendrá como finalidad la compilación de información sobre la importancia de los HMA (hongos micorrícicos arbusculares) presentes en sistemas agroforestales en la provincia de Los Ríos, puesto que estos constituyen un importante grupo funcional en la diversidad del suelo y hacen un aporte importante al rendimiento de los cultivos y la sostenibilidad de los ecosistemas por medio de novedosas estrategias de producción de cultivos.

1.2. Planteamiento del problema

Para mantener agroecosistemas complejos y estables similares a los sistemas naturales, es necesario reducir drásticamente o eliminar diversas prácticas como los monocultivos, los fertilizantes químicos, labranza convencional o el uso de herbicidas, pesticidas, manejo de plagas, esta práctica debe ser reemplazada por la diversificación del hábitat a través de la rotación de cultivos, policultivos, cultivos de cobertura, mantenimiento de la vegetación marginal, fertilizantes orgánicos, promoviendo un mejor funcionamiento de los ecosistemas agrícolas (Gómez 2007).

Para hacer un buen uso de los efectos beneficiosos que tienen los organismos presentes en el suelo, primero es necesario descubrir sus características y aclarar sus funciones. Sin embargo, este ecosistema tiene un enorme potencial para el descubrimiento de agentes biológicos (organismos, genes, proteínas, metabolitos) útiles para la agricultura, la medicina, la biotecnología, la gestión ambiental y la industria (Benítez *et al.* 2007).

En la actualidad las tareas humanas han causado perjuicios visibles en la composición y estructura del suelo, afectando primordialmente a las comunidades de microorganismos, como los HMA, los cuales se consideran de enorme importancia en los sistemas agrícolas, debido a sus mecanismos de obtención de nutrientes vitales para la planta, reducción del estrés biótico y abiótico, la competencia entre plantas y aumentando su rendimiento (Gómez *et al.* 2019).

Los sistemas agroforestales se refieren a esquemas y tecnologías de uso de la tierra en los que se utilizan deliberadamente plantas leñosas perennes, árboles, arbustos y palmeras en una disposición espacial o secuencia cronológica dentro del mismo sistema de gestión que la producción agrícola y/o ganadera. En los sistemas agroforestales, existen interacciones ecológicas y económicas entre diferentes componentes para lograr sinergias que conducen a mejoras netas en el sistema, como la productividad y la sostenibilidad, así como diversos beneficios ambientales y sociales (Sotomayor 2016).

1.3. Justificación

Dentro de las características biológicas de un suelo se encuentran los microorganismos presentes en él. Las comunidades microbianas del suelo constituyen un componente lábil de la fracción orgánica del suelo, contienen de 1 a 3% del carbono total y hasta el 5% del nitrógeno total del suelo y su importancia está asociada al desempeño de funciones de gran significación en relación con procesos de edafogénesis.

La organización de micorrizas es fundamental para la supervivencia de la planta, y la existencia de invasión de micorrizas arbusculares es una fusión servible con la planta. Tienen una utilidad ecológica: dividir y disolver los nutrientes del suelo, los más destacables son: fósforo, zinc, nitrógeno, que ofrece custodia contra patógenos y ayuda al suministro de plantas con hidratos de carbono y proteínas para el sostenimiento metabólico de los hongos (Barrer 2009).

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. Se estima que la diversidad de especies de plantas en las comunidades terrestres está determinada por la existencia de hongos micorrícicos arbusculares.

“Hay diferencias importantes con el medio ambiente en relación a humedad relativa, funcionalidad biológica y esporulación. La relación simbiótica entre los HMA y las raíces de las plantas influye decisivamente en su desarrollo” (Garzón 2016).

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Fundamentar la importancia de los HMA (Hongos Micorrizas Arbusculares) en sistemas agroforestales de la provincia de Los Ríos.

1.4.2. Específicos

- Explicar las características de los hongos micorrizas arbusculares presentes en la zona de estudio.
- Describir la influencia de los HMA en los sistemas agroforestales empleados de la zona.

1.5. Fundamentación teórica

La rizosfera es el ambiente donde ocurren las principales interacciones entre los microorganismos y las plantas. Muchas de estas relaciones afectan el desarrollo, la productividad y las labores principales de la flora circundante. Además, la materia orgánica a este nivel se descompone en cooperación con los microorganismos de la rizosfera, lo que a su vez

provoca la liberación de nutrientes en el suelo (Van Der Heijden *et al.* 2008).

Otros microorganismos rizosféricos se encargan de la captación de los nutrientes liberados, es en este grupo donde encontramos a los hongos micorrícicos arbusculares (HMA). Los HMA son simbioses obligados que colonizan, o micorrizan, aproximadamente el 80 % de plantas terrestres (Wang y Qiu 2008), rasgo característico que les permite adaptarse en diferentes ambientes, llegando a comprender del 5 al 50% de la biomasa microbiana total del suelo (Vertel y Pérez 2010).

Los sistemas de producción agrícola son una sección considerable de la incorporación de las medidas de protección del suelo. En ocasiones donde el monocultivo o los bajos niveles de diversificación del sistema agrícola dificultan el logro de los objetivos previstos, la diversificación e incorporación de las actividades agrícolas es un plan eficiente para conseguir un manejo correcto de los nutrientes y la fertilidad del suelo generalmente, de esta forma como un uso eficaz de los elementos naturales accesibles (Funes-Monzote y del Río 2002).

La abundancia relativa y la estacionalidad de HMA en muchas especies de plantas sigue siendo indeterminada, siendo esta información relevante para lograr sistemas de producción sostenibles y competitivos al asegurar que los HMA puedan llevar sus funciones benéficas para el cultivo. El papel ecológico de los HMA dentro de los agroecosistemas es información relevante para una agricultura sostenible de menor impacto ecológico (Peterson *et al.* 2004).

Las micorrizas arbusculares (MA) están en la mayor parte de los cultivos agrícolas. 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 *et al.* 2008).

1.5.1. Aspectos generales de las micorrizas

Los suelos tienen en cuenta las propiedades físicas, químicas y biológicas, cuya combinación puede provocar cambios drásticos en la disponibilidad de nutrientes para las plantas y los ciclos biogeoquímicos. Pero debido a su biología, las plantas toman nutrientes al interactuar con los microorganismos que viven en la rizosfera, a menudo llamados simbiosis (Guerra 2008).

Un alto porcentaje de plantas tienen las características de formar simbiosis micorrízica, entre las principales: Ectomicorriza y Micorriza Arbuscular. En las micorrizas arbusculares, los hongos responsables de su formación pertenecen al orden *Zygomycetes* y *Glomus*, divididos en seis géneros (*Glomus*, *Sclerocystis*, *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora* y *Scutellispora*) (Meza 2016).

1.5.2. Clases de micorrizas

Según (Smith y Read 2008) “Las micorrizas son asociaciones mutualistas entre las raíces de las plantas y los hongos del suelo, que se pueden agrupar en cuatro tipos: ectomicorriza, micorriza de orquídeas, micorriza ericoide y micorriza arbuscular”.

De acuerdo con (INVAM 2008; Souza *et al.* 2008) “En los sistemas agroforestales tropicales, los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) forman el grupo más importante. Estos hongos pertenecen al filo *Glomeromycota*”.

Según Osorio (2012), describe las principales clases de micorrizas:

1. **Ectomicorrizas:** corresponde a las relaciones simbióticas entre especies de plantas forestales y hongos basidiomicetos y ascomicetos.
2. **Endomicorrizas o micorrizas arbusculares:** se forman por la interacción entre las raíces de la mayoría de las especies de plantas, incluidas muchas plantas valiosas para la agricultura, y las raíces de los hongos *Glomeromycetes* llamados HMA.

1.5.3. Factores que afectan el desarrollo, actividad y supervivencia de los HMA

Dado que los sistemas de producción tradicionales requieren un uso excesivo de fertilizantes y pesticidas químicos, varios factores pueden afectar el desarrollo, la actividad y la supervivencia de microorganismos beneficiosos como los HMA. Además, las malas prácticas culturales como la rotación de cultivos y labranza, afectan los niveles de colonización de raíces y el potencial de las micorrizas arbusculares en campo (Guerra 2008).

“La relación simbiótica entre HMA y la planta puede variar de positiva, neutra o negativa dependiendo de la identidad del hongo, planta huésped y el contexto del medio ambiente tales como la disponibilidad de nutrientes y las prácticas agrícolas” (Bever 2002; Kilironomos 2002; Reynolds *et al.* 2005; Hoeksema *et al.* 2010).

El alto contenido de N, P, K generan cambios en la diversidad morfológica y ecológica del microbiota en la rizosfera. La diversidad de los HMA puede ser menor y más homogénea en suelos fértiles que tienen una alta relación nitrógeno/ fósforo. Sin embargo, las raíces de las plantas y el desarrollo de los HMA se ajustan principalmente a la disponibilidad de P (Ushio *et al.* 2015; Vilcatoma *et al.* 2018).

Lin *et al.* (2020) mencionan lo siguiente “El contenido de humedad del suelo puede también ser un factor ambiental que afectaría la tasa de crecimiento de raíces y las tasas de colonización de los HMA”.

1.5.4. Simbiosis de los HMA con la planta huésped

En todo el mundo, los estudios microbiológicos del suelo demostraron que los hongos micorrizicos (HMA) se están teniendo en cuenta en los procedimientos agrarios porque estos individuos tienen un gran potencial de transición de nutrientes, y la identificación de estos hongos es fundamental para hacer mejor los desempeños (Colina *et al.* 2022).

El intercambio de fitohormonas exudadas por las raíces de las plantas (Parihar *et al.* 2020), secretadas por las hifas de las HMA (Gutjahr y Parniske 2013), permite que los HMA puedan colonizar el interior de las células corticales de la planta huésped. Como resultado, la asociación simbiótica mutualista generada permite que la planta huésped adquiera nutrientes de poca movilidad en el suelo, así como la translocación de micro (Ca, Cu, Fe, Zn, Fe, y Mn) y macronutrientes (P, N, K y S) (Sathiyadash *et al.* 2017), a través de transportadores específicos expresados por la planta como respuesta a la colonización por los HMA (Salvioli y Novero 2019).

Además de la nutrición a las plantas, los HMA ofrecen más funciones ecológicas, como el incremento de la absorción de agua, resistencia contra el estrés abiótico causado por las sequías prolongadas (Auge 2001; Birhane *et al.* 2012), a altos niveles de salinidad (Evelin *et al.* 2009), o por la exposición a metales pesados (Turnau *et al.* 2010). También, los HMA promueven la resistencia al estrés biótico causado por patógenos (Sikes *et al.* 2009), y el incremento tanto de la actividad fotosintética como del crecimiento de la planta huésped.

1.6. Investigaciones realizadas

En un trabajo de investigación realizado en 5 cantones de Los Ríos se buscó identificar los géneros presentes de HMA en los suelos. Los resultados mostraron 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) siendo este sector quien tuvo el mayor porcentaje de colonización 36,96%. Las zonas de Montalvo y Vincas mostraron poblaciones medias de HMA g (Colina *et al.* 2022).

En un estudio se aisló e identificó hongos micorrízicos arbusculares asociados al sistema agroforestal del cacao. Los géneros de hongos micorrízicos arbusculares identificados son: *Gigaspora*, *Acaulospora*, *Glomus* y *Scutellospora*. Entre todos los sitios de muestreo, el género con mayor número de esporas por gramo de suelo fue *Glomus*, mientras que el género con menor número de esporas fue *Gigaspora*. Las tasas más altas de colonización micorrízica se dieron en las fincas “La Unión” y “Mi Recuerdo”, y las más bajas en “La represa” (Prieto *et al.* 2012).

El SAF-C que presentó mayor concentración de esporas de hongos MA por cada 100 gramos de suelo húmedo, fue el ubicado en la finca “La Propiedad” con un total de 2028 esporas, seguido de los SAF-C localizados en las fincas “La Represa” y “Fátima” con 1751 y 1712 esporas, respectivamente. Por otro lado, las menores poblaciones de esporas se encontraron en los SAF-C de la finca “Mi Recuerdo” con 1583 y en el de la finca “La Unión” con 1030, constituyéndose en el SAF-C con la población de esporas de hongos MA más baja.

La mayor cantidad de esporas se atrapó en el tamiz de 25 μm , seguido de los tamices de 90 μm y 425 μm , respectivamente, donde la mayor parte de esporas de hongos formadores de MA pertenecieron a los géneros *Glomus spp.*, seguido de *Scutellospora spp.*, *Acaulospora spp.* y *Gigaspora spp.* En el tamiz de 25 μm no se encontraron esporas del género *Gigaspora*, esta fue la tendencia en todos los sistemas agroforestales muestreados. En este estudio se encontraron otros géneros, como *Archaeospora*, *Entrophospora* y *Pacispora*. Esto puede deberse a las diferencias tanto climatológicas, así como a los diferentes tipos de suelo muestreados en las investigaciones (Castillo 2005).

Es importante mencionar que 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 obtengan mayor producción de biomasa, mayor crecimiento relativo, mayor supervivencia al trasplante y por ende esto se mejoraría porque se tendría una disminución considerable de gastos en insumos agrícolas: fertilizantes, agua y pesticidas.

Con las muestras de suelos tomadas antes de proceso de preparación de suelos, se identificó morfológicamente las poblaciones. 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 hongos micorrízicos identificados a nivel de laboratorio con efecto benéfico sobre el crecimiento de los cultivos fueron, en especial los géneros *Glomus*, *Acaulospora* y *Gigaspora*, los cuales tienen un potencial considerable como biofertilizantes. Estos están presentes en la gran mayoría de predios. El género *Glomus* es más frecuentemente encontrado en suelos fértiles, con altos niveles de nutrientes; al contrario de *Acaulospora* y *Gigaspora* que son más abundantes en suelos con bajo contenido o fijadores de nutrientes (Cabrera 2020).

1.7. Hipótesis

Ha= La importancia de los HMA en sistemas agroforestales es una estrategia básica en el mejoramiento de los sistemas productivos.

Ho= La importancia de los HMA en sistemas agroforestales no es una estrategia básica en el mejoramiento de los sistemas productivos.

1.8. Metodología de la investigación

Para la elaboración del presente documento se recopiló información de libros, bibliotecas virtuales, tesis de grado y postgrado, páginas web y artículos científicos que permitirán una redacción adecuada, científica y actualizada; con la finalidad de que los lectores conozcan y entiendan sobre la importancia de los HMA (Hongos Micorrícicos Arbustivos) en sistemas agroforestales de la provincia de Los Ríos.

CAPITULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

Los HMA mejoran la salud y el crecimiento de las plantas de importancia agrícola, hortícola y forestal. Las hifas producidas por los HMA en el suelo durante su asociación con la planta huésped provee una mayor absorción de nutrientes que los bellos radiculares. Además de que las plantas micorrizadas son resistentes a metales tóxicos, los patógenos de las raíces, la sequía, la salinidad y al pH adverso del suelo.

La micorriza cumple una función clave en la agricultura sostenible, si el objetivo es reducir los insumos químicos por razones ambientales y de salud, entonces se necesita restablecer los hongos micorrizogenos. Esta estrategia coincide con el punto de vista de que el grado de empobrecimiento o desaparición de la microflora MA es un indicador del descenso en estabilidad del sistema planta-suelo, de la misma forma que el nivel de estrés causado por las prácticas culturales es una medida de sostenibilidad de la agricultura.

2.2. Situaciones detectadas (hallazgos)

Las comunidades de micorrizas están en la mayor parte de los ecosistemas y están adaptadas a diferentes lugares donde habitan, pero su desarrollo o supervivencia está con limite por numerosos causantes como la falta de materia orgánica, la salinidad excesiva del suelo, la erosión por carecer de tierra vegetal y el ensuciamiento mecánico elevado o el abuso de pesticidas, primordialmente gracias a los compuestos de nitrógeno, que afectan mayormente el cuidado de las comunidades de hongos micorrícicos

La existencia de micorrizas en el suelo puede ser proveniente de la naturaleza cuando son los pobladores naturales de ese tipo de suelo, y tras su introducción cuando se aplican al suelo, inician o mantienen su desarrollo de

formación, estos crean una relación simbiótica con las plantas por medio de diferentes respuestas a los cultivos beneficiosos.

En la agricultura, el uso de micorrizas tiene un gran potencial tecnológico, ya que pueden mejorar las propiedades físicas del suelo, el desarrollo de las plantas y el reciclaje de nutrientes del suelo y hacer que los nutrientes estén más disponibles para las plantas. Por lo tanto, las especies de plantas micorrizas tienen ventajas significativas sobre las plantas no micorrizas. Por otro lado, existe un conocimiento limitado de la relación entre las condiciones del suelo y la ecología de micorrizas nativas y las relaciones simbióticas efectivas entre las plantas y estos microorganismos.

2.3. Soluciones planteadas

Evitar la mecanización intensiva de la tierra y detallar un manejo integrado de cultivos, ósea, programas de trabajo cultural que tengan un menor efecto sobre las comunidades micorrícicas e implementar un manejo de nutrientes apoyado en un estudio de suelo para evadir elementos en exceso como el nitrógeno o el fósforo que logren eliminar las características de los hongos micorrícicos, mezclado con otros procedimientos ecológicos, y evitar la utilización de pesticidas inapropiados que tienen la posibilidad de acumularse en el suelo y perjudicar su microbioma.

Es necesario aumentar el número de estos hongos para aumentar la actividad biológica del suelo agrícola, ya que estos hongos también facilitarán la solubilidad de los minerales primarios y secundarios, aumentando así su utilidad para las plantas y creando mejores condiciones para el crecimiento de las plantas.

Los HMA son muy importantes porque estos microorganismos están asociados con las plantas superiores, aunque se encuentran en el suelo, los microorganismos están subordinados a las plantas y sus funciones como productores primarios son cruciales en la descomposición de la materia orgánica y el procesamiento de los organismos algunos minerales. El metabolismo microbiano juega un papel crucial en el mantenimiento de la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas.

2.4. Conclusiones

Los estudios han demostrado la existencia de estructuras de hongos micorrícicos arbusculares como arbuscúlos, vesículas e hifas. Esto confirmó la presencia de valores altos, medios y bajos de infección de raíces y población de esporas en el suelo del área de estudio, lo que indica una alta correlación entre raíces y micorrizas. Además, esta relación está relacionada con factores que benefician la colonización y esporulación micorrícica. Los géneros identificados en las zonas de estudios fueron: *Gigaspora*, *Acaulospora*, *Glomus* y *Escutellospora*.

El género *Glomus* fue el de mayor prevalencia en todas las zonas estudios, mientras que los otros géneros presentaron niveles medios y bajos de prevalencia, donde el género *Acaulospora* fue el que presentó menor tasa de esporas en las muestras de suelo que fueron estudiadas en la zona.

Los resultados positivos de los HMA son evidentes en la transferencia de nutrientes y la custodia contra patógenos del suelo y componentes ambientales adversos, los hongos micorrícicos tienen la posibilidad de ser efectivos para incrementar el contenido sobre nutrición de las plantas, hacer mejor su desarrollo y de esta forma achicar el lapso de susceptibilidad a plagas. Esto, paralelamente, disminuye los costos asociados con el control de plagas creciendo la rentabilidad para el productor.

2.5. Recomendaciones

Fomentar la seguridad de las colonias de los hongos micorrícicos en suelos agrícolas evitando la implementación de trabajos de cultivo que afecten las características químicas e influir desfavorablemente en estas poblaciones biológicas.

Aumentar las condiciones del suelo introduciendo un programa de fertilización correcto, dado que la fertilización excesiva, primordialmente con nitrógeno, puede lograr que los hongos micorrícicos desaparezcan o mueran.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera Gómez, L., Olalde Portugal, V., Arriaga, M., Alonso, R. 2007. Micorrizas arbusculares. CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva. 14(3):300–306. ISSN: 2395-8782
- Aguirre, W., Fischer, G., & Miranda, D. 2012. Tolerance to heavy metals through the use of arbuscular mycorrhizae in cultivated plants. Colombian Journal of Horticultural Sciences. 5(1):141-154. ISSN: 2422-3719
- Auge, R. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza. pp. 3–42. doi:10.1007/s005720100097
- Barrer, S. 2009. El uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. Tesis inédita. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. p 126-132.
- Bashan, Y., Puente, E., Salazar, B., Bacilio, M., Hernández, J., Leyva, L., Romero, B., Villalpando, R. & Bethlenfalvay, G. 2015. Reforestation of eroded land in the desert: the role of growth-promoting bacteria in plants and organic matter. Equatorial Soils. p 70.
- Benítez, S., Bentley, J., Bustamante, P., Sánchez, L. C., & Corrales, L. 2007. Aislamiento de los microorganismos cultivables de la rizosfera de *Ornithogalum umbellatum* y evaluación del posible efecto biocontrolador en dos patógenos del suelo. Nova, 5(8), 147. <https://doi.org/10.22490/24629448.383>
- Bever, J. 2003. Soil community feedback and competitor coexistence: conceptual frameworks and empirical evidence. *New phytologist* 157: 465–473
- Birhane, E., Sterck, F., Fetene, M., Bongers, F., Kuyper, T. 2012. Los hongos micorrízicos arbusculares mejoran la fotosíntesis, la eficiencia del uso del agua y el crecimiento de las plántulas de incienso en condiciones de disponibilidad de agua pulsada. *ecología*; 169: 895–904. doi:10.1007/s00442-012-2258-3

- Cabrera, R. 2020. Caracterización morfológica de Hongos micorrízicos arbusculares en fincas de cinco Cantones, de la Provincia De Los Ríos. Tesis Ingeniero Agropecuario, Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador. 32p.
- Carreón, Y., Gómez, N., Martínez, M. 2008. Las micorrizas arbusculares en la protección vegetal. *Biológicas*, No. 10, pp. 60-70.
- Castillo, C. 2005. Biodiversidad y eficacia de hongos micorrízicos arbusculares en ecosistemas agroforestales del centro sur de Chile. Tesis Ph. D. Temuco, CL. Universidad de la Frontera, Chile. 124 págs.
- 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 *Scientific Reports of the: XIV Congreso Latinoamericano de Agronomía*. p22. ISBN: 978-9942-844- 72-9
- Evelin H, Kapoor R, Giri B. 2009. Hongos micorrízicos arbusculares en el alivio del estrés salino: una revisión. *Ann Bot* 104:1263–1280. doi:10.1093.
- Funes-Monzote, F; del Río, J.2002. Experiencias agropecuarias sostenibles en una finca cubana. *LEISA*. 18 (1): p.18.
- Garzón, L. 2016. Importancia de las micorrizas arbusculares (MA) para un uso sostenible del suelo en la Amazonía colombiana. *Luna Azul*, Vol. 42(1), p. 217-234.
- Gómez, A. 2007. "Components of the value of the Mediterranean landscape and the flow of ecosystem services". *Ecosystems Magazine*, 16(3), 45-53.
- Gómez, M; Andrea, O; Carolina, O; J, Héctor, R; Chaves, J; German, E; y Navia, J. 2019. Evaluation of arbuscular mycorrhizae (hma) associated with three land use systems, high Andean area of Nariño.

Guerra, B. 2008. Micorriza arbuscular. Recurso microbiológico en la agricultura sostenible. *Tecnología en Marcha*, 21(1), 191-201.

Gutjahr, C. y Parniske, M. 2013. "Cell biology and the development of the symbiosis of arbuscular mycorrhizae". *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, vol. 29, núm. 1, pp. 593-617, ISSN 1081-0706, 1530-8995, DOI 10.1146/annurev-cellbio-101512-122413.

Hoeksema JD, Chaudhary VB, Gehring CA, Johnson NC, Karst J, Koide RT, Pringle A, Zabinski C, Bever JD, Moore JC. 2010. A meta-analysis of context dependence on the plant's response to inoculation with mycorrhizal fungi. *Ecol Lett*;13(3):394–407.

INVAM (International Culture Collection of Arbuscular & Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi). 2008. Disponible en <http://invam.caf.wvu.edu/methods/cultures/GINCO.pdf>

Klironomos, JN .2002. La retroalimentación con la biota del suelo contribuye la rareza de las plantas e invasividad en las comunidades. *Naturaleza* 417:67–70. ISSN 6884

Lin, C., Wang, Y., Liu, M., Li, Q., Xiao, W., Song, X. 2020. Effects of nitrogen deposition and phosphorus addition on arbuscular mycorrhizal fungi of Chinese spruce (*Cunninghamia lanceolata*). *Scientific reports* 10(1), 1-8. doi: 10.1038/s41598-020-69213-6

Meza, F. 2016. Hongos micorrízicos de plantaciones de (melina) y su potencial como biofertilizantes en plántulas a nivel de vivero, año 2015. Tesis de postgrado. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador. 76 p.

Mohammadi, K., Khalesro, S., Sohrabi, Y., Heidari, G. 2011. Una revisión: Efectos beneficiosos de los hongos micorrícicos para el crecimiento de las plantas. *Revista de Ciencias Ambientales y Biológicas Aplicadas*. 1(9):310–319. ISSN: 2090-4215

- Osorio, N. 2012. Use of mycorrhizal fungi as a biotechnological alternative to promote nutrition and seedling growth. *Integral Soil Management and Plant Nutrition*. Vol 1. no 2. p 1-4.
- Parihar, M; Rakshit, A; Meena, V; Gupta, V; Rana, K; Choudhary, M. 2020. El potencial de los hongos micorrízicos arbusculares en el ciclo C: una revisión. *Archivos de Microbiología*. Springer Ciencia y Negocios Media Deutschland GmbH; pp. 1581–1596. doi:10.1007/s00203-020-01915-x
- Paredes, E., Colina, E., Vera, M., Gutierrez, X. 2020. Efecto de fertilización nitrogenada en maíz (*Zea mays* L.) sobre poblaciones de hongos micorrízicos, en Babahoyo. *Journal of Science and Research*. 5(CININGEC2020):1-21. E-ISSN: 2528-8083. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4424768>
- Peterson, R., Massicotte, H. y L, Melville. 2004. *Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology*. CABI. UK. p 196.
- Prieto-Benavides, O., Belezaca-Pinargote, C., Mora-Silva, W., Vallejo-Zambrano, E., Gutierrez-Lara, V., & Pinargote-Mendoza, E. 2012. Inoculación de *Brachiaria decumbens* con hongos formadores de micorriza arbuscular nativos del Trópico Húmedo Ecuatoriano. *Ciencia y Tecnología*. 4(2): 9-18. ISSN 1390-4051. doi: <https://doi.org/10.18779/cyt.v12i1.312>
- Reynolds, HL, Packer, A., Bever, JD & Clay, K. 2003. Grass-ecología de las raíces: planta–microbio–interacciones del suelo como de la estructura y dinámica de las comunidades vegetales. *Ecología* 84:2281–2291. <https://doi.org/10.1890/02-0298>
- Salvioli di Fossalunga A, Novero M. 2019. Para comerciar en el campo: los determinantes moleculares del intercambio de nutrientes de micorrizas arbusculares. *Tecnologías Químicas y Biológicas en la Agricultura*. Springer International Publishing. pp. 1–12. doi:10.1186/s40538-019-0150-7

- Sathiyadash K, Rajendran K, Karthikeyan V, Muthukumar T. 2017. Modulación de la absorción de micronutrientes vegetales por hongos micorrícicos arbusculares. *Probióticos y Sanidad Vegetal*. Singapur: Springer Singapur. pp. 337–352. doi:10.1007/978-981-10-3473-2_14
- Schüßler A., D. Schwarzott, C., Walker, T. 2001. A new fungal Phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological Research* 105:1413-1421. ISSN: 0953-7562
- Sikes BA, Cottenie K, Klironomos JN. 2009. La identidad vegetal y fúngica determina la protección patógena de las raíces de las plantas por micorrizas arbusculares. *J Ecol.*97: 1274–1280. doi:10.1111/j.1365-2745.
- Smith, S. & Read, D. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. 3er Ed. Academic Press. ISBN 9780123705266. 800 pp.
- Sotomayor, A. 2016. Introduction to agroforestry systems and the interactions between their components in A. Sotomayor and S. Barros (Eds.) *Agroforestry Systems in Chile* (Cap 1. pp. 09-56). Forestry Institute. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/21189>
- Souza FA, Lima da Silva IC, Berbara RLL .2008. Hongos micorrícicos arbusculares: Mucho más diversos de lo que se pensaba. En: Moreira FMS, Siqueira JO, Brussaard L (eds) *Biodiversidad del suelo en ecosistemas brasileños*. Editora UFLA, Lavras, pp 483–536
- Torres-Arias, Y., Fors, R. O., Nobre, C., Gómez, E. F., y Berbara, R. L. L. 2017. Production of inocula of native arbuscular mycorrhizal fungi under different environmental conditions. *Brazilian journal of microbiology*. 48(1):87–94. <https://doi.org/10.1007/s42770-022-00717-1>
- Turnau K, Ryszka P, Wojtczak G. 2010. Plantas micorrízicas tolerantes a metales: Una revisión desde la perspectiva de los residuos industriales en la región

- templada. Micorrizas arbusculares: Fisiología y Función. Springer Países Bajos. pp. 257–276. doi:10.1007/978-90-481-9489-6_12.
- Ushio M, Fujiki Y, Hidaka A, Kitayama K, Poorter L .2015. Linkage of root physiology and morphology as an adaptation to soil phosphorus impoverishment in tropical montane forests. *Functional Ecology* 29: 1235-1245. doi: 10.1111/1365-2435.12424.
- Van Der Heijden, M. G. A., Bardgett, R. D. & Van Straalen, N. M. 2008. The unseen majority: Soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *Ecol. Lett.* 11, 296–310.
- Vertel, M; Pérez, A. 2010. Evaluación de la colonización de micorrizas arbusculares en pasto *Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus. *Rev. MVZ Córdoba* 15, 2165–2174. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69318985004>
- Viasus, C. 2015. Evaluación de la especificidad entre plantas e inóculos comerciales de micorrizas para el desarrollo y producción de arveja (*Pisum sativum*). Tesis de Grado Ingeniería Agroecológica, Corporación Universitaria Minuto de Dios. Bogotá, Colombia. 46p.
- Vilcatoma-Medina, C., Kaschuk, G., Zanette, F.2018. Colonization and Spore Richness of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Araucaria Nursery Seedlings in Curitiba, Brazil. *International Journal of Agronomy*. <https://doi.org/10.1155/2018/5294295>
- Wang, B., Qiu, Y.2006. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza*. Springer. pp. 299–363. doi:10.1007/s00572-005-0033- 6