



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



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

TRABAJO DE TITULACIÓN

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

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

Importancia de los hongos micorrizos en la producción del
cultivo de maíz (*Zea mays*) en el Ecuador.

AUTOR:

Bryant Manuel Carcelén Ormeño

TUTOR:

Ing. Nessar Enrique Rojas Jorgge, M.Sc

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2023

RESUMEN

Este trabajo investigativo abordó el tema relacionado al uso de las micorrizas como biofertilizante en el cultivo de maíz para mejorar los resultados de rendimiento y productividad de esta gramínea, especialmente en lugares donde se dificulta, por varios factores, la asimilación de los nutrientes. El objetivo principal de esta investigación fue establecer la importancia de los hongos micorrizos en el cultivo de maíz en el Ecuador por medio de un enfoque metodológico de carácter bibliográfico a fin de recopilar información utilizando diferentes fuentes de información fiables. El desarrollo de la perspectiva teórica se obtuvo mediante análisis, síntesis y resumen, de la información obtenida, empleando técnicas de investigación exploratoria y explicativa. Acorde a los datos obtenidos, se tuvo como resultados que la inoculación con micorrizas arbusculares a la semilla o la raíz, aumenta significativamente el rendimiento y la productividad del maíz en comparación con los tratamientos testigos donde no se empleó micorrizas; de igual manera se evidenciaron resultados alentadores con respecto a variables de absorción de nutrientes, inserción de semillas, rendimiento y análisis económico. Se concluyó entonces que el uso de micorrizas en el cultivo de maíz en Ecuador actualmente pasaría a ser una estrategia prometedora, con un enorme potencial para mejorar su producción de manera sostenible y reducir el impacto ambiental.

Palabras claves: Biofertilizante, Micorrizas, Endomicorrizas, Ectomicorrizas.

SUMMARY

This investigative work addressed the issue related to the use of mycorrhizae as a biofertilizer in corn cultivation to improve the yield and productivity results of this grass, especially in places where the assimilation of nutrients is difficult, due to various factors. The main objective of this research was to establish the importance of mycorrhizal fungi in the cultivation of corn in Ecuador through a bibliographic methodological approach in order to collect information using different sources of reliable information. The development of the theoretical perspective was obtained through analysis, synthesis and summary of the information obtained, using exploratory and explanatory research techniques. According to the data obtained, it was found that inoculation with arbuscular mycorrhizae to the seed or root significantly increases the yield and productivity of corn compared to control treatments where mycorrhizae were not used; In the same way, encouraging results were evidenced with respect to variables of nutrient absorption, seed insertion, yield and economic analysis. It was then concluded that the use of mycorrhizae in the cultivation of maize in Ecuador would currently become a promising strategy, with enormous potential to improve its production in a sustainable manner and reduce environmental impact.

Keywords: Biofertilizer, Mycorrhizae, Endomycorrhizae, Ectomycorrhizae.

INDICE

| | |
|--|-----|
| RESUMEN..... | II |
| SUMMARY..... | III |
| 1. CONTEXTUALIZACIÓN..... | 1 |
| 1.1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 2 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN..... | 2 |
| 1.4. OBJETIVOS | 3 |
| 1.4.1. Objetivo General | 3 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos | 3 |
| 1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN | 3 |
| 2. DESARROLLO | 4 |
| 2.1. MARCO CONCEPTUAL..... | 4 |
| 2.1.1. Generalidades del Cultivo de Maíz..... | 4 |
| 2.1.2. Importancia del Cultivo de Maíz..... | 6 |
| 2.1.3. Etapas fenológicas del maíz | 7 |
| 2.1.4. Cultivo de Maíz en el Ecuador | 8 |
| 2.1.5. Micorrizas..... | 9 |
| 2.1.6. Importancia de las Micorrizas..... | 9 |
| 2.1.7. Clasificación de las Micorrizas | 10 |
| 2.1.8. Formas de Aplicación de las Micorrizas | 12 |
| 2.1.9. Micorrizas en Maíz..... | 13 |
| 2.1.10. Micorrizas en diferentes tipos de suelo..... | 13 |
| 2.2. MARCO METODOLÓGICO | 15 |
| 2.2.1. Métodos de investigación | 15 |
| 2.3. RESULTADOS..... | 16 |
| 2.4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS | 18 |
| 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 20 |

| | | |
|------|---------------------------------|----|
| 3.1. | CONCLUSIONES..... | 20 |
| 3.2. | RECOMENDACIONES..... | 21 |
| 4. | REFERENCIAS Y ANEXOS | 23 |
| 4.1. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 23 |
| 4.2. | ANEXOS | 30 |

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

El cultivo del maíz (*Zea mays* L.), es calificado como una de las gramíneas que tiene mayor importancia para la agricultura en el Ecuador, para la alimentación humana y animal. La producción mundial de la gramínea tuvo un incremento de 33 millones de toneladas en el 2017 ubicándose en 601 millones de toneladas proporcionadas con adecuados manejos nutricionales (FAO 2022).

La siembra del cultivo de maíz de mayor importancia se encuentra en las provincias de Los Ríos, Guayas y Manabí; en estas se agrupan algo más del 81,9 % del total del área sembrada. A nivel nacional la superficie cosechada de maíz duro seco fue 365.334 hectáreas, con una producción de 1,3 millones de toneladas, registrando un crecimiento del 7,8 % con relación al año 2017. En la provincia de Los Ríos se cultivan 146134 hectáreas aproximadamente (ESPAC 2018).

En los suelos maiceros vive un sin número de microorganismos, (buenos y malos). Una vez que se produce la instalación de una micorriza en las raíces del cultivo, se produce una ampliación de la superficie de captación de nutrientes. Como consecuencia, se aumenta la eficiencia en la absorción de nutrientes esenciales, como, por ejemplo, nitrógeno, magnesio o zinc entre otros. Asimismo, también se reduce la posibilidad de que otros hongos patógenos puedan colonizar y afectar a la planta (García 2019).

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 de granos, a través de la incorporación de fósforo y otros nutrientes. Por su parte, el hongo consigue como beneficios una mayor cantidad de carbohidratos y vitaminas procedentes de las plantas (Acosta 2021).

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 conocidas como micorrizas (Castro *et al* 2017)

El presente documento tiene como finalidad conocer un poco más sobre los beneficios de las micorrizas en un cultivo de maíz (*Zea mays*) para obtener un mejor rendimiento y una productividad óptima para el cultivo.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cultivo de maíz, es uno de los más conocidos, utilizado y cultivado por cada parte del sector agrícola, sin embargo, existen ciertos factores que aquejan a este cultivo por el cual hoy en día puede llegar a no ser tan rentable, la calidad de los suelos es uno de ellos, ya que con suelos con baja cantidad de nutrientes o presencia nula de microorganismos beneficios para la planta, se verá afectado en la producción final que podamos tener.

En la actualidad uno de los problemas generales del cultivo es la utilización indiscriminada de los fertilizantes, para así poder otorgar los nutrientes y minerales que no se obtienen del suelo debido a que estos no se encuentran en una óptima calidad y a su vez esto aumenta los costos generales del cultivo, es por esto que se debe de implementar variantes naturales para potenciar el cultivo de forma orgánica.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La presencia de micorrizas en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), proporcionará beneficios para que este pueda obtener un mejor rendimiento y una mayor productividad, la cual beneficiará al productor para que su cultivo se vuelva rentable, la presente investigación tiene como fin reconocer cada uno de los beneficios aportados por las micorrizas a la planta y los suelos sembrados.

El cultivo de maíz obtendrá varios beneficios con la utilización de micorrizas, las principales serían que mejora la asimilación de nutrientes para que así la planta se pueda desarrollar de manera adecuada, ayuda a optimizar el sistema radicular de nuestra planta, esto genera una mejor absorción de minerales además de obtener una buena fijación de la planta, estos agentes benéficos pueden ayudar a proteger la planta de patógenos y nematodos que afectarían a su producción.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

- ❖ Establecer la importancia de los hongos micorrizos en el cultivo de maíz en el Ecuador

1.4.2. Objetivos Específicos

- ❖ Describir la importancia de las micorrizas en el cultivo de maíz (*Zea mays*).
- ❖ Identificar el consorcio micorrizo más integrado en los sistemas de producción de maíz

1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Este trabajo de investigación va encaminado hacia el dominio de “Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología de la Universidad Técnica de Babahoyo. carrera de Agropecuaria que pertenece a la Facultad de Ciencias Agropecuarias. Para la Facultad de Ciencias Agropecuarias se direcciona a la línea de “Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable”, enfocándose en la sublínea de “Agricultura Sostenible y Sustentable”. Todo esto debido a que la información sobre el uso de micorrizas en el cultivo de maíz, se lo podrá implementar con el fin de obtener mejores resultados en términos de rendimiento y productividad.

2. DESARROLLO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Generalidades del Cultivo de Maíz

El maíz es un cultivo originario de América, específicamente de la región conocida como Mesoamérica, que abarca parte de lo que hoy es México y América Central. El maíz se ha cultivado en estas regiones desde hace más de 5000 años y ha sido un alimento básico para muchas culturas indígenas de América (Carrillo 2019).

Los pueblos indígenas de Mesoamérica desarrollaron diversas variedades de maíz a lo largo del tiempo, adaptándolo a diferentes condiciones climáticas y de suelo. Con el tiempo, el maíz se extendió a otras regiones de América y luego al resto del mundo, convirtiéndose en uno de los cultivos más importantes a nivel global (Acosta 2009).

La taxonomía del maíz según Sánchez y Pérez (2015) es la siguiente:

Reino:Plantae (plantas)

División: Magnoliophyta (plantas con flores)

Clase:Liliopsida (monocotiledóneas)

Orden:Poales

Familia:Poaceae (gramíneas)

Género: Zea

Especie:*Zea mays*

Además, hay muchas variedades de maíz, que se diferencian en características como el color del grano, la forma de la mazorca, la altura de la planta, la resistencia a enfermedades y plagas, entre otros factores más.

En cuanto a la morfología del maíz, la raíz es la parte de la planta que se encuentra debajo del suelo y es responsable de absorber los nutrientes y el agua del suelo. Las raíces del maíz son fibrosas y

pueden crecer hasta 1 metro de profundidad. El tallo es la parte de la planta que soporta las hojas, la mazorca y las raíces. El tallo del maíz es grueso y puede crecer hasta 3 metros de altura (Gaucho 2018).

Las hojas del maíz son largas y estrechas, y crecen en el tallo. Las hojas son de color verde oscuro y tienen una textura rugosa. La mazorca es la parte más conocida del maíz, es un conjunto de granos que se encuentran juntos en un eje central. La mazorca del maíz está envuelta por hojas llamadas hojas de la mazorca (García 2019).

El estigma es la parte femenina de la flor del maíz. Se encuentra en el extremo superior de la mazorca y es responsable de recibir el polen de la flor masculina. Las flores masculinas del maíz se encuentran en la parte superior del tallo y están agrupadas en estructuras llamadas “panículas”. Las flores masculinas son responsables de producir el polen que se deposita en el estigma (Acosta 2021).

“Las semillas del maíz son los granos que se encuentran en la mazorca. Cada grano está envuelto en una capa protectora llamada pericarpio y contiene nutrientes como carbohidratos, proteínas y grasas” (Gaucho 2018).

El maíz presenta una gran variabilidad morfológica, tanto en el tamaño y forma de la planta como en el tamaño y forma de los granos. Esta variabilidad se debe a la existencia de numerosas razas y variedades cultivadas en todo el mundo, que han sido seleccionadas por los agricultores a lo largo de miles de años para adaptarse a diferentes condiciones climáticas, de suelo y de uso (Bolivia y Singaña 2019).

El maíz es un cultivo importante en todo el mundo y requiere ciertas labores agrícolas para su correcto crecimiento y desarrollo. Algunas de las labores que Torres (2018) destaca en maíz incluyen:

Preparación del suelo: Antes de sembrar el maíz, es importante preparar el suelo para asegurar una buena germinación y crecimiento. Esto puede implicar arar,

roturar o cultivar el suelo para aflojarlo y eliminar malezas y residuos de cosecha anterior.

Siembra: La siembra del maíz debe realizarse en el momento adecuado, cuando las temperaturas son cálidas y el suelo está lo suficientemente caliente. La siembra se puede realizar a mano o mediante el uso de una sembradora.

Riego: El maíz requiere una cantidad adecuada de agua para crecer y desarrollarse correctamente. El riego debe realizarse de manera regular, especialmente durante períodos de sequía.

Fertilización: El maíz requiere nutrientes para crecer y desarrollarse adecuadamente. Se pueden aplicar fertilizantes antes de la siembra o durante el crecimiento de la planta para proporcionar los nutrientes necesarios.

Control de malezas: Las malezas pueden competir con el maíz por nutrientes y agua, por lo que es importante controlarlas para asegurar un buen crecimiento del cultivo. Esto se puede lograr mediante el uso de herbicidas o mediante el control manual.

Control de plagas y enfermedades: Las plagas y enfermedades pueden afectar el crecimiento del maíz y reducir el rendimiento del cultivo. Se pueden aplicar pesticidas y fungicidas para controlar las plagas y enfermedades.

Cosecha: El maíz se puede cosechar una vez que las mazorcas están maduras y los granos están secos. La cosecha se puede realizar a mano o mediante el uso de una cosechadora.

2.1.2. Importancia del Cultivo de Maíz

“El maíz es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, tanto para consumo humano como para uso animal. Se cultiva en muchos países de todo el mundo, y es especialmente importante en América Latina, Estados Unidos y África” (Mendoza 2017).

Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en el año 2020 se produjeron alrededor de 1.13 mil millones de toneladas de maíz en todo el mundo. Los cinco principales países productores de maíz en el mundo son Estados Unidos, China, Brasil, Argentina y Ucrania (Erazo *et al.* 2020).

En conjunto, estos cinco países representan más del 70% de la producción mundial de maíz. Estados Unidos es el mayor productor de maíz del mundo, con una producción anual de alrededor de 360 millones de toneladas, seguido de China con aproximadamente 270 millones de toneladas y Brasil con alrededor de 100 millones de toneladas (Erazo *et al.* 2020).

El maíz es uno de los cultivos más importantes en Sudamérica, tanto en términos de producción como de consumo. Los principales países productores de maíz durante el año 2021 en Sudamérica son Brasil en primer lugar con una producción de alrededor de 100 millones de toneladas, seguido por Argentina con 51 millones de toneladas y Colombia en tercer lugar con 1,5 millones (Pastor y Gil 2022).

2.1.3. Etapas fenológicas del maíz

El ciclo fenológico del maíz según lo describe Erazo *et al.* (2020) son las siguientes:

Emergencia: En esta etapa, la planta emerge del suelo y las primeras hojas verdaderas comienzan a desarrollarse. Es importante para el crecimiento temprano de la planta y la captura de luz solar.

Desarrollo vegetativo: Durante esta fase, el maíz experimenta un crecimiento vegetativo significativo. Se producen nuevas hojas, el tallo se alarga y se desarrolla el sistema radicular. El objetivo principal es aumentar la biomasa y la capacidad fotosintética.

V6 (6 hojas desarrolladas): En esta etapa, la planta de maíz generalmente tiene seis hojas completamente desarrolladas. Es un momento crítico para la nutrición y el manejo de plagas, ya que el crecimiento se vuelve más rápido y la planta necesita nutrientes adicionales.

V12 (12 hojas desarrolladas): En esta etapa, la planta de maíz tiene doce hojas completamente desarrolladas. El crecimiento sigue siendo rápido y se están formando las estructuras reproductivas.

Floración: Durante esta etapa, las inflorescencias masculinas (panículas) se desarrollan y liberan polen, mientras que las inflorescencias femeninas (espigas) desarrollan estigmas receptivos para la polinización. La polinización exitosa es crucial para la formación de las mazorcas.

Llenado de grano: Después de la polinización, comienza la etapa de llenado de grano. Los óvulos fecundados se convierten en granos de maíz y se produce la acumulación de almidón y otros nutrientes en el interior del grano. Esta etapa es crucial para el rendimiento final del cultivo.

Madurez fisiológica: En esta etapa, los granos de maíz han alcanzado su máximo desarrollo y madurez. La planta muestra señales de senescencia, las hojas comienzan a marchitarse y se secan. Los granos alcanzan su color y dureza finales.

2.1.4. Cultivo de Maíz en el Ecuador

El maíz es uno de los cultivos más importantes en el Ecuador. Se cultiva en varias regiones del país y es un alimento básico en la dieta de la población. En el Ecuador el maíz se cultiva principalmente en la Sierra y la Costa (Bolivia y Singaña 2019).

En la Sierra en zonas con altitudes que van desde los 1.500 hasta los 3.500 metros sobre el nivel del mar, mientras que en la Costa se cultiva en zonas con altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 1.500 metros sobre el nivel del mar (Bolivia y Singaña 2019).

El maíz es un cultivo exigente en nutrientes y agua, por lo que es importante mantener un buen manejo del suelo y la fertilización adecuada. Además, es importante realizar un adecuado control de plagas y enfermedades, ya que pueden afectar significativamente la producción (Caviedes *et al.* 2020).

2.1.5. Micorrizas

Las micorrizas son una asociación mutualista entre las raíces de las plantas y ciertos hongos. Esta asociación permite a las plantas obtener nutrientes esenciales, como fósforo y nitrógeno, del suelo de manera más eficiente (Camargo *et al.* 2020).

Además de ayudar a las plantas a obtener nutrientes, las micorrizas también pueden ayudar a protegerlas contra enfermedades del suelo, mejorar la resistencia a la sequía y mejorar la calidad del suelo. Las micorrizas son una parte importante del ecosistema y pueden tener un impacto significativo en la salud y el crecimiento de las plantas (Cano 2019).

“Los hongos micorrícicos forman una estructura llamada micelio que penetra en las raíces de las plantas y ayuda en la absorción de nutrientes del suelo. A cambio, la planta proporciona al hongo carbohidratos producidos por la fotosíntesis” (Carrillo *et al.* 2022).

2.1.6. Importancia de las Micorrizas

Las micorrizas son importantes para la salud de los suelos y el crecimiento de las plantas, ya que mejoran la absorción de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno. También ayudan a aumentar la resistencia de las plantas a enfermedades y al estrés ambiental (Garzón 2016).

Los hongos micorrícicos pueden extenderse en el suelo mucho más allá del alcance de las raíces de las plantas y absorber nutrientes y minerales que las plantas no pueden obtener por sí mismas. Luego,

los nutrientes son transferidos a las raíces de las plantas en forma de iones (Hernández *et al.* 2015).

Las micorrizas aumentan la superficie de absorción de las raíces de las plantas, lo que les permite absorber más agua y nutrientes del suelo. Las micorrizas pueden ayudar a proteger las plantas contra enfermedades, ya que fortalecen el sistema inmunológico y les permiten resistir mejor las enfermedades ocasionadas por hongos patógenos, bacterias y nematodos (Noda, 2019).

Las micorrizas pueden ayudar a las plantas a tolerar mejor las condiciones ambientales adversas, como la sequía, la salinidad y las temperaturas extremas. Las micorrizas también pueden ayudar a mejorar la calidad del suelo al mejorar su estructura, aumentar la materia orgánica y promover la formación de agregados de suelo (Hernández *et al.* 2015).

“Las micorrizas son fundamentales para el desarrollo de las plantas y la salud de los suelos, por lo que su presencia y desarrollo son muy importantes para la productividad y sostenibilidad de los sistemas agrícolas y ecológicos” (Carrillo *et al.* 2022).

2.1.7. Clasificación de las Micorrizas

Existen dos tipos principales de hongos micorrizos: las endomicorrizas y las ectomicorrizas.

Las ectomicorrizas se encuentran típicamente en plantas leñosas, como árboles y arbustos, y son especialmente comunes en los bosques templados y boreales. Muchos hongos ectomicorrícicos son capaces de descomponer la materia orgánica en el suelo, lo que los convierte en importantes contribuyentes al ciclo de nutrientes del ecosistema forestal (Carrera y López 2015).

“Las plantas que forman ectomicorrizas pueden proporcionar carbohidratos y otros nutrientes al hongo, lo que les permite prosperar en ambientes donde otros organismos no pueden. Está integrada por los hongos Basidiomicetes y Ascomicetes” (Carrera y López 2015).

A diferencia de las endomicorrizas, que penetran en las células de la raíz, las ectomicorrizas no lo hacen. En lugar de eso, los hongos forman una capa de células alrededor de las raíces de la planta, lo que aumenta la superficie de absorción de la raíz y permite que la planta obtenga más nutrientes del suelo (Galindo *et al.* 2015).

Las endomicorrizas, también conocidas como micorrizas arbusculares, son una simbiosis mutualista entre hongos y plantas. Estos hongos penetran en las células de la raíz de la planta huésped y forman estructuras especializadas llamadas arbusculos y vesículas (Hernández *et al.* 2015).

Los arbusculos son estructuras intracelulares altamente ramificadas que se encuentran en las células del córtex de la raíz, mientras que las vesículas son estructuras esféricas llenas de nutrientes que se encuentran en el tejido interno de la raíz (Hernández *et al.* 2015).

Las endomicorrizas son comunes en plantas herbáceas y están asociadas con especies de hongos como *Glomus*, *Gigaspora* y *Rhizophagus*. Estos hongos ayudan a las plantas a absorber nutrientes del suelo, especialmente fósforo y nitrógeno, que son fundamentales para el crecimiento de las plantas. Además, también pueden ayudar en la absorción de otros nutrientes, como calcio, magnesio, hierro, zinc y cobre (Garzón 2016).

“A diferencia de las ectomicorrizas, este grupo de micorrizas destaca porque no forman una capa fúngica sobre las raíces de la planta. Estos hongos productores se caracterizan por la colonización intercelular de la corteza de la raíz” (Ninabamba 2017).

Las endomicorrizas se dividen en tres tipos como lo son las orquideomicorrizas que hacen referencia a la familia de las orquídeas. Las ericmicorrizas pertenecen a la familia Ericaceae, forman una estructura densa entre las células fúngicas y las raíces. Finalmente, las extendomicorriza: existe doble colonización de raíces por este tipo de hongos. Es decir, colonizan de forma interna y externa el córtex de la raíz (Noda 2019).

2.1.8. Formas de Aplicación de las Micorrizas

Existen diferentes formas de aplicar micorrizas a las plantas, que se pueden adaptar a diferentes tipos de cultivos y situaciones. Por ejemplo, las esporas de los hongos micorrícicos se pueden mezclar con el sustrato en el que se van a plantar las semillas o los esquejes. (Carrera y López 2015).

La técnica de inmersión de raíces consiste en que las raíces de las plantas se sumergen en una solución de agua y esporas de hongos micorrícicos antes de trasplantarlas al suelo. Esto promueve una colonización temprana de las raíces por los hongos y aumenta la eficacia de la simbiosis (Garzón 2016).

“Por otro lado, se pueden aplicar fertilizantes que contengan esporas de hongos micorrícicos al suelo alrededor de las plantas ya establecidas. Esto ayuda a establecer la simbiosis y a mejorar la absorción de nutrientes” (Galindo *et al.* 2015).

Finalmente, la última técnica consiste en que las semillas pueden ser tratadas con una solución que contenga esporas de hongos micorrícicos antes de ser sembradas. Esto asegura una colonización temprana de las raíces y una mayor resistencia a las enfermedades y el estrés (Galindo *et al.* 2015).

2.1.9. Micorrizas en Maíz

En el caso específico del maíz, se ha demostrado que la presencia de micorrizas puede mejorar significativamente el crecimiento y la producción de la planta.

Se ha observado que el maíz es capaz de formar simbiosis tanto con endomicorrizas como con ectomicorrizas, pero la mayoría de los estudios se han centrado en la relación con las endomicorrizas. Las endomicorrizas han demostrado ser beneficiosas para el maíz, ya que la planta puede obtener de manera más eficiente nutrientes esenciales como el fósforo y el nitrógeno (Navarrete *et al.* 2015).

Además, las micorrizas pueden mejorar la tolerancia del maíz a factores estresantes como la sequía y la salinidad del suelo. En general, la presencia de micorrizas en el suelo puede mejorar significativamente la capacidad de las plantas de maíz para absorber nutrientes y agua, lo que resulta en un crecimiento y rendimiento más saludables (Carrillo *et al.* 2022).

Es importante destacar que el uso de fertilizantes químicos y pesticidas puede interferir con la formación de micorrizas en el suelo. Por lo tanto, los agricultores interesados en fomentar la presencia de micorrizas en sus cultivos pueden optar por prácticas agrícolas más sostenibles y orgánicas (Cano 2019).

Por otro lado, las micorrizas ectomicorrízicas no se han encontrado comúnmente en las raíces de maíz. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que la inoculación con hongos formadores de ectomicorrizas puede mejorar el crecimiento y la resistencia al estrés hídrico del maíz en ciertos tipos de suelo (Carrillo *et al.* 2022).

2.1.10. Micorrizas en diferentes tipos de suelo

Los suelos poseen en estado natural una diversidad de especies de micorrizas, estas pueden colonizar las raíces de una gran variedad de las plantas cultivadas, independiente de condiciones ambientales, mejorando así

el suministro de nutrientes, crecimiento y producción de las plantas hospedadas, más aún en condiciones de nutrientes deficientes (Pérez, 2011).

Los tipos de suelo donde las micorrizas se adaptan mejor son los que se mencionan a continuación:

Las micorrizas suelen prosperar en suelos bien drenados que permiten el intercambio de gases y evitan la acumulación de agua estancada. Un buen drenaje proporciona un entorno favorable para el crecimiento y la actividad de los hongos micorrícicos (Acosta *et al* 2018).

La mayoría de las micorrizas tienen una preferencia por suelos con un pH cercano a la neutralidad o ligeramente ácido. Un pH óptimo generalmente se encuentra en el rango de 5.5 a 7.5. Sin embargo, hay excepciones, ya que algunos tipos de micorrizas pueden tolerar suelos más ácidos o alcalinos (Navarrete *et al.* 2015).

La presencia de materia orgánica en el suelo beneficia el desarrollo de las micorrizas. La materia orgánica aporta nutrientes esenciales y mejora la estructura del suelo, lo que favorece la colonización de las raíces por los hongos micorrícicos (Garzón 2016).

Los suelos con una buena estructura, es decir, una agregación adecuada de partículas de suelo, favorecen el crecimiento de las micorrizas. Una estructura del suelo favorable permite una mejor penetración de las hifas fúngicas y un mayor contacto con las raíces de las plantas (Galindo *et al.* 2015).

2.2. MARCO METODOLÓGICO

Para la redacción técnica de este trabajo, se ha empleado el método de investigación de carácter bibliográfico a fin de recopilar información utilizando diferentes fuentes de información fiables como sitios web, artículos y revistas científicas, tesis, tesinas, libros, los que servirán para proveer de información fiable que permita estructurar este documento de una manera correcta y, direccionándose al tema y los objetivos planteados.

Con la información recopilada, se procederá a realizar un análisis, síntesis y resumen para llegar a las conclusiones y recomendaciones de este trabajo de titulación. De esa forma se mostrará la inminente importancia del tema en el sector agrícola que servirá para enriquecer los conocimientos de toda una comunidad universitaria incluyendo estudiantes, docentes y profesionales del área.

2.2.1. Métodos de investigación

Las técnicas de investigación que se utilizaron son exploratorias y explicativas. La investigación exploratoria permite examinar un tema o problema a profundidad, con el fin de obtener información preliminar y generar hipótesis para investigaciones posteriores. Este tipo de investigación se utiliza principalmente cuando se tiene poca información o se trata de un tema poco conocido (Morales 2018).

Por otro lado, la investigación explicativa busca establecer las relaciones causales entre variables y fenómenos. El objetivo es descubrir por qué ocurre un fenómeno y qué factores lo influyen. Este se realizó después de haber identificado y explorado el problema o tema abordado en la presente investigación (Abreu 2020).

2.3. RESULTADOS

El uso de tecnologías limpias en beneficio del medio ambiente, la conservación de la naturaleza y la producción agrícola es la tendencia actual. Ecuador, es consciente de la necesidad de utilizar microorganismos como biofertilizante, esto se puede realizar a través de una adecuada gestión de la tecnología.

Existen varios estudios que han investigado los efectos de las micorrizas en el cultivo de maíz en Ecuador. En un estudio realizado en el sector de La Argelia en Loja, se evaluaron diferentes dosis de nitrógeno y micorrizas en el maíz blanco variedad INIAP – 103 (Valenzuela 2020).

Bajo un diseño experimental de 9 tratamientos, se evaluó el efecto de diferentes tipos de micorrizas sobre el crecimiento y la producción de maíz utilizando altas dosis de micorrizas frente a las testigos que tenían nula concentración del biofertilizante. Se encontró que la inoculación con micorrizas arbusculares a la semilla, aumentó significativamente el rendimiento de maíz en comparación con el tratamiento de control sin micorrizas (Valenzuela 2020).

En otro estudio realizado en la provincia de Pichincha, se evaluó el efecto de la aplicación de dos especies de hongos micorrícicos arbusculares sobre el crecimiento y la absorción de nutrientes del maíz. Los resultados mostraron que la inoculación con micorrizas aumentó significativamente la altura y el diámetro del tallo del maíz, así como la absorción de fósforo y nitrógeno (Ninabamba 2017).

En un estudio realizado en la provincia de Manabí, se evaluó el efecto de la inoculación con micorrizas arbusculares en la producción de maíz en un suelo degradado por erosión. Se encontró que la inoculación con micorrizas mejoró significativamente el rendimiento de maíz en comparación con el tratamiento de control sin micorrizas (Vera 2009).

En la zona de Yaguachi-Ecuador, se realizaron estudios en maíz a fin de disminuir el uso indiscriminado de fertilizantes. Se efectuó el trabajo experimental por medio de 4 tratamientos y 6 repeticiones donde se empleaban dosis diferentes

de fertilizante nitrogenado y micorrizas por 15-30 y 45 días donde se evidenció los rendimientos a mayor escala, mazorcas más vigorosas y mayor cantidad de granos, obteniéndose una mejor relación de costo-beneficio (Cabrera 2020).

Este mismo autor, señaló que, en dichas evaluaciones empleadas en suelos maiceros de la costa del Ecuador, se han podido obtener que el género *Glomus* mostró una mayor persistencia a través del tiempo, lo que refleja su capacidad de adaptación a las condiciones edáficas en suelos costeros, por lo tanto, ofrece un alto potencial para su uso como biofertilizante.

En un estudio realizado en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Babahoyo-Ecuador, se efectuaron 12 tratamientos por 6 repeticiones empleando fertilización nitrogenada y micorrizas de carácter comercial en cultivo de maíz de alto potencial productivo (Híbrido Somma), donde se evidenciaros resultados alentadores con respecto a variables de absorción de nutrientes, inserción de semillas, rendimiento y análisis económico (Colina *et al* 2020).

Es importante destacar el efecto que ejerce la micorriza en el maíz al punto de no encontrarse diferencias significativas entre las variedades de micorrizas arbusculares que se emplean en maíz. Lo mencionado anteriormente puede ser comparado con los resultados reportados (Flores *et al* 2019).

En general, estos estudios sugieren que la inoculación con micorrizas arbusculares puede tener efectos positivos en el crecimiento y la producción de maíz en Ecuador, especialmente en suelos degradados o con bajos niveles de nutrientes. Sin embargo, es importante destacar que los resultados pueden variar dependiendo de las condiciones específicas de cada cultivo y suelo, así como de las especies de micorrizas utilizadas.

2.4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Costa (2017) señaló que la semilla de maíz se la puede tratar con micorrizas antes de la siembra para aumentar la rapidez de la colonización de los hongos cuando emerja la raíz.

Sin embargo, Rivera (2019) contradice la premisa anterior pues asegura que existen varios problemas al inocular micorrizas a las semillas porque hay la posibilidad de que no germinen con normalidad o se retrase su tiempo de germinación. Además, al germinar la semilla, esta segrega sustancias que no permiten al hongo micorrícico colonizar la zona intraradical de la raíz que acaba de salir, imposibilitando la función biofertilizante del hongo.

Jiménez *et al* (2019), aseguran que la micorrización puede mejorar significativamente el crecimiento y la absorción de nutrientes en el maíz al aumentar la superficie de absorción de las raíces y mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

No obstante, Sonclemente (2020) está de acuerdo con lo mencionado por los autores antes nombrados, sin embargo, él alerta que las plantas micorrizadas pueden ser más sensibles a la sobrecarga de nutrientes, como el exceso de nitrógeno, ya que las micorrizas pueden disminuir su actividad cuando hay un exceso de nutrientes disponibles y la conexión simbiótica planta-micorriza puede romperse de manera temporal.

Serralde y Martínez (2014) aseguraron que, en suelos degradados, la micorrización puede mejorar la absorción de nutrientes, especialmente fósforo y otros nutrientes que son limitantes en estos suelos, así como mejorar la estructura del suelo y reducir la erosión, lo que puede tener un impacto positivo en la productividad a largo plazo del suelo.

Sin embargo, Prager (2018) rechaza por completo lo mencionado por Serralde y Martínez, asegurando que la micorrización puede verse afectada por las condiciones ambientales, como la sequía o la contaminación del suelo, lo que

puede reducir su efectividad o incluso, estas micorrizas pueden competir con otros microorganismos del suelo por los nutrientes, lo que puede afectar la disponibilidad de nutrientes para la planta.

Para Minero (2013), en términos de costo-beneficio, la micorriza puede ser una inversión rentable ya que puede mejorar el crecimiento y la resistencia de las plantas, lo que conllevaría a mayores rendimientos y una reducción en el uso de fertilizantes y pesticidas.

No obstante, Mayorga y Martínez (2020) aseguraron que los productos de micorriza pueden ser más costosos que los fertilizantes y pesticidas convencionales, solo que el uso de micorriza puede reducir la necesidad de aplicar estos productos químicos costosos a largo plazo.

Gardeziet *al* (2015) mencionaron que las micorrizas pueden permanecer en el cultivo y actuar en beneficio de las plantas durante todo su ciclo vegetativo. Sin embargo, Xiu y Lugo (2016) asumieron que la planta puede llegar a depender de la simbiosis con las micorrizas para obtener nutrientes y agua del suelo, por lo que si se eliminan las micorrizas, la planta puede tener dificultades para crecer y desarrollarse.

“La eliminación de las micorrizas ocurre en casos de una incorrecta aplicación de un fungicida que podría lixiviarse y eliminar los micelios de los hongos micorrícicos” (Xiu y Lugo 2016).

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. CONCLUSIONES

Se concluye este trabajo de investigación habiendo cumplido con los objetivos propuestos al inicio de este documento, direccionados a proporcionar información fiable con sustento teórico para maximizar los conocimientos referentes al uso de micorrizas como técnica agro sustentable y sostenible para el cultivo de maíz en el Ecuador.

Con lo expuesto anteriormente, se concluye entonces que la presencia de micorrizas aumenta la producción de maíz, especialmente en suelos con bajos niveles de fósforo y nitrógeno. Además, las micorrizas mejoran la eficiencia en el uso del agua en el maíz, lo que puede ser importante en regiones del Ecuador que presentan condiciones de sequía.

Por otro lado, reducen la necesidad de fertilizantes y pesticidas, lo que tiene beneficios ambientales y económicos mientras que en suelos degradados mejoran la absorción de nutrientes y aumentar el rendimiento.

En Ecuador, la producción de maíz es de gran importancia para la economía y la seguridad alimentaria del país. Sin embargo, el uso excesivo de fertilizantes químicos y pesticidas puede tener efectos negativos en el medio ambiente y la salud humana. Por lo tanto, el uso de micorrizas funciona como una alternativa natural y sostenible para mejorar el rendimiento del maíz resulta ser beneficioso para los agricultores y el medio ambiente.

Además, queda evidenciado que el consorcio micorrizo integrado por todas las especies del género *Glomus*, son las que mejor se adaptan a los suelos maiceros incluso en aquellas zonas donde las condiciones ambientales son adversas. Los sistemas de producción de maíz han dado mejores resultados de rendimiento con las micorrizas *Glomus* debido a la persistencia que presentan con el paso del tiempo.

En conclusión, el uso de micorrizas en el cultivo de maíz en Ecuador actualmente pasaría a ser una estrategia prometedora y con un enorme potencial para mejorar su producción de manera sostenible y reducir el impacto ambiental del uso de fertilizantes químicos y pesticidas empleados para este cultivo de gramínea.

3.2. RECOMENDACIONES

A continuación se plantean algunas recomendaciones a tomar al momento de utilizar micorrizas en maíz.

Antes de utilizar micorrizas en los cultivos de maíz, se recomienda efectuar un análisis de suelo para conocer la necesidad real de este tipo de simbiosis con el cultivo que se va a establecer. Por lo que, si dicho suelo ya cuenta con una población saludable de micorrizas, es posible que no sea necesario agregar más.

Existen varios tipos de micorrizas y cada uno tiene sus propias características y beneficios. Es importante seleccionar una especie o variedad de micorriza que sea compatible con el tipo de suelo y la variedad de maíz que estás cultivando.

La forma más común de aplicación de micorrizas es a través de la inoculación directa en la semilla o en la raíz de la planta. También existen productos comerciales que contienen micorrizas en polvo o líquido, que pueden ser aplicados al suelo. La aplicación temprana asegura que las micorrizas puedan colonizar las raíces de las plantas de maíz y establecer una simbiosis efectiva.

Es importante tener en cuenta que las micorrizas se benefician de un suelo saludable y bien aireado. Por lo tanto, se recomienda utilizar prácticas de manejo del suelo que fomenten el crecimiento de micorrizas, como la rotación de cultivos y la reducción de la compactación del suelo.

Se recomienda realizar monitoreos periódicos de las micorrizas en los cultivos de maíz a fin de llevar un seguimiento del crecimiento y desarrollo de las plantas y evaluar los rendimientos. Esto permitirá ajustar la aplicación de micorrizas en función de los resultados obtenidos. Si no se observan mejoras significativas, puede ser necesario ajustar la aplicación de micorrizas o considerar otras prácticas de manejo del suelo y cultivo.

En general, el uso de micorrizas en el cultivo de maíz puede ser beneficioso, pero es importante considerar cuidadosamente las necesidades específicas del suelo y cultivo antes de aplicarlas. Es por ello que se recomienda realizar más estudios para evaluar los efectos específicos de las micorrizas en el contexto ecuatoriano, en las distintas zonas geográficas donde se siembra maíz y sus diferentes variedades, optimizando así la efectividad en los resultados que se obtendrán a través de estas investigaciones.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, J. 2020. Hipótesis, método & diseño de investigación (hypothesis, method&research design). Daena: International Journal of Good Conscience, 7(2), 187-197. Consultado el 04 de abril del 2023. Disponible en: [http://www.spentamexico.org/v7-n2/7\(2\)187-197.pdf](http://www.spentamexico.org/v7-n2/7(2)187-197.pdf).
- Acosta, B. 2021. Las micorrizas: una relación planta-hongo que dura más de 400 millones de años. In Anales del jardín botánico de Madrid (Vol. 66, No. 1, pp. 133-144). Real Jardín Botánico. Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en <https://www.ecologiaverde.com/micorrizas-que-son-y-tipos-2498.html>.
- Acosta, R. 2009. El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. Cultivos tropicales, 30(2), 00-00. Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0258-59362009000200016.
- Bastidas, C. 2015. Identificación de áreas prioritarias para la conservación de razas de maíz en la sierra de Ecuador (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid). Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en :<https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=118162>.
- Bonilla, A; Singaña, D. 2019. La productividad agrícola más allá del rendimiento por hectárea: análisis de los cultivos de arroz y maíz duro en Ecuador. LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida, 29(1), 70-83. Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-85962019000100070&script=sci_arttext.
- Cabrera, R. 2020. Caracterización morfológica de Hongos micorrízicos arbusculares en fincas de cinco Cantones, de la Provincia De Los Ríos (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2020). Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8494/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000098.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- Camargo S; Arias, N. 2020. Micorrizas: una gran unión debajo del suelo. Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en: <https://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art72/>.
- Cano, M. 2019. Interacción de microorganismos benéficos en plantas: micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. Una revisión. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 14(2), 15-31. Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262011000200003.
- Carrera-Nieva, A; López-Ríos, G. 2018. Manejo y evaluación de ectomicorrizas en especies forestales. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 10(2), 93-98. Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/629/62910204.pdf>.
- Carrillo Trueba, C. 2019. El origen del maíz. *Naturaleza y cultura en Mesoamérica. Ciencias*, 92(092). Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/644/64412119003.pdf>.
- Carrillo-Saucedo, S; Puente-Rivera, J; Montes-Recinas, S; Cruz-Ortega, R. 2022. Las micorrizas como una herramienta para la restauración ecológica. *Acta botánica mexicana*, (129). Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid.
- Caviedes, M; Carvajal-Larenas, F; Zambrano, J. 2020. Tecnologías para el cultivo de maíz (*Zea mays*. L) en el Ecuador. *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, (1). Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/download/2588/3111?inline=1>.
- Costa Rouws, J. 2017. Rotación del abono verde *Canavalia ensiformis* con maíz y micorrizas arbusculares en un suelo nitisolródicoéutrico de Cuba. *Agronomía tropical*, 57(4), 313-321. Consultado el 04 de abril del 2023. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0002-192X2007000400007&script=sci_arttext
- Colina, E. 2016. Efectos de la aplicación de las micorrizas en sistemas de producción en el cultivo de cacao nacional, en la zona de Febres-cordero, provincia de Los Ríos. Tesis de Magister, Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil, Ecuador.

103p. Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/1003/703>

Colina, E; Paredes, E; Gutierrez, 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. Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/1003/703>

Erazo, C; Joffre, M. 2020. Características cualitativas de la degradación del suelo y su impacto económico en la agricultura familiar de la parroquia rural Fernández Salvador, Carchi (Master'sthesis, Quito: UCE). Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/22358/1/T-UCE-0004-CAG-009-P.pdf>.

ESPAC(Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua) 2018. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (en línea). s.l., s.e.:33. Disponible en [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2018/Presentacion de principales resultados.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2018/Presentacion_de_principales_resultados.pdf).

FAO(Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 2022. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2022 (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.fao.org/documents/card/es/c/CC0639ES>.

Flores Leturne, 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 (Bachelor'sthesis, Babahoyo: UTB, 2019). Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6098>.

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. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo, Ecuador. 62p

Galindo-Flores, G; Castillo-Guevara, C; Campos-López, A; Lara, C. 2015. Caracterización de las ectomicorrizas formadas por *Laccariatrichoderma* y *Suillus* en *Pinus montezumae*. *Botanical Sciences*, 93(4), 855-863. Consultado el 26 de

marzo del 2023. Disponible en:
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-42982015000400016.

García, A. 2019. Micorrizas: simbiosis beneficiosa (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.fertibox.net/single-post/micorrizas>.

Gardezi, A; Berber, S; Garay, A. 2015. Los usos y beneficios de las micorrizas en la agricultura. TC Santiago, GAV Ayala, & VG Almaguer (Eds.). Desarrollo y tecnología. Aportaciones a los problemas de la Sociedad, 243-165.v Consultado el 04 de abril del 2023. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Elizabeth-Acosta-2/publication/280114658_Sistema_Agroforestal_establecido_en_suelos_del_Distrito_de_Riego_028_Tulancingo_Hidalgo/links/55aaeec408aea994672418e1/Sistema-Agroforestal-establecido-en-suelos-del-Distrito-de-Riego-028-Tulancingo-Hidalgo.pdf#page=244

Garzón, L. 2016. Importancia de las Micorrizas Arbusculares (Ma) para un uso sostenible del suelo en la amazonia colombiana. Luna azul, (42), 217-234. Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en: <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/lunazul/article/view/1616>.

Guacho Abarca, E. 2014. Caracterización agro-morfológica del maíz (*Zea mays* L.) de la localidad San José de Chazo (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3455/1/13T0793%20.pdf>.

Hernández, M; Terán, G; Albornoz, P. 2015. Morfología, anatomía y endomicorrizas en el esporofito de *Doryopteris concolor* (Pteridaceae). Lilloa, 74-84. Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Marcela-Hernandez-5/publication/315500795_Morfologia_anatomia_y_endomicorrizas_en_el_esporofito_de_Doryopteris_concolor_Pteridaceae/links/58ea87cca6fdccb4a834ef81/.

Jiménez Ortiz, M; Gómez Álvarez, R; Oliva Hernández, J; Granados Zurita, L; Pat Fernández, J; Aranda Ibáñez, E. 2019. Influencia del estiércol compostado y micorriza arbuscular sobre la composición química del suelo y el rendimiento

productivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.). *Nova scientia*, 11(23). Consultado el 04 de abril del 2023. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052019000200009.

Lomeli, M. 2021. Como ayudan las micorrizas en la ganadería. Disponible en <https://gatmeks.com/como-ayudan-las-micorrizas-en-la-ganaderia/>

Martín, G; Rivera, R; Arias, L; Rentería, M. 2009. Efecto de la *Canavalia ensiformis* y micorrizas arbusculares en el cultivo del maíz. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 43(2), 191-199. Consultado el 04 de abril del 2023. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193015425017.pdf>.

Mendoza, P. 2017. El cultivo del maíz en el mundo y en Perú. *Revista De Investigaciones De La Universidad Le CordonBleu*, 4(2), 73-79. Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en: <https://revistas.ulcb.edu.pe/index.php/REVISTAULCB/article/view/65>.

Minero, J. 2013. Evaluación de métodos de inoculación de maíz y frijol con micorrizas VAM. Consultado el 04 de abril del 2023. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/5342>

Morales, N. 2018. Investigación exploratoria: tipos, metodología y ejemplos. Recuperado de <https://www.lifeder.com/investigacion-exploratoria>. Consultado el 04 de abril del 2023. Disponible en: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64537756/Investigaci%C3%B3n_Exploratoria-libre.pdf?1601263412=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DInvestigacion_Exploratoria_Tipos_Metodo1.pdf

Navarrete, E; Peña, G; Menéndez, M; Laíño, A; Rodríguez, G; Vaca, C; Burgos, J. 2015. Financiamiento del cultivo de maíz en el cantón Mocache-Ecuador. *UEA| Revista Amazónica Ciencia y Tecnología (RACYT)*, 4(3), 270-300. Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en: <https://www.uea.edu.ec/revistas/index.php/racyt/article/view/56/59>.

NinabandaGuaman, N. 2017. Evaluación de cuatro niveles de micorrizas en tres híbridos de maíz bajo invernadero. *Conocoto-Pichincha* 401 Quito (Ecuador). Consultado el

- 26 de marzo del 2023. Disponible en: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=EC2004000017>.
- Noda, Y. 2019. Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. *Pastos y forrajes*, 32(2), 1-1. Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S086403942009000200001&script=sci_arttext&tIng=pt.
- Pastor, S; Gil, A. 2022. Variabilidad en las trayectorias de adopción de la agricultura en el sur de sudamérica. Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/35214>.
- Prager, M. 2018. Actividad biológica de hongos formadores de micorriza arbuscular en un suelo Humicdystrudepts cultivado con maíz y diferentes fuentes de fertilización. *Acta Agronómica*, 61(5), 57. Consultado el 04 de abril del 2023. Disponible en: <https://www.proquest.com/openview/1c41fb2cfb3b26a0b57ade9dd09d9977/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2035751>
- Redagícola. 2022. Micorrizas: herramienta biológica para mejorar la eficiencia del agua. Disponible en <https://www.redagricola.com/cl/micorrizas-herramienta-biologica-para-mejorar-la-eficiencia-del-agua/>
- Sánchez Ortega, I; Pérez-Urria, E. 2015. Maíz I (*Zea mays*). *Ene*, 15, 39. Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en : <https://eprints.ucm.es/id/eprint/27974/>.
- Sanclemente Reyes, O. 2020. Prácticas agroecológicas, micorrización y productividad del intercultivo maíz-soya (*Zea mays* L.-*Glycinemax* L.). *Idesia (Arica)*, 36(2), 217-224. Consultado el 04 de abril del 2023. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292018005000301&script=sci_arttext.
- Serralde, A; Ramírez, M. 2014. Análisis de poblaciones de micorrizas en maíz (*Zea mays*) cultivado en suelos ácidos bajo diferentes tratamientos agronómicos. *Ciencia y tecnología agropecuaria*, 5(1), 31-40. Consultado el 04 de abril del 2023. Disponible en: <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/22>

- Torres, L. 2018. Principales labores para la siembra del maíz: módulo instruccional el cultivo del maíz. Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/20026/76021_59087.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Valenzuela Ortega, V. 2020. Efecto de micorrizas sobre las características agronómicas y sanitarias en el cultivo de maíz *Zea mays* L (Bachelor'sthesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil). Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/48994>.
- Vera Buste, L. 2009. Efecto bioestimulante ecofungi a base de micorrizas sobre la productividad del cultivo de maíz, INIAP 528, ESPAM 2007 (Bachelor'sthesis, Calceta: ESPAM). Consultado el 26 de marzo del 2023. Disponible en: <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/568>.
- Xiu, K; Lugo, F. 2016. Evaluación del Crecimiento del maíz VS-536 Inoculado con Microorganismos (Micorrizas y Azospirillum), y con la Adición de Fertilizantes Químicos en un Suelo Luvisol. Informe Técnico de Residencia Profesional, SEP/ITZM. Quintana Roo, México. Consultado el 04 de abril del 2023. Disponible en: http://www.zonamaya.tecnm.mx/web_biblio/archivos/res_prof/agro/agro-2014-5.pdf

4.2. ANEXOS



Figura 1. Efecto de las Micorrizas Supra

Fuente: Lomelí (2021).



Figura 2. Optimización de los nutrientes

Fuente: Redagrícola (2022).