



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



TRABAJO DE TITULACIÓN

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Uso de micorrizas en el cultivo de sandía *Citrullus lanatus* L.”

AUTOR:

Jefferson Marlon Moscoso Aldaz

Tutor:

Ing. Agr. Dario Dueñas Alvarado, MAE.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2022

RESUMEN

Las micorrizas son microorganismos del suelo, que representan la asociación entre algunos hongos y las raíces de las plantas que actúan como fertilizantes, mejorando la producción agrícola. El término micorriza se utilizó en el siglo XIX para referirse a un grupo de hongos. Se involucran en simbiosis con las raíces de las plantas superiores y se estima que las micorrizas han realizado su función con las plantas durante 370 millones de años. Hoy en día hay muchos tipos diferentes de hongos micorrízicos, y la mayoría de ellos se pueden encontrar en raíces de diferentes plantas; la función de las micorrizas en las plantas, similar a los rizobios fijadores de nitrógeno en las leguminosas, es más efectiva en plantas con raíces más gruesas que aquellas con las raíces más delgadas. Lo recopilado permitió identificar que el uso de micorrizas contribuye a mejorar las características agronómicas de la planta, así como su nivel nutricional, reflejándose en el incremento de los rendimientos; las micorrizas arbusculares pueden proteger a las plantas de plagas y enfermedades, ante el ataque de varios patógenos que se encuentran en el suelo; el fenómeno de simbiosis micorrízicos ayuda al incremento de absorción de nutrientes y agua en las plantas, promoviendo mayor crecimiento y desarrollo de las plantas de sandía y la inoculación micorrizas en el cultivo de sandía al momento de la siembra, trasplante y 15 días después del trasplante, aumenta significativamente la longitud de la guía principal, el peso fresco de la planta y longitud y peso de raíces de las plantas de sandía.

Palabras claves: micorrizas, sandia, hortalizas.

SUMMARY

Mycorrhizae are soil microorganisms, which represent the association between some fungi and the roots of plants that act as fertilizers, improving agricultural production. The term mycorrhizae was used in the 19th century to refer to a group of fungi. They are involved in symbiosis with the roots of higher plants and it is estimated that mycorrhizae have performed their function with plants for 370 million years. Today there are many different types of mycorrhizal fungi, and most of them can be found on the roots of different plants; the function of mycorrhizae in plants, similar to nitrogen-fixing rhizobia in legumes, is more effective in plants with thicker roots than those with thinner roots. What was collected allowed to identify that the use of mycorrhizae contributes to improve the agronomic characteristics of the plant, as well as its nutritional level, reflected in the increase in yields; arbuscular mycorrhizae can protect plants from pests and diseases, against the attack of various pathogens found in the soil; the phenomenon of mycorrhizal symbiosis helps to increase the absorption of nutrients and water in plants, promoting greater growth and development of watermelon plants and mycorrhizal inoculation in the watermelon crop at the time of sowing, transplanting and 15 days after transplanting , significantly increases the length of the main guide, the fresh weight of the plant and the length and weight of the roots of the watermelon plants.

Keywords: mycorrhizae, watermelon, vegetables.

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	4
1.4.1. General	4
1.4.2. Específicos	4
1.5. Fundamentación teórica	4
1.5.1. Generalidades del cultivo de sandía	4
1.5.2. Importancia de las micorrizas	5
1.5.3. Beneficios de las micorrizas en los cultivos	12
1.6. Hipótesis	17
1.7. Metodología de la investigación	17
CAPÍTULO II	18
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.1. Desarrollo del caso	18
2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)	18
2.3. Soluciones planteadas	19
2.4. Conclusiones	19
2.5. Recomendaciones	20
Promover investigaciones de campo sobre la aplicación de micorrizas en el cultivo de sandía	20
BIBLIOGRAFÍA	21

INTRODUCCIÓN

La sandía *Citrullus lanatus* L., es una planta herbácea monoica cuyo origen se presume en África, donde aún hoy crece en forma silvestre. Cultivo de amplia difusión en el país y de consumo generalmente crudo como postre, resulta una fruta muy refrescante que aporta muy pocas calorías, algunas vitaminas y minerales, compuesta en más de un 90 % de agua, la hacen una fruta muy hidratante propia de la temporada de verano (Crawford 2017).

Las micorrizas, son las asociaciones simbióticas formadas entre los hongos y las raíces de las plantas, en donde ambos obtienen beneficios de vivir en una estrecha relación de mutua dependencia. Uno de los beneficios más conocidos es el intercambio nutricional, en el que la planta le da al hongo carbohidratos y el hongo a la planta nutrientes minerales del suelo. Además de la mejora nutricional y el consecuente aumento del crecimiento, los hongos micorrízicos aportan muchos más beneficios a las plantas (Dreyer 2007).

De igual forma, el uso de pesticidas y fertilizantes inorgánicos en agroecosistemas ha generado problemas ambientales por la contaminación de cuerpos de agua y su posterior eutroficación. Esto ha llevado a un creciente interés por la implementación de una fertilización ecológica, basada en el uso de microorganismos beneficiosos como las micorrizas. Sin embargo, hace falta investigar más acerca de las comunidades nativas de hongos formadores de micorrizas, el potencial micorrízico del suelo y sus niveles nutricionales, con el fin de potenciar su uso sostenible en la agricultura (Garzón 2016).

Debido a que los suelos en la Región costa son suelo desgastados y pobres en retención de nutrientes y minerales, la interacción entre micorriza-planta puede influir de algún modo la mejor eficiencia de la fisiología de las plantas, por lo tanto a fin de incrementar los rendimientos en las hortalizas, es indispensable el uso de micorrizas en vivero y campo.

A fin de incrementar los rendimientos y mejorar los ingresos de los

agricultores, el presente documento se realizó con la finalidad de fortalecer los conocimientos e identificar la importancia del el uso de micorrizas en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L.)

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente documento detalla la importancia del uso de micorrizas en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L.).

El término micorriza se utilizó en el siglo XIX para referirse a un grupo de hongos. Se involucran en simbiosis con las raíces de las plantas superiores y se estima que las micorrizas han realizado su función con las plantas durante 370 millones de años. Hoy en día hay muchos tipos diferentes de hongos micorrízicos, y la mayoría de ellos se pueden encontrar en raíces de diferentes plantas; la función de las micorrizas en las plantas, similar a los rizobios fijadores de nitrógeno en las leguminosas, es más efectiva en plantas con raíces más gruesas que aquellas con las raíces más delgadas.

1.2. Planteamiento del problema

Al igual que todos los cultivos, la sandía (*Citrullis lanatus*) necesita de un buen sistema radicular para la absorción de los macro y micro nutrientes que se les proporcionará a la largo del ciclo, ya que no siempre se desarrollan adecuadamente sus raíces y esto es un gran problema para los agricultores.

El cultivo de sandía tiene su raíz muy ramificada y que su raíz principal es profunda alcanzando hasta 1,0 m, mientras que las secundarias están distribuida superficialmente y su crecimiento es lateral llegando a alcanzar hasta 2,0 m, para obtener dichas dimensiones de raíces se debe tener un buen manejo del cultivo, para ello es necesario verificar la implantación de micorrizas, cuyo los resultados son verificados en el desarrollo fisiológico de la planta.

1.3. Justificación

Este trabajo investigativo será de gran ayuda para los agricultores de las zonas, para dar a conocer las alternativas que hay en el uso e implementación de insumos biológicos, como los son las micorrizas, que no solo debe existir cultivos a base de pesticidas químicos, que estos salen más costosos y perjudiciales para las salud de sus consumidores.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Detallar el uso de micorrizas en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L.)

1.4.2. Específicos

- Recopilar información referente a la importancia de las micorrizas en los cultivos.
- Establecer los beneficios de la micorrizas en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L.)

1.5. Fundamentación teórica

1.5.1. Generalidades del cultivo de sandia

La sandia (*Citrullus lanatus* L.), es una planta herbácea monoica, cuyo origen se presume en África, en la cual crece de forma silvestre. Es un cultivo que se adapta fácilmente, de consumo crudo como postre, refrescante que aporta pocas calorías, vitaminas y minerales, compuesta por más del 90% de agua (Valdez 2022:5).

La sandía es la especie de cucurbitáceas que ocupa uno de los primeros lugares en orden de importancia a nivel mundial, debido a los 25 millones de ha plantadas anualmente donde se producen 47,6 millones de tm. En Sudamérica se cultiva sandía en una extensión de 150 000 ha con una producción de 1,5 millones de tm, siendo Brasil con 765 000 toneladas métricas el principal productor, siguiéndole en importancia Argentina y Paraguay (Villón 2011).

En Ecuador, se sembraron 1905 ha de sandía como monocultivo, en 1788 unidades de producción agropecuarias (UPAs). La producción fue de 25818 tn. La sandía en el mercado interno se cosecha en mayor proporción en época de verano, porque en esta época la incidencia de precipitaciones es menor, en la cual hay menos posibilidades de problemas de plagas y enfermedades. La provincia del Guayas representa el 49 % de la superficie sembrada, Manabí con 44 %, Los Ríos con 3 % y Galápagos con 1 % (Curay 2020, citado por Valdez 2022:6).

1.5.2. Importancia de las micorrizas

“La microbiota realiza una serie de funciones clave para mantener la productividad, diversidad y estructura de las comunidades vegetales en el planeta, puesto que actúa como una proveedora de nutrientes que son absorbidos por las plantas” (Van der Heijden *et al.* 2008).

“En producción hortícola es de crucial importancia analizar y hacer seguimiento de la nutrición vegetal, que no es más que el proceso que permite la absorción y asimilación de los componentes para que las plantas sean capaces de crecer, desarrollarse y reproducirse” (Crawford 2017:6).

Las actividades humanas han transformado, alterado y destruido los ecosistemas naturales, lo que ha provocado la

desaparición o fragmentación de hábitats y la proliferación de especies introducidas. Además, la sobre explotación de los recursos naturales y la contaminación del suelo, el agua y el aire, han puesto en peligro de extinción a numerosas especies en todo el Planeta (Noda 2009:6).

De esta forma al momento de nutrir a una planta siempre debemos tener en consideración los factores o componentes del sistema productivo que permiten la elaboración de compuestos orgánicos: a) suelo y su contenido de sales minerales. b) agua y contenido de su solución nutritiva. c) aire y su contenido de gases (CO_2 y O_2). d) luz necesaria para la fotosíntesis y formación de compuestos orgánicos. e) la planta misma en base a su estado de crecimiento y de la sanidad del sistema radical (Crawford 2017:4).

Los fertilizantes químicos son una fuente de contaminación del suelo y las aguas subterráneas si no se utilizan de forma balanceada; es por ello que desde hace algunas décadas se trabaja con la intención de buscar alternativas más ecológicas de fertilización en las plantas, con el objetivo de preservar el ambiente (Noda 2009:5).

El uso de los biofertilizantes es una de las técnicas empleadas por el hombre para obtener elevados rendimientos en los cultivos, sin causarle daños al ambiente. Esta tecnología que está vinculada con la inclusión de microorganismos en las semillas (inoculación), tales como hongos micorrízicos, bacterias fijadoras de N_2 y/o solubilizadores de fósforo, los cuales producen efectos aditivos, de particular importancia en la productividad de los cultivos y en su mejor calidad fitosanitaria, además de aumentar el contenido de materia orgánica del suelo (Noda 2009:6).

“Entre los organismos que habitan en el suelo se pueden destacar por su

función ecológica los hongos formadores de micorrizas, los cuales pueden tener una alta incidencia en la estabilidad de ecosistemas donde las condiciones edáficas son extremas” (Martínez y Pugnaire 2009).

“Para aumentar los rendimientos de los cultivos una de las medidas más eficaces es mejorar la nutrición de las plantas. La medida más utilizada es la aplicación de fertilizantes químicos. Sin embargo estos insumos ha tenido aumentos considerables de precios” (Huang 2009).

“Estos microorganismos trabajan, básicamente, sobre el abastecimiento de nitrógeno y fósforo hacia el vegetal; también se informan otras funciones no menos importantes: desarrollo radical más abundante y efecto protector contra enfermedades fúngicas de la raíz” (Noda 2009:8).

“Los hongos micorrízicos arbusculares (HMa) son microorganismos del suelo que forman simbiosis con el 80% de las plantas terrestres, formando arbusculos, vesículas (en algunas especies) e hifas, dentro de las células corticales de las plantas que colonizan” (Berdugo 2009:14).

La actividad microbiológica edáfica puede ser llevada a cabo por asociaciones mutualistas entre hongos micorrízicos con otras especies de bacterias y hongos, por lo que de forma sinérgica pueden contribuir en el control biológico de fitopatógenos y en la estimulación del crecimiento vegetal (Cano 2011; King 2011, citado por Garzón 2016:12).

Los incrementos obligan a los productores a racionalizar su uso para reducir sus costos de producción. Esto es especialmente relevante en esta época donde existe una gran volatilidad en los precios de los productos agrícolas. Los precios a la baja pueden reducir o nulificar las ganancias (Márquez *et al.* 2012, citado por Khalil *et al.* 2015:15).

Las micorrizas arbusculares (MA) son asociaciones

ecológicamente mutualistas que se establecen entre un selecto grupo de hongos (Glomeromycota) y la gran mayoría de las plantas. Aproximadamente un 80% de las familias de plantas existentes tienen la potencialidad de formar este tipo de asociación (Cuenca *et al.* 2007:6).

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) se caracterizan por presentar un crecimiento intra e intercelular en la corteza de la raíz y por formar dos tipos de estructuras, arbusculos y vesículas, los arbusculos son hifas que se dividen dicotómicamente, son invaginados por la membrana plasmática de las células corticales y presentan periodos de vida cortos, mientras que las vesículas son estructuras de almacenamiento que se forman en la parte terminal de las hifas (Peterson *et al.* 2004).

El término “micorrizas” se emplea ampliamente para designar a los hongos implicados en su formación, aunque tal denominación no sea muy correcta. Esas mismas rutinas coloquiales han llevado a acuñar términos como “micorrizar”: poner en contacto los hongos micorrízicos con plantas y “micorrización”, para indicar el establecimiento de la simbiosis (Frank 1885, citado por Khalil *et al.* 2015:6).

Las MA son el tipo de micorrizas que forman la mayoría de las plantas de interés agrícola. En dicha asociación, el hongo forma arbusculos que son las estructuras donde se realiza el intercambio de carbono y fósforo entre el hongo y la planta. Algunos hongos micorrízicos forman vesículas en el micelio interno, las cuales son estructuras de reserva del hongo (Cuenca *et al.* 2007:6).

Las micorrizas arbusculares (MA) son las más difundidas en la corteza terrestre y forma parte del ecosistema, participando en los procesos de nutrición y fisiología de los vegetales. Es

una simbiosis de alcance universal, el 95% de las especies vegetales la establecen de forma natural en hábitats muy diversos (Sabando y Bernal 2021:4).

Las micorrizas son hongos simbióticos que colonizan las raíces de más de un 80% de las especies vegetales. Su presencia, entre otros factores, favorece un aumento de la absorción de nitrógeno y fósforo, reduce el estrés salino y el hídrico y aumenta la resistencia a determinados patógenos de sus plantas huésped. (Téllez *et al.* 2012:6).

Su distribución además de amplia, ya que se encuentran en todos los ecosistemas y suelos, puede ser muy heterogénea en un mismo sitio en cuanto a variedad y cantidad, lo que es un requisito importante para que la planta obtenga el máximo beneficio de la asociación (Berdugo 2009:4).

La colonización de las raíces con HFMA puede incrementarse en presencia de bacterias como *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas* y *Arthrobacter*, lo que permite una inhibición del crecimiento de fitopatógenos, tales como *Erwinia carotovora*, *Phytophthora infestans* y *Verticillium dahliae* (Bharadwaja *et al.* 2008).

La principal característica morfológica de estas micorrizas son los arbusculos, estructuras típicas de la colonización que el hongo desarrolla en el interior de las células de la corteza de la raíz por ramificación de sus hifas. Estas estructuras le dan el nombre de arbusculares a este tipo de micorrizas (MA) (Barea *et al.* 2016:6).

Una opción para mejorar la nutrición de las plantas manteniendo bajos los costos de cultivo es el empleo de las endomicorrizas. Algunos las consideran como los organismos

terrestres más importantes en las interacciones con los agroecosistemas. La mayoría de los cultivos presentan asociación simbiótica con estos hongos, que están involucrados en la nutrición mineral, control de patógenos y tolerancia a sequía. La estimulación del crecimiento que ocasionan es atribuible principalmente al mejoramiento de la nutrición fosfórica (Plenchette *et al.* 2005).

“La simbiosis se diferencia de otras asociaciones de hongos y plantas principalmente por su carácter mutualista. Está basada en un flujo de componentes inorgánicos desde el hongo hacia la planta y de compuestos orgánicos de la planta hacia el hongo” (Sabando y Bernal 2021:4).

Esta asociación simbiótica entre el hongo y la planta, actúa como un complemento de la raíz de la planta en la toma de nutrientes, especialmente en la absorción de P, aumento de la tolerancia a condiciones de stress abiótico, mejoramiento de la calidad del suelo, fijación de N₂ y aumento en la diversidad y productividad de las plantas en un ecosistema determinado (Azcón y Barea 1997, citado por Berdugo 2009:7).

El largo periodo de vida en común de los hongos micorrícicos y plantas simbiontes (más de 450 millones de años) ha condicionado una co-evolución de ambos, que se manifiesta por el elevado grado de mutualismo y dependencia que los simbiontes muestran entre sí. Como consecuencia de tal co-evolución, la mayoría de las plantas son “micotróficas” por naturaleza, es decir, necesitan estar micorrizadas para adquirir nutrientes del suelo de forma óptima (Barea *et al.* 2016:5).

Las estructuras del micosimbionte, que se extienden dentro de las raíces de la planta hospedadora y en el sustrato

circundante, son características distintivas de cada tipo de micorrizas y se utilizan para su identificación. Un aspecto importante de esta asociación es su universalidad, considerando que la gran mayoría de las plantas que crecen sobre la capa terrestre son capaces de desarrollarlas (Allen 1991, citado por (Sabando y Bernal 2021:6).

El crecimiento del hongo de manera asimbiótica se da entre una o dos semanas hasta que hace contacto con la raíz del hospedero, formando una estructura llamada apresorio por donde penetrarán las hifas a las células corticales de la raíz, para formar los arbusculos e incrementar el área de contacto entre la planta y el hongo (Berdugo 2009:6).

Los hongos se mantiene en el suelo en forma de esporas, redes de micelio, o colonizando raíces activas o fragmentos de estas que permanecen en el suelo. Estos son los propágulos capaces de iniciar la formación de una nueva micorriza de forma natural (Barea *et al.* 2016:9).

Pese a mostrar muchas similitudes en cuanto a función y en algunos casos morfología, se pueden conocer cinco tipos principales de micorrizas con base en las estructuras formadas y a la naturaleza de los simbiosomas implicados: Formadoras de manto (ectomicorrizas); Arbusculares (endomycorrizas); Orquidoides (endomycorrizas); Ericoides (endomycorrizas) y, Arbutoides (ectendomycorrizas) (Sabando y Bernal 2021:5).

Cuando las plantas son invadidas por microorganismos del suelo, se inician una serie de cambios fisiológicos y bioquímicos que no ocurren cuando un HMA coloniza la planta, esto soporta la hipótesis de que el hongo emite

señales que reconoce la planta para que esta no inicie una reacción de defensa (Gadkar 2001, citado por Berdugo 2009:8).

Existe interés en esta simbiosis, ya que se ha demostrado efectos en el aporte de nutrientes y agua a las plantas, además, en la protección de estas frente a agentes o situaciones que causan estrés a los cultivos. Entre los microorganismos se destacan las micorrizas, que son asociaciones mutualistas entre los hongos del suelo y raíces de las plantas (Miranda *et al.* 2021:7).

1.5.3. Beneficios de las micorrizas en los cultivos

En los suelos viven una gran diversidad de microorganismos, muchos de estos desarrollan actividades beneficiosas para los cultivos. Dentro de este grupo de organismos microscópicos inciden hongos que colonizan las raíces y establecen así unas relaciones simbióticas con las plantas (Miranda *et al.* 2021:6).

Cuando las micorrizas están en contacto con el suelo participan en la formación de agregados por medio de la adhesión de moléculas de glomalina, esta molécula esta compuestas por glicoproteínas en las hifas de las micorrizas y sirven como almacenamiento del carbono que se encuentra en el suelo (Peña 2010).

Los HMVA, también llamados endomicorrizas, reciben su nombre al formar estructuras fúngicas con las células corticales de la raíz. Los arbusculos son los sitios de intercambio de nutrimentos entre hongos y plantas. Dentro de esta simbiosis, el hongo provee a la planta de nutrimentos inorgánicos como fósforo, nitrógeno y potasio y en correspondencia la planta le suministra fotosintatos como

fructosa y glucosa para ser usados en su metabolismo (Alarcón 2008).

En esta simbiosis, el hongo cubre sus demandas de carbono e incrementa la absorción de agua y minerales en la planta, tomando principalmente elementos de lenta difusión tales como fósforo, zinc y cobre, favoreciendo su crecimiento y contribuyendo a la estructuración de las comunidades vegetales, la sostenibilidad, la funcionalidad y mantenimiento de ecosistemas naturales, incluyendo los degradados, siendo útiles para la naturaleza y el hombre (Miranda *et al.* 2021:5).

Las micorrizas gracias a esta partícula ayudan a darle una buena estructura y estabilidad al suelo, al realizar esta acción se genera una reducción de la erosión y la capacidad de campo, se dice entonces que el uso de micorrizas puede aumentar la movilidad de los elementos presentes en el suelo hasta 40 veces más en las plantas, ya que los pelos radiculares que generan las micorrizas en las plantas representan un diámetro de adsorción más amplio (Peña 2010).

Una alternativa a este tipo de manejo es el uso de micorrizas, las que han demostrado ser capaces de ayudar a las plantas en su desarrollo e incrementan su resistencia a enfermedades. Las micorrizas entran en simbiosis con las raíces de las plantas formando un micelio fúngico que se adhiere a la planta, funcionando como un sistema de absorción que se extiende por el suelo y proporciona agua y nutrientes a las plantas protegiendo las raíces contra algunas enfermedades. El hongo por su parte recibe de la planta azúcares provenientes de la fotosíntesis (Salmerón y Medina 2009:3).

En algunas especies de endomicorrizas se forman vesículas, que son estructuras intraradicales que almacenan reservas que pueden ser usadas en periodos de condiciones adversas. Algunas endomicorrizas producen esporas intraradicalmente, mientras que la mayoría las producen de manera extracelular. Las esporas son las principales estructuras de propagación y resistencia de los HMVA durante periodos desfavorables (Alarcón 2008, citado por Khalil *et al.* 2015:7).

Actualmente son bien conocidos los efectos beneficiosos de las MA, los cuales comprenden la mayor absorción de elementos poco móviles en el suelo como el fósforo, cobre y zinc por parte de las plantas micorrizadas en comparación con las no micorrizadas. Además, gracias al uso más eficiente que hacen las plantas micorrizadas de los nutrientes del suelo, permiten ahorrar fertilizantes químicos y reducir por consiguiente los problemas de contaminación que el uso excesivo de fertilizantes conlleva (Cuenca *et al.* 2007:6).

Estos organismos, además, de incrementar la producción, favorecen la resistencia al estrés hídrico incrementan la producción de clorofila y ejercen influencia sobre la resistencia de las plantas sobre su capacidad de sobrevivir en condiciones adversas, lo que ha sido fundamentado, por diferentes autores donde corroboran que las micorrizas incrementan en las plantas la capacidad de absorción de nutrientes (Miranda *et al.* 2021:3).

Las asociaciones micorrícicas se ha centrado en los efectos de la simbiosis en plantas individuales, en particular, en la mejora de adquisición de nutrientes minerales disueltos, como fósforo (P). Esta contribución se torna fundamental en el establecimiento y crecimiento vegetal de plantas que se desarrollan en condiciones adversas como zonas áridas con baja fertilidad (Seguel 2014:6).

“Las micorrizas pueden aumentar los rendimientos de los cultivos en los que se hallan. Su efecto sobre los gases de efecto invernadero es variable debido a los múltiples procesos en los que intervienen” (Téllez *et al.* 2012:7).

Las micorrizas viven en simbiosis con la mayoría de las plantas y los hongos benéficos, que incrementan el volumen de la raíz y, por tanto, permiten una mayor exploración de la rizosfera. Son considerados los componentes más activos de los órganos de absorción de los nutrientes de la planta, la que a su vez provee al hongo simbiote de nutrientes orgánicos y de un nicho protector (Noda 2009:7).

La agricultura orgánica es un importante instrumento para mejorar la calidad de los suelos degradados por uso intensivo de productos químicos y/o pobres en su fertilidad. El uso de agentes biológicos como biopesticidas o biofertilizantes es una parte integral de la agricultura orgánica, especialmente en el cultivo de hortalizas. La simbiosis además de contribuir positivamente en las plantas mediante su rol biorregulador y bioprotector, ha demostrado un efecto positivo en la respuesta de plantas cuando se utilizan especies de HMA como biofertilizantes (Seguel 2014:5).

Entre las ventajas proporcionadas por la micorrización, la planta es capaz de explorar más volumen de suelo del que alcanza con sus raíces, además las hifas del hongo también capta con mayor facilidad ciertos elementos (fósforo, nitrógeno, calcio y potasio) y agua del suelo. La protección brindada por el hongo hace que, además, la planta sea más resistente a los cambios de temperatura y la acidificación del suelo, derivada de la presencia de azufre, magnesio y aluminio. Además, algunas reacciones fisiológicas del hongo

inducen a la raíz a mantenerse activa durante más tiempo que si no estuviese micorrizada (Nogales 2005).

Una mejor asimilación de los nutrientes en las plantas, que facilita el aumento de la producción y mayor calidad biológica de estas. Además una mayor tolerancia de las plantas frente a muchos factores de estrés: sequía, desequilibrio en el pH, altos contenidos de sales, exceso de vientos entre otros. Esto se debe a que facilita una adecuada evapotranspiración de la planta y un mejor funcionamiento fisiológico de las plantas (Salmerón y Medina 2009:8).

Se determinó que existen diferencias significativas en desarrollo del tallo, raíz, área foliar en vivero y en campo número de flores, número de frutos por planta y peso del fruto por planta, el mejor tratamiento donde la dosis es más alta, además, cuando aumenta la dosis de micorrizas del producto Biofertmex en suspensión se observan mejores resultados en las plantas (García 2020:3).

de granos, a través de la incorporación de fósforo y otros nutrientes. Se conoce también de la producción de fitohormonas y la mejora en la estructura del suelo (Miranda *et al.* 2021:6).

Las micorrizas desempeñan un papel importante en la toma del P presente en los suelos principalmente en las zonas tropicales donde las cantidades de P asimilables a las plantas son frecuentemente bajas. Además del efecto directo sobre el crecimiento de las plantas, el favorecimiento en la absorción del K, aumenta el crecimiento de las raíces y la fijación biológica de N en plantas, el cual es deficiente en la mayoría de los suelos tropicales (Salmerón y Medina 2009:4).

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. Algunas de estas funciones son: a) prolongar el sistema radical de las plantas lo que facilita una mayor retención física de partículas del suelo, y evita la erosión causada por el agua; b) regenerar suelos degradados, ya que al facilitar el mejoramiento de su estructura, se incrementa sus posibilidades de retención de humedad, aireación y descomposición de la materia orgánica y c) movilizar una gran cantidad de nutrientes que antes no estaban a disposición de las plantas. En la medida que los suelos sean menos fértiles, se necesitarán más estructuras fúngicas para lograr una mayor eficiencia micorrícica (Sabando y Bernal 2021:7).

La inoculación con Micorriza Vesículo Arbusculares (MVA) en sandía al momento de la siembra, trasplante y 15 días después del trasplante (55 g), incrementa significativamente la longitud de la guía principal, el peso fresco de la planta y longitud y peso de raíces de las plantas de sandía (Salmerón y Medina 2009:9).

1.6. Hipótesis

Ho= no es indispensable el uso de micorrizas en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L.).

Ha= es indispensable el uso de micorrizas en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L.).

1.7. Metodología de la investigación

Correspondiente al componente práctico del trabajo integral de las modalidades de grado, este documento se ha desarrollado recopilando

información de bibliotecas virtuales, textos actualizados, revistas y artículos, presentaciones, congresos y toda la literatura bibliográfica que contribuyó al desarrollo de este estudio documental.

La información recolectada fue objeto de procesos de análisis, síntesis y generalización, en los que se discutió la aplicación de hongos micorrízicos en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L.).

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

La recopilación de información, detallada en el presente documento demuestra el Uso de micorrizas en el cultivo de sandía *Citrullus lanatus* L.

Las micorrizas son microorganismos del suelo, que se asocian entre algunos hongos y las raíces de las plantas para dar una mejor fertilización a las plantas y mejorar la producción y futuras cosechas.

2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)

La sandía es una de las hortalizas de mayor consumo tanto mundial, nacional como local.

Entre los microorganismos presentes en el suelo se pueden distinguir los hongos micorrízicos, los cuales pueden ser de gran ventaja para estabilizar ecosistemas con condiciones aluviales duras y contribuir al aumento de los rendimientos.

Los microorganismos forman moléculas, estructuras en las que se intercambia carbono y fósforo entre hongos y plantas.

La micorriza cubre la necesidad de carbono y aumenta la capacidad de la planta para absorber agua y minerales, eliminando principalmente elementos de lenta difusión como fósforo, zinc y cobre, favoreciendo su crecimiento.

2.3. Soluciones planteadas

Implementar el uso de micorrizas arbusculares, especialmente en los cultivos de hortalizas como la sandía.

Establecer mecanismos para que los agricultores apliquen los productos a base de hongos arbusculares.

Generar propuestas con productos orgánicos que mitiguen el impacto ambiental y de suelo por el uso indiscriminado de pesticidas químicos.

2.4. Conclusiones

El uso de micorrizas contribuye a mejorar las características agronómicas de la planta, así como su nivel nutricional, reflejándose en el incremento de los rendimientos.

Las micorrizas arbusculares pueden proteger a las plantas de plagas y enfermedades, ante el ataque de varios patógenos que se encuentran en el suelo.

El fenómeno de simbiosis micorrízicas ayuda al incremento de absorción de nutrientes y agua en las plantas, promoviendo mayor crecimiento y desarrollo de las plantas de sandía.

La inoculación micorrizas en el cultivo de sandía al momento de la siembra, trasplante y 15 días después del trasplante, aumenta significativamente la longitud de la raíz principal, dando un mejor fruto a la hora de cosecha, con un mejor peso y longitud del fruto de la planta de sandía.

Una alternativa a este tipo de manejo es el uso de micorrizas, las que han demostrado ser capaces de ayudar a las plantas en su desarrollo e incrementan su resistencia a enfermedades.

Siendo la sandía una fruta de considerable consumo por los ecuatorianos

es una buena alternativa el uso del hongo mencionado.

Entre los beneficios más visibles de la formación de las micorrizas se encuentra la capacidad de los hongos para estimular en las plantas hospederas un mayor tamaño y producción.

Estos organismos, además, de incrementar la producción, favorecen la resistencia al estrés hídrico incrementan la producción de clorofila y ejercen influencia sobre la resistencia de las plantas sobre su capacidad de sobrevivir en condiciones adversas

2.5. Recomendaciones

Promover investigaciones de campo sobre la aplicación de micorrizas en el cultivo de sandía.

Aplicar productos micorrizas en el cultivo de sandía, para lograr incrementar los rendimientos.

Capacitar a los agricultores sobre el uso de productos orgánicos amigables con el ambiente.

Utilizar medios orgánicos como hongos micorrízicos para fertilizar nuestros cultivos.

Incentivar a los agricultores de la zona a reemplazar los pesticidas químicos por la agricultura orgánica.

El uso de micorrizas va contribuir directamente con la salud de la humanidad en general, ya que es un hongo de uso orgánico, de esta manera se va a disminuir el uso indiscriminado de pesticidas en los diferentes cultivos.

Por medio de los ministerios de agricultura emitir valores exactos para llevar un cultivo de sandía con medios orgánicos y con el uso de micorrizas, de

esta manera los agricultores se darán cuenta el costo de inversión y las ganancias que obtendrán a cosecha.

Con la ayuda de las autoridades competentes disminuir los impuestos otorgados a quienes vendan productos orgánicos, de esta manera existirán más agro servicios donde expendan insumos para la agricultura ecológica.

BIBLIOGRAFÍA

- Barea, J. M., Pozo, M. J., Azcón-Aguilar, C. 2016. Micorrizas. Agricultura. Disponible en <https://grupos.eez.csic.es/mycostress/wp-content/uploads/2021/04/Significado-y-aplicacion-de-las-micorrizas-en-Agricultura-Barea-et-al-2016.pdf>
- Berdugo, S. E. B. 2009. El uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. *Bioteología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 7(1), 123-132. Disponible en <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/bioteologia/article/view/706/334>
- Crawford, H. 2017. Manual de manejo agronómico para cultivo de sandía. Disponible en https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/31533/INIA_Libro_0058.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cuenca, G., Cáceres, A., Oirdobro, G., Hasmy, Z., Urdaneta, C. 2007. Las micorrizas arbusculares como alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales. *Interciencia*, 32(1), 23-29. Recuperado en 21 de septiembre de 2022, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007000100006&lng=es&tlng=es.
- Dreyer, B. 2007. La investigación de las micorrizas en El Salvador: una versión para el desarrollo de la agricultura. *Dreyer, B.(2007). La investigación de las*

micorrizas en El Salvador: una versión para el desarrollo de la agricultura. El Salvador Ciencia y Tecnología, 12 (16), 15-22. Disponible en <http://www.redicces.org.sv/jspui/handle/10972/2346>

- García Bernal, N. D. 2020. Evaluación del Efecto de la Aplicación del Hongo Micorrístico *Glomus* sp. del Producto Biofertmex en Suspensión Concentrada de Minerales Exclusivos SA Sobre Plántulas del Cultivo de Patilla (*Citrullus lanatus*) en Vivero y en Campo Sobre el Municipio de Villavicencio-Meta. Disponible en <https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/handle/001/1628/EVALUACION%20DEL%20EFECTO%20DE%20LA%20APLICACION%20DEL%20HONGO%20MICORR%C3%8DCICO%20GLOMUS%20SP.%20DEL%20PRODUCTO%20BIOFERTMEX%20EN%20SUSPENSION%20CONCENTRADA%20DE%20MINERALES%20EXCLUSIVOS%20S.A.%20SOBRE%20PLANTULAS%20DEL%20CULTIVO%20DE%20PATILLA%20%28CITRULLUS%20IANATUS%29%20EN....pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Garzón, L. P. 2016. Importancia de las Micorrizas Arbusculares (Ma) para un uso sostenible del suelo en la amazonia colombiana. *Revista Luna Azul (Online)*, (42), 217-234. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n42/n42a14.pdf>
- Khalil, A., Márquez, S., Ayala, A. 2015. Los usos y beneficios de las micorrizas en la agricultura. *Desarrollo y tecnología*, 243-265. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Elizabeth-Acosta-2/publication/280114658_Sistema_Agroforestal_establecido_en_suelos_de_l_Distrito_de_Riego_028_Tulancingo_Hidalgo/links/55aaeec408aea994672418e1/Sistema-Agroforestal-establecido-en-suelos-del-Distrito-de-Riego-028-Tulancingo-Hidalgo.pdf#page=244
- Miranda, D., Vigil, P., Ravelo, K. 2021. Efecto de las micorrizas arbusculares sobre la fase inicial de crecimiento de *Zea mays* L. *Avances*, vol. 23, núm. 3. Instituto de Información Científica y Tecnológica. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/6378/637869395004/637869395004.pdf>
- Noda, Yolai. 2009. Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. *Pastos y Forrajes*, 32(2), 1. Recuperado en 21 de septiembre de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-

