



UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA,
PESCA Y VETERINARIA
CARRERA DE AGRONOMÍA



TRABAJO DE TITULACIÓN

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

INGENIERA AGRONOMA

TEMA:

“Beneficios en el uso de micorrizas aplicadas al cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)”.

AUTORA:

Lady Rosibel Morán Vera

TUTOR:

Ing. Agr. Xavier Gutiérrez Mora, MAE.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2022

RESUMEN

El presente documento detalla los beneficios en el uso de micorrizas aplicadas al cultivo de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*). La caña de azúcar es un cultivo de gran importancia, que está presente en el consumo diario de gran parte de la población, para muchas personas constituyen una fuente de glucosa para el uso comestible. El uso prolongado y repetitivo de maquinarias agrícolas en el establecimiento del cultivo de caña de azúcar genera compactación en los suelos lo cual genera problemas de absorción de nutrientes y falta de humedad en los suelos, en Ecuador existen problemas de degradación de la tierra causada por diferentes tipos de erosión que da en resultado, la disminución de las capacidades fértiles de la tierra. La falta de fertilidad y productividad dirige al ser humano al uso de programas de fertilización que suelen ser desgastantes para el suelo el cual en vez de generar un beneficio más bien causa aún más problemas a la fertilidad de los suelos. El desconocimiento sobre los beneficios de las micorrizas podría estar limitando el aprovechamiento al máximo en las producciones de la caña de azúcar sin recurrir al uso desmedido de fertilizantes. Al mejorar la nutrición de la planta mejoraría el desarrollo y sustancialmente la productividad de la caña de azúcar. 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.

Palabras claves: microorganismos, micorrizas, rendimientos, caña de azúcar.

SUMMARY

This document details the benefits in the use of mycorrhizae applied to the cultivation of Sugarcane (*Saccharum officinarum*) in the Guayas area. Sugarcane is a crop of great importance, which is present in the daily consumption of a large part of the population, for many people it constitutes a source of glucose for edible use. The prolonged and repetitive use of agricultural machinery in the establishment of sugarcane cultivation generates compaction in the soil, which generates problems of nutrient absorption and lack of moisture in the soil, in Ecuador there are problems of land degradation caused by different types of erosion that results in a decrease in the fertile capacities of the land. The lack of fertility and productivity directs the human being to the use of fertilization programs that are usually exhausting for the soil, which instead of generating a benefit, rather causes even more problems for soil fertility. The lack of knowledge about the benefits of mycorrhizae could be limiting the maximum use of sugar cane production without resorting to the excessive use of fertilizers. By improving the nutrition of the plant, it would improve the development and substantially the productivity of the sugar cane. Among the most visible benefits of the formation of mycorrhizae is the capacity of the fungi to stimulate a greater size and production of grains in the host plants, through the incorporation of phosphorus and other nutrients.

Keywords: microorganisms, mycorrhizae, yields, sugarcane.

Índice

RESUMEN	II
SUMMARY.....	III
1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 OBJETIVOS	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	4
1.4.1. DOMINIO.....	4
1.4.2. LÍNEA.....	4
1.4.3. SUBLÍNEAS.....	4
2. DESARROLLO.....	5
2.1. MARCO CONCEPTUAL	5
2.1.1. Generalidades del cultivo de caña de azúcar.....	5
2.1.2 Requerimientos nutricionales del cultivo de Caña de Azúcar.....	6
2.1.3 Importancia de los Hongos Micorrízicos.....	7
2.1.4 Efecto de las micorrizas.....	8
2.1.5 Micorrizas en el cultivo de Caña de Azúcar.....	9
2.2 MARCO METODOLÓGICO	11
2.3 RESULTADOS	12
2.3.1 Desarrollo del caso.....	12
2.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	14
3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	16
3.1 CONCLUSIONES	16
3.2. RECOMENDACIONES	17
4 REFERENCIAS Y ANEXOS.....	18
4.1 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	18

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) es un cultivo de importancia económica a nivel mundial, establecido en más de 130 países, con una producción anual de 1,700 millones de toneladas en un área de 24 millones de ha. Brasil es el mayor productor con 720 millones de toneladas, representando más del 40% de la producción mundial. Al igual que la India y China, representando los tres países responsables de dos tercios de la producción mundial de caña de azúcar en 15 millones de hectáreas. El rendimiento promedio de la caña de azúcar en el mundo es de 80t/ha. Existen grandes países productores que generan más de 20 millones de toneladas cada año, como Colombia, Argentina, Australia, Filipinas y Brasil (Yara 2022).

El Ecuador en el 2020, cosecharon 139.4 millones de hectáreas de caña de azúcar, con un crecimiento del 14.4 % respecto al 2019. En la Región Costa la producción de caña de azúcar se concentra ampliamente, en donde la Provincia del Guayas representa el 77.6 % de la superficie total cosechada, al igual que Cañar con 17.4 % y Loja con 1.5 %. La producción anual fue de 11.0 millones de toneladas, con un crecimiento de del 18.3 %, en relación al año 2019, considerando que la provincia del Guayas, Cañar y Loja representan el 96.2 de la producción total (Inec 2021).

La caña de azúcar es un cultivo de alta importancia económica en Ecuador, ya que forma parte esencial de la canasta básica de los ecuatorianos siendo un ingrediente fundamental de muchos elementos elaborados de consumo masivo. La caña de azúcar es de mucha relevancia siendo uno de los cultivos permanente con más importancia económica en el país.

Las micorrizas son asociaciones formadas por una serie de hifas fúngicas que al entrar en contacto con las raíces de las plantas las envuelven formando un manto y las pueden penetrar entre las células a través de la corteza, esta red micorrícica es brinda nutrientes entre las raíces de las plantas interconectadas, por

lo tanto, proporciona beneficios claros de supervivencia y funcionales para la planta huésped y el ecosistema.

La biofertilización representa una clara ventaja en este aspecto, ya que una vez establecida la simbiosis, el suministro de nutrientes es continuo durante el ciclo completo del cultivo, que en promedio es de cinco años. En caña de azúcar, por ser este un cultivo perenne, la inoculación con micorrizas vesículo arbusculares (VAM), ha mostrado mucho potencial en mejorar el desempeño de este cultivo (Tahuico Reyes 2005).

El presente documento corresponde a describir los beneficios de las micorrizas en cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), expresando la importancia del uso de los hongos micorrizicos.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El uso prolongado y repetitivo de maquinarias agrícolas en el establecimiento del cultivo de caña de azúcar genera compactación en los suelos lo cual provoca problemas de absorción de nutrientes y falta de humedad en los suelos, en Ecuador existen problemas de degradación de la tierra causada por diferentes tipos de erosión que da en resultado, la disminución de las capacidades fértiles de la tierra.

La falta de fertilidad y productividad dirige al ser humano al uso de programas de fertilización que suelen ser desgastantes para el suelo el cual en vez de generar un beneficio más bien causa aún más problemas a la fertilidad de los suelos.

El desconocimiento sobre los beneficios de las micorrizas podría estar limitando el aprovechamiento al máximo en las producciones de la caña de azúcar sin recurrir al uso desmedido de fertilizantes. Al mejorar la nutrición de la planta mejoraría el desarrollo y sustancialmente la productividad de la caña de azúcar.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En el sistema productivo son de importancia los problemas relacionados con la nutrición y en este sentido es que los hongos micorrízicos tiene un papel de alta importancia ya que favorecen la frecuencia y absorción de nutrientes, dándole al cultivo un mayor rendimiento y resultados positivos en la fisiología de la planta a partir de la asociación con micorrizas, reduciendo por ende el uso desmedido de abonos y fertilizantes.

Este estudio se realizará con el fin de conocer e identificar los beneficios que se pueden obtener con el uso de hongos micorrízicos en el cultivo de caña de azúcar. Es de suma importancia la realización de este proyecto ya que es poco lo que se identifica sobre micorrización en caña de azúcar.

Por lo expuesto se justifica la presente investigación, a fin de conocer los beneficios de las micorrizas en cultivo de caña de azúcar.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

- Identificar los beneficios de las micorrizas aplicadas en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

1.4.2 Objetivos específicos

- Detallar los beneficios con el uso de micorrizas en el cultivo de Caña de Azúcar.
- Describir los efectos de las micorrizas en el cultivo de Caña de Azúcar.

1.4 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Las líneas y sublíneas a utilizarse en este trabajo de investigación, fueron las siguientes tomando en cuenta las variables del tema titulado “Beneficios en el uso de micorrizas aplicadas al cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)”.

1.4.1. DOMINIO.

Considerando que este trabajo de titulación es relevante los recursos agropecuarios que tiene como dominio Universidad Técnica de Babahoyo, ya que se tratará de suelos y su conservación involucrando también al cultivo de caña de azúcar y *las micorrizas* porque implica su cuidado, ya que en la actualidad hay alteraciones en la contaminación de suelo, agua, aire etc., y se propone un trabajo de titulación que ayude a un método más sustentable y sostenible.

1.4.2. LÍNEA.

Representando a la Facultad de Ciencias Agropecuarias la línea que se basa en el “Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable” donde este trabajo de titulación se lleva a cabo la preservación y cuidado del medio ambiente.

1.4.3. SUBLÍNEAS.

Dentro de la Carrera de Agronomía las sublíneas se basa en una “Agricultura sostenible y sustentable” y “Conservación de suelos y agua” referente al tema de este trabajo, mostrando sustentabilidad y sostenibilidad para el medio ambiente y para los productores que se dediquen a esta labor aprovechando al máximo los múltiples beneficios de los microorganismos para la conservación física, química y biológica del suelo y con ello la gestión de agua.

2. DESARROLLO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Generalidades del cultivo de caña de azúcar.

La caña de azúcar era originaria de Nueva Guinea, Alejandro Magno la trajo de la India a Persia, y los árabes la introdujeron en Siria, Palestina, Arabia y Egipto, y se extendieron por el continente africano y el sur de Europa. Cristóbal Colón la presentó a las islas del Caribe a finales del siglo XV y desde entonces se ha introducido en toda América tropical y subtropical (Patricia y Morocho 2020).

La caña de azúcar pertenece al género *Saccharum*, familia de las Poaceae, orden Glumiflorales, clase Monocotiledóneas y división Embriofita. Otras especies silvestres de caña son *S. barberi*, *S. sinensi*, *S. robustum* y *S. edule*. Las variedades comerciales de caña de azúcar son híbridos interespecíficos, principalmente de *S. officinarum*, *S. spontaneum* y *S. robustum*. A nivel mundial los países que cultivan la caña de azúcar se encuentran entre la latitud 36. 7° N y 31.0°S del Ecuador, desde regiones tropicales a subtropicales (Praveen y Vered 2015).

La superficie que se siembra para la producción de la caña de azúcar en el Ecuador se encuentra distribuida porcentualmente en las siguientes provincias: el 72,4% en el Guayas, 19,60% en el Cañar, el 4,20% en el Carchi e Imbabura, el 2,4% en Los Ríos, y el 1,40% en Loja, siendo el Guayas la zona donde más se cultiva la caña (Barcia 2012).

Su cultivo se da en zonas tropicales y sub-tropicales, alcanzando su máxima producción en los trópicos. Se cultiva bajo diferentes condiciones edafoclimáticas, en donde su mejor desarrollo se da en un clima cálido, húmedo y con abundante luz solar, como es el caso de la costa ecuatoriana (Pérez et al. 2015).

La caña de azúcar se caracteriza por estar formados morfológicamente por macollos, que son brotes secundarios que se forman a partir de las yemas axilares, que están ubicados en los nudos del eje principal. La reproducción es de forma asexual por medio de trozos o esquejes que contienen las yemas, en donde puede desarrollarse en un tallo primario y luego tallos secundarios y terciarios. En los primeros 20 cm de profundidad del suelo se encuentran el 65% de las raíces y el 80% de ellas se concentran en un radio de 60 cm de la cepa y 60 cm de profundidad (Duarte y Gonzalez 2019).

El cultivo de la caña de azúcar ha tenido una gran importancia en la economía del sector agropecuario de nuestro país, no solo porque forma parte de uno de los eslabones más importantes de las cadenas productivas agrícolas, sino también porque es el sustento de un numeroso grupo de familias, de ahí que sea una importante fuente de empleo y generación de ingresos para el PBI Nacional Agropecuario del 12 % (Prado *et al.* 2018).

El tallo de la caña de azúcar se considera un fruto agrícola, ya que en él se distribuye y se almacena azúcar, posee aproximadamente 75% de agua y está formada por nudos y entrenudos. Se cultiva principalmente para la producción de azúcar, aunque también se convierte en materia prima para la fabricación de papel, cemento, abonos y alimento animal, con ella se pueden producir bebidas alcohólicas destiladas (Estupiñán y Vargas 2017).

2.1.2 Requerimientos nutricionales del cultivo de Caña de Azúcar.

Uno de los factores relacionados con la disminución del rendimiento de la caña de azúcar es la composición del suelo. La mayor parte de la tierra se utiliza para actividades agrícolas, existe deficiencias orgánicas o minerales, por eso el productor tiende a aplicar fertilizantes sintéticos continuamente. El propósito de estos productos es proporcionar nutrientes necesarios para la planta, debido a que el suelo no proporciona la dosis suficiente o en la etapa

de desarrollo donde el cultivo requiere mayores requerimientos nutricionales (CONADESUCA 2015).

En el cultivo de caña de azúcar los fertilizantes más aplicados al cultivo son: urea, sulfuro de amonio y cloruro de potasio, generalmente se usan mezclas de fertilizantes, ya sea las fórmulas que son provistas por los ingenios azucareros o aquellas formulas adquiridas comercialmente, el nitrógeno es el elemento más aplicado seguido del fósforo y potasio; no obstante, la cantidad administrada puede variar de acuerdo a lo recomendado por los ingenios o cuando se administran las fórmulas comerciales, por lo que se llegan a administrar sin el rigor técnico requerido (Rodriguez 2021).

En los últimos años, las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados han aumentado en algunas regiones de 4 a 5.4%, en consecuencia se generan impactos negativos, los daños más comunes que se suscitan en los suelos son: altas concentraciones de sales que producen acidez y/o infertilidad, sin embargo, una de las consecuencias más graves del uso de fertilizantes químicos es la contaminación de aguas subterráneas por nitratos y dióxido de nitrógeno, además de la incorporación de sustancias que tienen efectos en la salud humana y la vida silvestre (FAO 2012).

El uso de los microorganismos micorrizicos brindan grandes ventajas para mejorar la productividad en los cultivos de manera eficiente, por medio del estímulo del desarrollo vegetal, mejoran la estructura o composición del suelo y brindar cierta protección contra los patógenos de las plantas (Balderas 2019).

2.1.3 Importancia de los Hongos Micorrízicos.

Las micorrizas son aquellas estructuras especializadas que desempeñan funciones diversas al formarse una asociación interespecífica entre el micelio de algunos grupos de hongos con el sistema radical de las

plantas; con respecto a esta simbiosis mutualista, la energía se mueve principalmente desde la planta al hongo y los recursos inorgánicos se mueven desde el hongo a la planta (Bagyaraj y Stürmer 1995).

Uno de los elementos más valiosos a considerar en la agricultura sostenible son los biofertilizantes, los cuales son una alternativa viable e importante para lograr un desarrollo agrícola que permita la producción a bajo costo, sin contaminar el ambiente y conservando la fertilidad y biodiversidad del suelo. Dentro de estos grupos microbianos se destacan, como elementos imprescindibles, las bacterias promotoras del crecimiento vegetal y los hongos micorrízicos arbusculares quienes actúan de forma coordinada en la interface suelo-raíz (Mujica et al. 2017).

Los microorganismos del suelo desempeñan un papel importante en el contexto agrícola, debido a que contribuyen al funcionamiento de los ecosistemas terrestres, ya que permiten tanto la recuperación de suelos dañados como la sustitución parcial o total de los fertilizantes minerales; además de su bajo costo de producción y la posibilidad de ser producidos a partir de recursos renovables. Por ejemplo, los hongos son los organismos más estudiados debido a su papel como descomponedores primarios y su participación en los ciclos biogeoquímicos (Aguilar et al. 2015).

2.1.4 Efecto de las micorrizas.

Los hongos formadores de micorrizas son uno de los componentes principales de las comunidades microbianas rizosféricas que permiten establecer relaciones de simbiosis con alrededor del 90 % de las plantas vasculares. Son importantes principalmente para lograr una mayor absorción de nutrientes, niveles mayores en la producción de hormonas y clorofila, incremento en la vida útil de las raíces, tolerancia al estrés (abiótico y biótico), mejora de las condiciones del suelo y en el establecimiento de relaciones sinérgicas con otros microorganismos (Aguilar et al. 2015).

La micorriza es la asociación entre la raíz de la mayoría de las plantas terrestres, tanto cultivadas como silvestres, y cierto tipo de hongos. Esta asociación es benéfica, tanto para el hongo, como para la planta. El hongo coloniza el interior de la raíz y, por medio de la red externa de hifas, sirve de puente para obtener nutrientes minerales y agua que no están al alcance del sistema radicular de la planta, mejorando así aspectos de desarrollo y crecimiento (Rojas y Ortuño 2007).

En los hongos micorrizicos el micelio incrementa el área de absorción de la raíz de la planta hasta en 100 veces y las plantas micorrizadas tienen así mayor contenido de macro y micro nutrientes. En general, las plantas micorrizadas presentan un incremento en las tasas fotosintéticas y mayor tolerancia a la sequía y salinidad. También es notorio que se incrementa la tolerancia de la raíz a patógenos y la captación de metales pesados en suelos contaminados (Carreón et al. 2013).

Las investigaciones sobre el papel de las micorrizas en la calidad del suelo y en la agricultura sostenible se han enfocado, principalmente, en suelos de las zonas templadas. Sin embargo, dado que el funcionamiento de la asociación micorrícica depende de la interacción entre planta– hongo y el ambiente abiótico es, por tanto, necesario evaluar el rol que desempeñan las micorrizas en la fertilidad de los suelos tropicales, ya que existen diferencias entre las zonas templadas y tropicales (Lozano et al. 2015).

2.1.5 Micorrizas en el cultivo de Caña de Azúcar.

Se reconoce el efecto que tienen los HMA en la producción de caña de azúcar el cual puede llegar a sustituir los fertilizantes minerales considerando previamente la fertilidad del suelo. La utilización de biofertilizantes, como en este caso los HMA pueden llegar a producir hasta 93.5 toneladas de biomasa, una concentración de azúcares de 24.3 oBrix, y una altura de planta

de caña de los 2.44 m. sin adicionar o aplicar fertilizantes minerales (Ingeniantes 2019).

La aplicación de micorrizas en caña de azúcar puede ser en cualquier etapa fenológica, lo cual puede sugerir que no sea un impedimento para ingenios en los cuales ya tengan sembrado sus cultivos, la capacidad de absorción de las plantas micorrizadas es aumentada facilitando la absorción de elementos que son poco móviles como el P (Navarro 2019).

La aplicación de micorrizas se puede efectuar en cualquier momento de desarrollo del cultivo. Sin embargo, es recomendable que la inoculación se haga en las primeras etapas de crecimiento de las plantas, ya que la simbiosis favorece su nutrición. Esto las hace más robustas y, por lo tanto, mejor adaptadas para soportar condiciones de estrés, como cuando son trasplantadas a un sitio definitivo (Ramírez et al. 2020).

Un aspecto de gran interés en el empleo de las micorrizas es lo relacionado a la nutrición del fósforo (P) ya que estas desempeñan un importante papel en la toma de este elemento, en suelos principalmente donde la disponibilidad de este elemento debido a características químicas y físicas del suelo el porcentaje de asimilación resulta mínima (Gómez 2015).

Son muy pocos los estudios llevados a cabo sobre micorrizas en la caña de azúcar, lo anterior se debe principalmente a la baja dependencia micotrófica de este cultivo y a su largo ciclo de desarrollo, por lo que los efectos de la inoculación con hongos micorríticos arbusculares, no pueden ser evaluados en experimentos de corta duración (Daza et al. 2012), sin embargo, se ha encontrado que la caña de azúcar como cultivo perenne, tiene un gran potencial para mejorar su desempeño, posible de alcanzar mediante la inoculación con micorrizas vesículo arbusculares (Tahuico 2005).

(Ingeniantes 2019) En su investigación realizó la aplicación de 60

propágulos mínimo por gramo de las especies *Sclerocystis sinuosa*, *Acaulospora excavata*, *Acaulospora morowiae*, *Funneliformis mosseae*, *Acaulospora kentinensis*, *Acaulospora scrobiculata*, se preparó una solución de sacarosa al 70% y con ella se impregno la caña de siembra y se aplicó el inóculo en una dosis de 2 kg por Ha.

Se muestrearon un total de 2 cepas de caña por parcela, tomadas al azar, sacando una cepa por hilera de muestreo, se colocaron 100 gramos por metro de Mycoral®, sembrando la caña seguidamente. Se definió tamizando 100 g de suelo y tomando la parte más fina de suelo diluyéndola en 25 ml de agua y centrifugándola, luego se tomó una submuestra de 1 ml la cual fue llevada al microscopio para realizar el conteo de esporas. Se determinó por el método de tinción de raíces utilizando Azul de tripano el cual tiñe las vesículas y arbusculos resaltando estas estructuras somáticas de la micorriza facilitando la visibilidad e identificación de las mismas (Tahuico 2005).

2.2 MARCO METODOLÓGICO

El presente documento a base de componente práctico se desarrollará con la compilación de todo tipo de información a modo de investigación en las diversas páginas web, artículos científicos, fuentes y documentaciones bibliográficas disponibles en las plataformas digitales.

Finalizando, cabe resaltar que toda la información obtenida será efectuada mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen, con el objetivo de instaurar la información específica en correspondencia a este proyecto, que lleva por temática beneficios de las micorrizas aplicadas al cultivo de caña de azúcar, destacando de esta manera su importancia y fundamentos generales para el consentimiento académico y social del lector.

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Desarrollo del caso

Una de las principales limitantes de la mayoría de los sistemas de producción de caña de azúcar está relacionada con estrés hídrico y nutricional. En este sentido, los hongos formadores de micorrizas arbusculares incrementan la capacidad de toma de agua y aumentan la eficiencia en el transporte de nutrientes del suelo a la planta, en específico al P poco móvil en el suelo, al extender las hifas extra radicales a través de las zonas rizosféricas, lo que significa incremento en la generación de condiciones favorables para el desarrollo de biomasa vegetativa y mejorando la traslocación de nutrientes (Wilches et al. 2022).

Con la utilización de las micorrizas como biofertilizantes no se suprime la aplicación de fertilizantes, sino que fertilizar se vuelve más eficiente y puede disminuirse la dosis a aplicar desde comúnmente 50-80 % y en ocasiones hasta un 100 %. Se plantea que, de las cantidades de fertilizantes aplicadas, sólo se aprovecha un 20 %, y el resto normalmente se filtra o se lixivia sin remedio; con la aplicación de los hongos micorrízicos, se recupera un porcentaje mucho mayor; ya que las hifas del micelio pueden captar más nutrimentos hasta 40 veces mayor (Latacela et al. 2017).

Los efectos beneficiosos de las micorrizas son muy conocidos, 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 disminuir el uso de fertilizantes químicos y reducir por consiguiente los problemas de contaminación que el uso excesivo de fertilizantes causa (Cuenca et al. 2007).

Una de las limitantes para que se lleve a cabo la asociación micorrítica es el nivel de fósforo presente en el suelo, ya que niveles altos de fósforo inhiben el funcionamiento adecuado de la micorriza, evitando la expresión de los beneficios de la misma, este suelo tiene niveles muy altos de Fósforo, los que posiblemente interfirieron con la asociación micorrítica (Tahuico 2005).

Los requerimientos nutricionales en el cultivo de caña de azúcar son facilitados por medio de fertilizantes sintéticos, en los últimos tiempos el precio de los productos químicos ha aumentado de tal forma que es necesario evaluar propuestas para reducir la cantidad de fertilizantes aplicados, mediante el aprovechamiento de organismos que tengan capacidad de mejorar la asimilación de los nutrientes disponibles en suelo (CONADESUCA 2015).

Debido a el manejo de fertilizantes sintéticos y los daños que son provocados del uso excesivo de estos, se generaron nuevas alternativas promoviendo el uso de microorganismos que tienen la capacidad de beneficiar los cultivos a través del aprovechamiento de nutrientes que son difíciles de absorber para las plantas; Estos microorganismos son denominados biofertilizantes que al ser inoculados pueden vivir asociados o en simbiosis y se encuentran de manera natural en los suelos abarcando muchos grupos (Grageda et al. 2012).

En caña de azúcar, un complejo de especies de *Glomus* denominado "Micorriza" demostró tener efectos significativos en reducir las pérdidas de plantas micro propagadas para ser transferidas al suelo de 12.9 a 8.9% además, de que hubo un efecto en el aumento de la altura, el sistema radical y mejorar la cantidad de materia seca de la planta (Soria et al. 2001).

Al realizar un experimento en campo con a) inóculo nativo b) *Funneliformis mosseae* c) *F. mosseae* + Fertilizante con P al 50% d) *F. mosseae* +

Fertilizante con P al 100%, observaron que los mejores resultados se obtuvieron con el tratamiento de *F. mosseae* + fertilizante al 50% se consiguió un aumento en la productividad y la biomasa (Juntahum et al. 2019).

El uso de inóculos comerciales de micorrizas es una tendencia que va en aumento, esto debido a los componentes biológicos activos que no generan toxicidad y su residualidad insiste en un mejoramiento de la calidad biológica de la mayoría de los agroecosistemas que han sido expuestos durante años al uso excesivo de fertilizantes químicos y plaguicidas que han afectado durante mucho tiempo a miles de personas que se dedican a la agricultura convencional (Peterson 2010).

2.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Limitaciones que rodean al cultivo de caña de azúcar y no permite una producción exitosa son por lo general problemas hídricos y desbalances nutricionales y es que al tener suelos saturados y en exceso trabajados, estos suelen carecer de las condiciones óptimas para completar sus fases fenológicas sin dificultades como lo afirma (Wilches et al. 2022) al igual que (Cuenca et al. 2007), indican que macro elementos que son difíciles de sintetizar al ser pocos móviles como el P y que son un inconveniente en la nutrición de la caña de azúcar, investigaciones demuestran que las plantas al ser micorrizadas tienen tendencia a facilitar la traslocación de nutrientes de difícil absorción debido a la biomasa que es generada al crearse una simbiosis entre la planta y las micorrizas.

(Tahuico 2005) indica en su trabajo de investigación como el exceso de P en el cultivo de caña de azúcar inhibe las capacidades benéficas de las micorrizas, aunque el fósforo es un elemento poco móvil y las micorrizas ayudan a absorber este elemento se debe tener en cuenta que puede ser una

desventaja la mucha presencia de este elemento y si usamos las micorrizas en caña de azúcar no obtendremos los beneficios esperados en suelos saturados de P.

El uso continuo de fertilizantes químicos solo es parte de nuestra agricultura convencional la cual acude a los “beneficios” de estos para enmendar daños ocasionados por los mismos plaguicidas que son por lo general de difícil absorción para las plantas, aunque son muchos los beneficios de las micorrizas varios autores no proponen eliminar por completo el uso de fertilizantes sintéticos, ya que esta simbiosis trabaja junto al sistema radicular absorbiendo mejor los nutrientes del suelo, mas no genera o crea elementos que son necesarios para la planta como lo indica (Latacela et al. 2017) no obstante esta asociación se vuelve eficaz por los beneficios que las micorrizas pueden brindar.

El uso de las micorrizas es de gran beneficio en la agricultura y en la generación de producciones eficientes al ser su asociación simbiótica con la mayoría de plantas, viable y siendo ésta una técnica que se podría utilizar en la agricultura moderna la cual busca disminuir o reemplazar el uso de fertilizantes químicos que son ecoamigables como lo sugiere en su investigación (Soria et al. 2001) al igual que (Grageda et al. 2012) que insta a que en los nuevos tiempos debido al daño excesivo de químicos se sugiere el uso de microorganismos benéficos como las micorrizas como opción viable de nuevas alternativas de uso de biofertilizantes.

3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 CONCLUSIONES

La implementación de microorganismos micorrízicos en caña de azúcar no es algo que se realiza en el Ecuador son nulos los trabajos de investigación realizados sin embargo en países hermanos se usan estos microorganismos para aprovechar las virtudes que provocan las micorrizas en la producción cañera.

Se reconoce las bondades de las micorrizas al estar asociadas a los cultivos, asociaciones que son ecológicamente viables entre hongos y la gran mayoría de plantas siendo esta una opción muy útil para una agricultura sustentable. La inclinación hacia una agricultura amigable al medio ambiente permite abrirnos paso a la búsqueda y exploración de alternativas que brinde salud al suelo al igual que la incorporación de materia orgánica.

Las micorrizas pueden ofrecer grandes beneficios al cultivo de caña de azúcar al agruparse con el sistema radicular de este cultivo, sobre todo en la absorción de P.

Es importante resaltar que el uso de micorrizas no sugiere la eliminación por completo del uso fertilizantes químicos sino un uso menor de químicos, por el contrario, se sugiere un mejor aprovechamiento de estos para el beneficio del cultivo y el agricultor obteniendo así una producción más eficiente.

3.2. RECOMENDACIONES

- Se deben realizar estudios sobre el uso de micorrizas en caña de azúcar en las zonas del Ecuador donde este cultivo es mayormente sembrado.
- Incentivar al uso de hongos micorrizicos para obtener características morfológicas deseables en la caña de azúcar,
- Hacer análisis de P en los terrenos donde se usará micorrizas para no tener efectos adversos.
- Realizar estudios sobre el trabajo en conjunto de fertilizantes sintéticos y micorrizas para verificar las aplicaciones correctas de químicos para aprovechar al máximo los beneficios de las micorrizas

4 REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar Ulloa, W; Arce Acuña, P; Galiano Murillo, F; Torres Cruz, TJ. 2015. Spore isolation and evaluation of inoculation methods in the production of mycorrhizae in trap crops Aislamiento de esporas y evaluación de métodos de inoculación en la producción de micorrizas en cultivos trampa. .
- Bagyaraj, J; Stürmer, S. 1995. Hongos micorrizógenos arbusculares (HMA). :217-242.
- Balderas Alba, I. 2019. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS “Infectividad y efectividad de hongos micorrícicos arbusculares en aguacate (. s.l., UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT. 94 p.
- Barcia, W. 2012. Producción de la caña de Azúcar en el Ecuador (en línea, sitio web). Disponible en <http://ambitoeconomico.blogspot.com/2012/10/produccion-de-la-cana-de-azucar-en-el.html>.
- Carreón Abud, Y; Gomez Dorantes, N; Martínez Trujillo, M. 2013. Las micorrizas arbusculares en la protección vegetal. Revista Biológicas 10(1):60-70.
- CONADESUCA. 2015. Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar FICHA TÉCNICA DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum Officinarum* L .) Publicación Enero 2015. Ficha Técnica (México):19.
- Cuenca, G; Caceres, A; Oirdrobo, G; Hasmy, Z; Urdaneta, C. 2007. LAS MICORRIZAS ARBUSCULARES COMO SUSTENTABLE EN AREAS TROPICALES. .
- Daza, M; Arcila, G; López, J. 2012. INOCULACIÓN CON ENDOMICORRIZA DE LOS GENEROS GLOMUS SPP., ACAULOSPORA SPP. Y ENTROPHOSPORA SPP., EN CAÑA DE AZÚCAR CC8592 PARA REDUCIR LA LÁMINA DE RIEGO APLICADA DE ACUERDO AL BALANCE HÍDRICO. (en línea). s.l., Universidad del Valle. 88 p. Disponible en

<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/9014/CB-0472534.pdf?sequence=1>.

Duarte, O; Gonzalez, J. 2019. Guía Técnica del cultivo de caña de azúcar. San Lorenzo, Paraguay., s.e. 44 p.

Estupiñán-díaz, S; Vargas-vargas, I. 2017. Mainpack 10.0. Software para la gestión de la actividad de mantenimiento en la industria azucarera. ICIDCA 49:3-7.

FAO. 2012. Perspectivas para el medio ambiente. Agricultura y medio ambiente. Perspectivas para el medio ambiente. Agricultura y medio ambiente . DOI: <https://doi.org/10.4060/cb1447es>.

Gómez Chancosa, L. 2015. "EFECTO DE LA MICORRIZACIÓN Y LA ABONADURA ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE MASHUA (TROPAEOLUM TUBEROSUM) EN LA VARIEDAD AMARILLA TARDÍA EN LA ZONA DE CARANQUI, PROVINCIA DE IMBABURA (en línea). s.l., Universidad Técnica de Babahoyo. 77 p. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/723/T-UTB-FACIAG-AGR-000128.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Grageda Cabrera, OA; Díaz Franco, A; Peña Cabriales, JJ; Vera Nuñez, JA. 2012. Impacto de los biofertilizantes en la agricultura * Impact of biofertilizers in agriculture Resumen. 3:1261-1274.

Inec, IN de E y. 2021. Boletín Técnico «Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, 2020». Boletín Técnico :1-15.

Ingeniantes. 2019. Efecto de hongos formadores de Micorriza arbuscular (hma) con fertilización en caña de azúcar , en Tepalcatepec Michoacán. 2(2):81-84.

Juntahum, S; Jongrunklang, N; Kaewpradit, W; Lumyong, S; Boonlue, S. 2019. Impact of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth and Productivity of Sugarcane Under Field Conditions Impact of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth and Productivity of Sugarcane Under Field Conditions (en línea). Sugar Tech 22(3):451-459. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12355-019-00784-z>.

Latacela Coello, W; Colina Navarrete, E; Castro Arteaga, C; Santana Aragon, D; León Paredes, J; García Vásquez, G; Goyes Cabezas, M; Vera Suarez,

- M. 2017. Efectos De La Fertilización Nitrogenada Y Fosfatada Sobre Poblaciones De Micorrizas Asociadas Al Cultivo De Cacao. *European Scientific Journal*, ESJ 13(6):464. DOI: <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n6p464>.
- Lozano, D; Armbrrecht, I; Montoya, J. 2015. Hongos formadores de micorrizas arbusculares y su efecto sobre la estructura de los suelos en fincas con manejos agroecológicos e intensivos. 64:289-296.
- Mujica Pérez, Y; Medina Carmona, A; Rodríguez Guerra, E. 2017. INOCULACIÓN DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES Y BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL EN EL CULTIVO DE MANÍ (*Arachis hypogaea* L .) Inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting bacteria in peanut crop (*Arachis hypogaea*. 38(2):15-21.
- Navarro Franco, J. 2019. EFECTOS BENEFICIOSOS DE LAS MICORRIZAS SOBRE LAS PLANTAS. .
- Patricia, A; Morocho, D. 2020. Universidad estatal amazónica departamento de ciencias de la tierra carrera ingeniería agroindustrial. .
- Pérez, H; Santana, I; Rodríguez, I. 2015. Producción de caña de azúcar Tomo II. Manejo sostenible de tierras en la Producción de caña de azúcar. .
- Peterson, L. 2010. Biofertilizantes bioprotectores y bio restauradores micorrizas para la producción agroecológica en las fincas de los Productores de café. Federación ed Managua .
- Prado Pérez de Corcho, R; Herrera-Suárez, M; Ramírez-Moreira, K; Lucas-Grzelczyk, M; Jarre-Cedeño, C; Pérez de Corcho-Fuentes, J; S. 2018. Factores limitantes para la mecanización de la caña de azúcar en la provincia Manabí, Ecuador. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 27(4):1-11.
- Praveen, V; Vered, R. 2015. Introducción de la caña de azúcar (en línea, sitio web). Consultado 12 jul. 2022. Disponible en <http://www.sugarcane crops.com/s/introduction/%0A%0A>.
- Ramírez Gómez, MM; Peñaranda Rolón, AM; Serralde Ordóñez, DP; Pérez Moncada, UA. 2020. Producción y aplicación de hongos formadores de

micorrizas en vivero de caña para panela. Manual práctico de uso. s.l., s.e.
DOI: <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7403732>.

Rodriguez Luqueño, ME. 2021. “ Evaluación de micorrizas arbusculares nativas del estado de Morelos en el desarrollo de plantas de caña de azúcar y en el biocontrol de *Fusarium andiyazi* ” (en línea). s.l., UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS. 98 p. Disponible en <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/1677/ROLEQG00T.pdf?sequence=1>.

Rojas Rodriguez, K; Ortuño, N. 2007. Evaluación de micorrizas arbusculares en interacción con abonos orgánicos como coadyuvantes del crecimiento en la producción hortícola del Valle Alto de Cochabamba , Bolivia (en línea). 3:697-719. Disponible en <http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v3n4/v3n4a05.pdf>.

Soria, E; REYES, C; OCCEGUERA, Z; PEREIRA, C. 2001. Micorrización de plantas micropropagadas de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Agric. Tec 61(4):pp.436-443.

Tahuico Reyes, JS. 2005. Respuesta de caña de azúcar a la inoculación con micorrizas vesiculo arbusculares en el Ingenio Tres Valles, Honduras (en línea). :34. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5267/1/CPA-2005-T086.pdf>.

Wilches Ortiz, W; Ramírez Gómez, M; Reyes Méndez, L; Pérez Moncada, U; Serralde Ordoñez, D; Peñaranda Rolón, A. 2022. for panela in Suaita-Santander , Colombia. 9:1-14.

Yara. 2022. Principios agronómicos en caña de azúcar (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/cana-de-azucar/la-produccion-mundial-de-cana-de-azucar/>.