

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**  
**EXTENSIÓN EL CARMEN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO AGROPECUARIO

**“HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES (HMA) EN LA  
PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE PLÁTANO  
(*Musa AAB*)”**

**AUTOR:**

Meza Mecias Javier Antonio

**TUTOR:**

Ing. Vivas Cedeño Jorge Sifrido, Mg

**El Carmen, Marzo del 2023**

	<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO:</b> <b>CERTIFICADO DE TUTOR(A).</b>	<b>CÓDIGO: PAT-</b> <b>04-F-010</b>
	<b>PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES</b> <b>DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN</b> <b>CURRICULAR</b>	<b>REVISIÓN: 1</b>
		Página II de 59

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Extensión El Carmen de la carrera Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de investigación bajo la autoría del estudiante Meza Mecias Javier Antonio, legalmente matriculado/a en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2022-2023, cumpliendo el total de 384 horas, bajo la opción de titulación de trabajo experimental, cuyo tema del proyecto o núcleo problemático es “Hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en la productividad del cultivo de plátano (*MUSA AAB*)”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 6 de enero de 2023.

Lo certifico,

Ing. Vivas Cedeño Jorge Sifrido, Mg

**Docente Tutor(a)**

**Área:** Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ**  
**EXTENSIÓN EL CARMEN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TÍTULO:**

**"HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES (HMA) EN LA PRODUCTIVIDAD DEL  
CULTIVO DE PLÁTANO (*Musa AAB*)"**

**AUTOR:** Meza Mecias Javier Antonio

**TUTOR:** Ing. Vivas Cedeño Jorge Sifrido, Mg

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO AGROPECUARIO**

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

**MIEMBRO:** Ing. González Dávila Ricardo Paul, Mg

**MIEMBRO:** Ing. Cedeño Zambrano José Randy, Mg

**MIEMBRO:** Ing. Cobeña Loor Nexar Vismar, Mg

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, dedicárselo a Dios ya que es uno de los pilares principales en cualquier proyecto que uno se proponga en la vida, gracias a sus bendiciones he logrado alcanzar por lo que me he esforzado y luchado durante 5 largos años, para ser un Ingeniero Agropecuario.

A mis padres por inculcarme buenos valores, a mis abuelos de los cuales he aprendido muchas cosas sobre el campo y me brindan ese apoyo con el cual puedo seguir adelante y no rendirme, para poder lograr mi objetivo.

De igual manera a mis familiares que de diferente manera brindan ese apoyo moral que a veces uno necesita para continuar, en especial a mi tía que me da esa motivación extra para lograr todo lo que me propongo.

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento especial a Dios el cual siempre ha estado conmigo de la mano bendiciéndome y protegiéndome en cada paso que doy, por la salud y sobre todo al inicio del COVID el cual fue un par de años terribles para la humanidad y para el Ecuador, pero jamás me abandonó en esa época muy dura para todos.

A mis padre y hermanos que forman parte fundamental de este logro alcanzado, a mis abuelos que son el combustible principal que alimentan mis ganas de superarme cada día, en especial a mi mamita como le digo de cariño Mariana Bravo la cual es la que más orgullosa se siente por lo que voy a lograr.

De igual forma a los amigos, familia y compañeros de aula que siempre estuvieron ahí brindando esa ayuda y apoyo para cumplir con los deberes que a veces se me complicaba, a mi tía Yoly Mesías por siempre apoyarme, aconsejarme y creer en mi a pesar de que muchas veces quise rendirme.

De manera muy especial a mi tutor, Ing. Vivas Cedeño Jorge Sifrido ya que sin su guía esto no fuese posible, a todos aquellos profesores que fueron parte de mi vida universitaria de los cuales me llevo el mejor de los aprendizajes, dedicación y esfuerzo para lograr la meta final.

## ÍNDICE CONTENIDOS

<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	<b>II</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>V</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XIII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XIV</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>18</b>
<b>1.1 El Cultivo de Plátano</b> .....	<b>18</b>
1.1.1 Generalidades del Cultivo .....	18
<b>1.2 Características morfológicas</b> .....	<b>18</b>
1.2.1 Raíz .....	18
1.2.2 Tallo .....	18
1.2.3 Pseudotallo .....	19
1.2.4 Hojas .....	19
1.2.5 Inflorescencia .....	19
1.2.6 Fruto.....	19
<b>1.3 Requerimientos edafoclimáticos.</b> .....	<b>19</b>
1.3.1 Clima.....	19
1.3.2 La pluviosidad.....	20
1.3.3 El viento .....	20
1.3.4 El suelo.....	20
1.3.5 Luminosidad.....	20
<b>1.4 Las micorrizas</b> .....	<b>20</b>
1.4.1 Generalidades de las micorrizas.....	20
1.4.2 Micorrizas Arbusculares .....	21
1.4.3 Micorrizas Arbusculares en la absorción de Fósforo .....	22

1.4.4	Importancia de las Micorrizas .....	23
1.4.5	Mecanismos y proceso de colonización .....	23
1.4.6	Otras Micorrizas de Interés .....	24
<b>1.5</b>	<b>La cámara térmica .....</b>	<b>24</b>
<b>CAPITULO II</b>	<b>.....</b>	<b>25</b>
<b>INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>.....</b>	<b>25</b>
<b>Resumen de investigaciones similares al proyecto de investigación.</b>	<b>.....</b>	<b>25</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>.....</b>	<b>26</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>.....</b>	<b>26</b>
<b>3</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1</b>	<b>Localización de la unidad experimental.....</b>	<b>26</b>
<b>3.2</b>	<b>Caracterización agroecológica de la zona .....</b>	<b>26</b>
<b>3.3</b>	<b>Variables Independientes .....</b>	<b>26</b>
3.3.1	Métodos y Técnicas.....	27
3.3.2	Frecuencia de Aplicación.....	27
<b>3.4</b>	<b>Variables Dependientes.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>3.5</b>	<b>Unidad Experimental.....</b>	<b>27</b>
<b>3.6</b>	<b>Tratamientos.....</b>	<b>27</b>
<b>3.7</b>	<b>Características de las Unidades Experimentales.....</b>	<b>28</b>
<b>3.8</b>	<b>Análisis Estadístico.....</b>	<b>28</b>
<b>3.9</b>	<b>Instrumentos de medición .....</b>	<b>29</b>
3.9.1	Materiales y equipos de campo .....	29
3.9.2	Materiales de oficina .....	29
3.9.3	Manejo del ensayo.....	30
<b>3.10</b>	<b>Datos tomados .....</b>	<b>30</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>.....</b>	<b>31</b>

<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>31</b>
<b>4 RESULTADOS Y VARIABLES DE ESTUDIO .....</b>	<b>31</b>
<b>4.1 Variables vegetativas.....</b>	<b>31</b>
4.1.1 Porcentaje de germinación .....	31
4.1.2 Altura de planta .....	32
4.1.3 Diámetro del pseudotallo .....	33
4.1.4 Número de hojas .....	34
4.1.5 Área foliar .....	36
4.1.6 Número y peso de raíces .....	37
4.1.7 Tasa de colonización y densidad visual del endófito .....	39
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>43</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>43</b>
<b>CAPITULO VI.....</b>	<b>44</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>44</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>45</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Características agroecológicas de la localidad.....	26
<b>Tabla 2.</b> Disposiciones de los tratamientos en estudio.....	28
<b>Tabla 3.</b> Características de la unidad experimental.....	28
<b>Tabla 4.</b> Esquema de ADEVA .....	29
<b>Tabla 5.</b> Resultados para los tratamientos de la variable porcentaje de germinación	31
<b>Tabla 6.</b> Resultados para los tratamientos de la variable altura de planta.....	32
<b>Tabla 7.</b> Resultados para los tratamientos de la variable diámetro de pseudotallo ....	33
<b>Tabla 8.</b> Resultados para los tratamientos de la variable número de hojas .....	35
<b>Tabla 9.</b> Resultados para los tratamientos de la variable área foliar .....	36
<b>Tabla 10.</b> Resultados para los tratamientos de la variable número y peso de raíces..	38
<b>Tabla 11.</b> Resultados para los tratamientos de la variable tasa de colonización y densidad del endófito de micorriza .....	39
<b>Tabla 12.</b> Análisis económico de los tratamientos.....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Asociación de hifas de hongo-raíz .....	21
<b>Figura 2.</b> Esporas producidas por los hongos formadores de micorrizas (HFM) .....	22
<b>Figura 3.</b> El fósforo se mueve muy lentamente en la solución del suelo, por lo que la eficiencia de la fertilización fosfórica es muy baja y la tarea de captarlo recae en las hifas de las Endomicorrizas .....	23
<b>Figura 4.</b> Medias de la variable porcentaje de germinación .....	31
<b>Figura 5.</b> Medias de la variable altura de planta .....	32
<b>Figura 6.</b> Medias de la variable diámetro de pseudotallo .....	34
<b>Figura 7.</b> Medias de la variable número de hojas. ....	35
<b>Figura 8.</b> Medias de la variable área foliar. ....	37
<b>Figura 9.</b> Medias de las variables número y peso de raíces .....	38
<b>Figura 10.</b> Medias de las variables tasa de colonización y densidad visual del endófito de micorriza. ....	40

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación .....	49
<b>Anexo 2.</b> Análisis de varianza para la variable altura de planta .....	49
<b>Anexo 3.</b> Análisis de varianza para la variable diámetro de pseudotallo .....	49
<b>Anexo 4.</b> Análisis de varianza para la variable número de hojas .....	49
<b>Anexo 5.</b> Análisis de varianza para la variable área foliar .....	49
<b>Anexo 6.</b> Análisis de varianza para las variables número y peso de raíces .....	50
<b>Anexo 7.</b> Análisis de varianza para las variables tasa de colonización y densidad del endófito de micorriza .....	50
<b>Anexo 8.</b> Foto 1 micorriza comercial utilizada para su multiplicación. ....	50
<b>Anexo 9.</b> Foto 2 adecuación de la cama para la siembra del frejol inoculado.....	51
<b>Anexo 10.</b> Foto 3 inoculación del fréjol con micorriza para su respectiva siembra. ...	51
<b>Anexo 11.</b> Foto 4 siembra de las semillas micorrizadas. ....	51
<b>Anexo 12.</b> Foto 5 fréjol desarrollado con el cual se multiplico las micorrizas.....	52
<b>Anexo 13.</b> Foto 6 distribución de las fundas llenadas con sustrato esterilizado.....	52
<b>Anexo 14.</b> Foto 7 análisis del sustrato obtenido de la multiplicación de micorriza. ...	53
<b>Anexo 15.</b> Foto 8 recolección de los cebollines de plátano. ....	54
<b>Anexo 16.</b> Foto 9 limpieza de los cebollines. ....	54
<b>Anexo 17.</b> Foto 10 siembra de los cebollines. ....	55
<b>Anexo 18.</b> Foto 11 rotulación de los diferentes tratamientos. ....	55
<b>Anexo 19.</b> Foto 12 aplicación del sustrato con micorriza a los diferentes tratamientos con sus respectivas dosis.....	56
<b>Anexo 20.</b> Foto 13 aplicación de fertilizante a dos tratamientos. ....	56
<b>Anexo 21.</b> Foto 14 toma de datos de las diferentes variables.....	57

<b>Anexo 22.</b> Foto 15 conteo y peso de la raíz.....	58
<b>Anexo 23.</b> Foto 16 resultado de los diferentes tratamientos, plantas totalmente desarrolladas. ....	58
<b>Anexo 24.</b> Foto 17 plantas listas para el trasplante.....	58
<b>Anexo 25.</b> Foto 18 análisis de laboratorio de los diferentes tratamientos. ....	59

## RESUMEN

El presente estudio se ejecutó con el objetivo de evaluar el efecto de los Hongos Micorrízicos Arbusculares HMA en el cultivo de plátano (*Musa AAB*) en fase de vivero bajo condiciones de cámara térmica, en el cantón El Carmen, Manabí. Se utilizó un DBCA, y se inoculó diferente dosis del sustrato enriquecido con micorriza una sola vez al iniciar el estudio. Las evaluaciones se realizaron hasta los 70 días después de la siembra. Se encontró que las variables altura de planta, número de hojas y diámetro del pseudotallo no mostraron diferencias estadísticas significativas con una probabilidad del 95% hasta los 70 días después de la siembra, mientras que para las variables área foliar, peso de raíces, número de raíces y tasa de colonización se observó diferencias significativas. La dosis del inóculo que mostró mayor respuesta fue el correspondiente a 120 g de micorriza, y la aplicación de fertilizante edáfico fosforado contribuye a incrementar el área foliar de la planta.

**Palabras claves:** Tasa de colonización, área foliar, inóculo, musáceas

## ABSTRACT

The present study was carried out with the objective of evaluating the effect of arbuscular mycorrhizal fungi on plantain (musa aab) cultivation in the nursery phase under thermal chamber conditions, in the canton of el Carmen, Manabí. A DBCA was removed, and different doses of the mycorrhizal-enriched substrate were inoculated once at the start of the study. The evaluations were carried out up to 70 days after sowing. It was found that the variables plant height, number of leaves and pseudostem diameter did not show significant statistical differences with a probability of 95% up to 70 days after planting, while for the variables leaf area, root weight, number of and root colonization rate, significant differences were found. The dose of the inoculum that showed the greatest response was the one corresponding to 120 g of mycorrhiza, and the application of phosphorous edaphic fertilizer contributes to increase the leaf area of the plant.

**Keywords:** Colonization rate, leaf area, inoculum, Musaceae.

## INTRODUCCIÓN

La planta de plátano es monocotiledónea, considerado junto al banano uno de los cultivos con mayor importancia a nivel mundial ocupando el cuarto lugar solo por detrás de cultivos cereales como el maíz, arroz y trigo; está presente en la canasta básica familiar además de generar grandes fuentes de empleo en muchos países tropicales y subtropicales, es originario del sudeste asiático incluido India, Tailandia y Australia (Bolaños, 2020).

En Ecuador, el cultivo no solo es considerado un producto tradicional es también de importancia en el país, generando divisas que ayudan a la economía familiar de las zonas productoras; en el país se producen dos tipos principales de musáceas: banano el cual es mayormente producido en Guayas y Los Ríos, barraganete se produce entre los cantones Santo Domingo y El Carmen. Los Ríos junto a las provincias de Santo Domingo y Manabí forma parte del denominado triángulo platanero del Ecuador (Alcivar y Muñoz, 2022).

Unos de los principales sectores que generan ingresos al Ecuador es el agrícola gran parte de su desarrollo depende de esta actividad, entre los más importante tenemos el plátano en sus distintas variedades siendo el cuarto producto de mayor exportación; la producción de plátano barraganete al paso del tiempo ha ido perdiendo terreno debido que el costo de producción es muy elevado, motivo por el cual los agricultores se ven en la necesidad de cambiar de cultivo o dejar perder la plantación.

Diario expreso manifestó que.

De acuerdo con datos proporcionados por la Federación Nacional de Productores de Plátano del Ecuador (FENAPROPE), entre enero y junio de 2021, Ecuador tuvo una producción de 56.948.758 cajas de plátano fresco y 1.597.032 de plátano seco, *snack* o chifles. Pero este año, en ese mismo período, la producción ha experimentado una contracción del 50%. Sin embargo, el plátano verde ecuatoriano, en su presentación *snack*, abre nuevos mercados en Estados Unidos y África. (Cheme L.,2022, pág. 10).

Cedeño, Sánchez y Ortiz (2018) hacen énfasis en que:

La mayor área para cultivos de plátano se encuentra en el cantón El Carmen de la provincia de Manabí, la producción anual en Manabí representa aproximadamente el 45,10% respecto a la producción nacional de este cultivo y alrededor del 70% de la

producción de la región Costa, además constituyen el mayor exportador del producto hacia Estados Unidos y Europa; los plataneros de la zona de El Carmen tienen grandes ventajas respecto a los productores de otras regiones del país entre ellas pueden considerarse el clima y las condiciones del suelo que favorecen el cultivo. (pág. 17)

La dependencia a los fertilizantes químicos para aumentar la producción de los cultivos tiene efectos negativos en la naturaleza como la contaminación de suelos y agua lo que hace que estos recursos se vayan degradando, varios microorganismos como los hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) tienen la capacidad de incrementar la absorción de los elementos esenciales para las plantas por los que se podría aumentar la eficiencia en el uso de los fertilizantes tanto químicos como naturales; lo que nos llevaría a eliminar o disminuir el uso de fertilizante aplicado al suelo (Quiñones, Acosta, Enriquez, y Cerrato, 2012).

Vivas, Yosbel, Gonzalez y Robles (2018) Para alcanzar un mayor beneficio de los hongos micorrizicos en la producción de plátano se recomienda la aplicación de la HMA en cultivos de temprana edad, por su mayor adaptabilidad a las condiciones del ambiente y tienen un desarrollo más eficiente.

La investigación, busca resolver la problemática del sector platanero en cuanto al desarrollo y producción del plátano barraganete en el Carmen; debido que los agricultores necesitan de alternativas para mejorar su producción a bajos costos, su importancia radica ya que, al ser uno de los principales exportadores a nivel mundial, tienen la necesidad de mantener una buena producción para evitar la pérdida o disminución de las exportaciones.

### **Problema científico:**

¿Cuál es el efecto de los hongos micorrízicos arbusculares HMA en la productividad del cultivo de plátano (*Musa AAB*), fase de vivero en condiciones de cámara térmica, en el cantón El Carmen Manabí?

### **Objetivos:**

#### **Objetivo General:**

➤ Evaluar el efecto de los hongos micorrízicos arbusculares HMA en la productividad del cultivo de plátano (*Musa AAB*), fase de vivero en condiciones de cámara térmica, en el cantón El Carmen, Manabí.

**Objetivos Específicos:**

- Estimar el desarrollo y crecimiento de las plantas, en relación con cada tratamiento.
- Cuantificar la colonización de los HMA en las plantas inoculadas.
- Realizar el análisis beneficio costo de los tratamientos.

**Hipótesis:**

El uso de los Hongos Micorrízicos Arbusculares HMA tienen efecto en el cultivo de plátano (*musa AAB*); fase de vivero en condiciones de cámara térmica en el cantón El Carmen Manabí.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 El Cultivo de Plátano

#### 1.1.1 Generalidades del Cultivo

Es considerado el fruto de mayor producción y de mayor exportación por encima de frutas como la manzana, uva, naranja y melón. Su producción se da en más de 150 países en los cinco continentes en la diferente zonas tropicales y subtropicales que aportan a la producción mundial de musáceas, sobresaliendo Latinoamérica y el Caribe como los mayores productores (Alemán, sf).

Botánicamente es una planta herbácea tipo perenne de la familia de la musáceas, conformado por el cormo o tallo subterráneo donde se encuentran las raíces, las yemas laterales o hijos, las vainas (peciolo) de las hojas. Los pecíolos se distribuyen en espiral alrededor del cormo, dando lugar al pseudotallo de la planta y por cuyo centro crecen los ejes florales (inflorescencia) (Bolaños, 2020).

### 1.2 Características morfológicas

#### 1.2.1 Raíz

Es la encargada de la absorción de nutrientes, agua y darle soporte a la planta se compone de raíces primarias y secundaria la cual se originan en la parte baja de la planta que se encuentra bajo tierra y se denomina rizoma. Las raíces primarias pueden alcanzar hasta los hasta los 3 metros de longitud, pero la mayor masa de raíces se localiza en los primeros 60 cm del suelo (Banabiosa, 2022).

Se caracterizan por ser de color blanco cuando emergen y de color amarillenta y duras una vez que se desarrollan bien, con un diámetro que va de 5 a 8 mm y una longitud que puede llegar hasta 2,5-3 cm en crecimiento lateral y 1,5 m en profundidad, las raíces son muy débiles para penetrar el suelo por lo que la distribución radicular va a depender de la textura y estructura del suelo (Bolaños, 2020).

#### 1.2.2 Tallo

Es un rizoma grande que se encuentra en la parte subterránea provisto de yemas las cuales emergen una vez que haya florecido y fructificado la planta, a medida que el chupón del

rizoma alcanza la madurez la yema es empujada hacia arriba por el interior de la planta gracias al alargamiento del tallo y emerge sobre el pseudotallo y se convierte en la inflorescencia (Infoagro, 2020).

### **1.2.3 Pseudotallo**

Se podría decir que es el tronco de la planta se conforma por un conjunto de vainas superpuesta y comprimidas el cual puede estar compuestas por hasta 25 vainas foliares. Una vez que el pseudotallo va creciendo, las hojas van saliendo una tras otra hasta alcanzar su altura máxima el cual pueden llegar a medir hasta 2 m. Este sirve de sostén para la inflorescencia (Banabiosa, 2022).

### **1.2.4 Hojas**

Se origina en el centro del meristema terminal ubicado sobre el rizoma, empieza con la formación del peciolo y la nervadura terminando en filamento, la cual se convertirá en la vaina posteriormente, la hoja se forma en el interior del pseudotallo. Las hojas son de color verde dispuestas en forma de espiral, llegan a medir 2,4 m de largo y 1,5 m de ancho (Infoagro, 2020).

### **1.2.5 Inflorescencia**

Se desarrolla a través del pseudotallo y aparece una vez que la hoja cigarro ha brotado, las primeras en aparecer son las flores femeninas de las cuales se desarrollan las manos de los frutos una vez que esta se desarrolla y se convierten en fruto, la porción distal de la inflorescencia se alarga y produce grupo de flores masculina (estaminadas) estas no se desarrollan y sus estambres no producen polen (Banabiosa, 2022).

### **1.2.6 Fruto.**

Es una baya oblonga en su desarrollo el fruto se dobla geoméricamente dependiendo de su peso, los plátanos son polimórficos, dependiendo su variedad los colores van desde verde, amarillo verdoso, amarillo, amarillo rojizo o rojizo (Infoagro, 2020).

## **1.3 Requerimientos edafoclimáticos.**

### **1.3.1 Clima**

Requieren de un clima cálido con una humedad relativa, con una temperatura de 26-27 °C una lluvia constante y bien distribuida, el desarrollo se detiene a temperaturas menores a

los 18 °C y causando daños en temperaturas menores a 15 °C y mayores a 45 °C (Palencia, Santos y Martin, 2016).

### **1.3.2 La pluviosidad.**

El requerimiento varía de 120-150 mm de precipitaciones mensuales, o 44 mm semanales, la ausencia de agua causa la reducción en el tamaño y números de los frutos disminuyendo el rendimiento final de la cosecha (Intagri, 2018).

### **1.3.3 El viento**

Los vientos fuertes que van desde los 20-30 kmh<sup>-1</sup> pueden causar la ruptura del peciolo de las hojas provocando una transpiración anormal por la ruptura de las estomas causadas por la laceración de la lámina foliar. Los vientos pueden quebrar el pseudotallo incluso arrancar la planta por completo causando pérdidas de hasta un 20 % (Intagri, 2018).

### **1.3.4 El suelo**

Entre los suelos aptos para el crecimiento del plátano están (franco arenoso, franco arcilloso, franco arcillo limoso y franco limoso) debe ser bien permeable sobre todo fértiles y ricos en materias nitrogenadas, son bastante tolerante al suelo ácido que oscilan entre pH 4,5-8 y el óptimo que es de 6,5 (Palencia *et al.*, 2016).

### **1.3.5 Luminosidad**

Para un buen desarrollo de la planta y el racimo es necesario una gran cantidad de luminosidad, como mínimo 1.500 horas luz al año, ya que se ha observado que la disminución alarga el ciclo vegetativo de la planta (Intagri, 2018).

## **1.4 Las micorrizas**

### **1.4.1 Generalidades de las micorrizas**

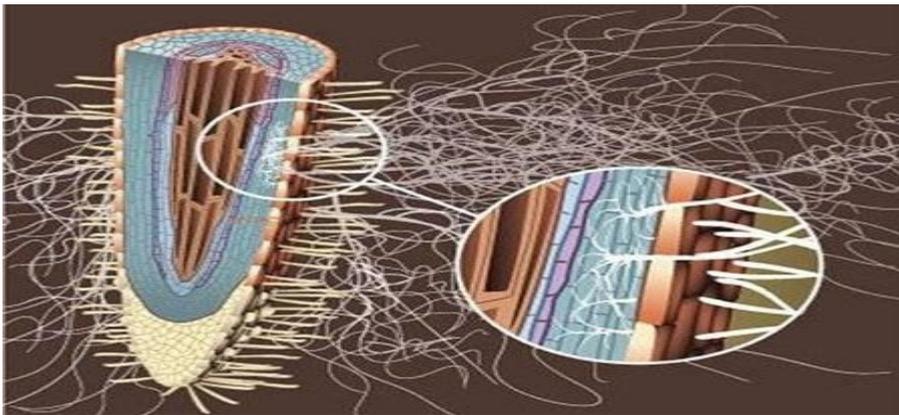
Es un término compuesto por dos palabras, del griego MYKOS (hongo) y del vocablo latín RHIZA (raíz). El botánico Albert Bernard Frank en el año 1885 la utilizó por primera vez para referirse a la asociación que existe entre hongo-raíz. En la naturaleza esa simbiosis se establece de forma natural con más del 80% de las plantas terrestres (Navarro F. , sf).

Se considera micorrización al procedimiento que puede ser natural o artificial, el cual consiste en hacer que la raíz de una planta en crecimiento activo tenga contacto con algún tipo

de hongo micorrícico, esta simbiosis o fusión se lo realiza mediante un proceso de inoculación donde se utiliza la espora o micelio del hongo (Acosta, 2021).

Las micorrizas cumplen un papel de gran importancia en el crecimiento de las plantas, ya que gracias a ellas se puede dar una simbiosis de manera satisfactoria en el cual ambos salen beneficiados, las raíces le aportan azúcares, aminoácidos, ácidos grasos entre otros a los hongos; a su vez este devuelve el favor, transformando los minerales y materia en descomposición en una forma asimilable por las plantas (Symborg, 2022).

**Figura 1.** Asociación de hifas de hongo-raíz



Fuente: (ecoagricultor, sf)

#### **1.4.2 *Micorrizas Arbusculares***

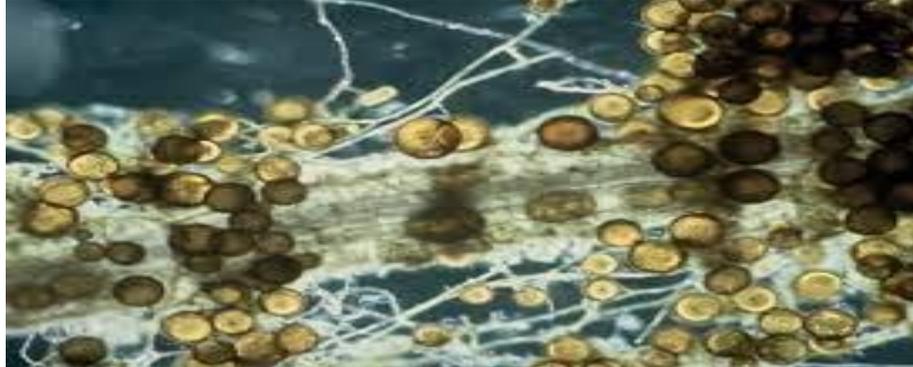
Torres (2010) inicialmente fue clasificada como endomicorriza, también se le ha conocido como micorriza versículo-arbuscular, son biotrofos obligado su principal característica es que penetran la raíz introduciéndose en las células las cuales pueden formar dos tipos de estructuras, la primera, el arbuscúlo que se forma cerca del cilindro vascular de la planta dividiéndose en varias ramificaciones, su principal función es desde el suelo hacia la planta la segunda estructura es llamada vesícula, y puede o no estar presente, dependiendo del hongo.

Las micorrizas arbusculares se caracterizan porque son capaces de extenderse por el interior de la raíz sin causar algún síntoma de enfermedad, lo realizan a través de una estructura llamadas hifas, son capaces de extenderse más allá del área de la rizosfera de la planta. Esto le permite explorar de una mejor manera el suelo y capturar aquellos nutrientes que están alejados de la raíz de la planta, en especial el fósforo que es de poca movilización (Quintana, 2014).

Estas forman una asociación hongo-raíz y se le podría considerar unas de las más extensa de la naturaleza, los hongos micorrícicos están formados por zigomicetos, los cuales

desarrollan una red y son capaces de colonizar por medio de estructura llamadas arbusculos, los cuales cumplen la función de nutriente entre la célula vegetal y el huésped (Gómez, Portuga, Arriaga, y Alonso, 2007).

**Figura 2.** Esporas producidas por los hongos formadores de micorrizas (HFM)



Fuente: (Murillo, 2017).

### **1.4.3 Micorrizas Arbusculares en la absorción de Fósforo**

El nutriente que más estudio ha tenido es el fósforo, debido a su absorción mediada por las micorrizas arbusculares, por motivo que las plantas requieren grandes cantidades y se encuentran poca concentración en el suelo. Esta anomalía sucede porque los iones de fosfato inorgánico se mezclan a los coloides o tienden a fijarse como sales de hierro y aluminio transformándose inmóviles (Aguilera *et al.*, 2017).

En los suelos de humus, incluidos los suelos forestales, la mayor parte del fosfato presente cerca de las raíces de las plantas se encuentra en forma de fitatos (fosfatos de inositol) que son insolubles, pero pueden ser inducidos a formar soluciones mediante las fosfatasas de las raíces o de las hifas fúngicas (Aguilera *et al.*, 2017).

El fósforo es un nutriente de baja movilidad, es absorbido entre 90 % y 92 % por difusión, tienden a formar compuestos insolubles con el aluminio y hierro en pH ácido, con el calcio en pH alcalino, el cual puede ser atrapado y fijado por la arcilla del suelo; por lo tanto, existe la necesidad de encontrar un mecanismo que pueda aumentar la capacidad efectiva del sistema raíz para interceptar de manera rápida este elemento cuando este disponible. En este caso las HMA aumenta el área de absorción de la raíz obtenida a través del sistema micelial que se extiende para alcanzar distancias mayores que los pelos radicales (Monterrosa y Herrera, 2022).

**Figura 3. Hifas de endomicorrizas captando el fósforo.**



Fuente: (Murillo, 2017).

#### ***1.4.4 Importancia de las Micorrizas***

Las micorrizas juegan un papel importante en los ecosistemas terrestres y tienen diversos efectos en la salud de muchas plantas y cultivos. La función del hongo es colonizar la corteza de una raíz en particular sin causar daño, sino que se funde y convierte en parte de ella. El hongo a su vez se esparce a través del micelio externo en el suelo alrededor de las raíces, así ayuda al huésped a obtener minerales y agua (Quintana, 2014).

Aunque la simbiosis entre hongos y plantas está muy extendida en todos los ecosistemas terrestres, esto se debe a que el 90 % a 95 % de las plantas superiores son micorrizadas. La degradación del suelo, el abuso humano de productos químicos, las actividades agrícolas como el arado, los fertilizantes y los agroquímicos. Este abuso ha causado que las micorrizas y sus funciones hayan sufrido cambios serios (Quintana, 2014).

#### ***1.4.5 Mecanismos y proceso de colonización***

**Etapa primera:** En esta etapa empieza la diferenciación de las esporas, sucede la multiplicación del hongo y el reconocimiento mutuo entre hongo y planta, esta identificación se lleva a cabo gracias a sustancias o exudados que son emitidas por la raíz; que estimulan el desarrollo del micelio y un biotropismo positivo del mismo hacia la raíz.

**Segunda etapa:** Consiste en el acercamiento y acoplamiento progresivo y gradual del micelio y la raicilla produciéndose el contacto intercelular, al formarse una estructura que adhesion a ambos especímenes

**Tercera etapa:** Sucede la colonización, el cual produce cambios morfológicos y estructurales en los tejidos colonizados y en la organización de la pared de las raíces; produciéndose la integración de ambos simbios (hongo- raíz), ocasionado una alteración

enzimática, el cual coordinan entre ellas para integrar sus procesos metabólicos (Navarro, 2003).

#### **1.4.6 Otras Micorrizas de Interés**

- Ectomicorrizas
- Orquidoides o micorrizas de oville
- Ectendomicorrizas
- Ericoides
- Monotropoides

#### **1.5 La cámara térmica**

La cámara térmica en la actualidad es usada como un método para limpiar el material de siembra en musáceas, las temperatura que alcanzan (50 °C -70 °C) garantizan la limpieza fitosanitaria del material para la siembra; la termoterapia garantiza la destrucción de los virus los cuales se exterminan por debajo del umbral térmico soportado por las plantas, la temperatura y humedad en la parte interna de la cámara térmica garantiza una semilla libre de plagas y patógenos así como también mejor cantidad de tasa de multiplicación (Rodríguez y Angulo, 2021).

## CAPITULO II

### INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Resumen de investigaciones similares al proyecto de investigación.

Según Ochoa *et al.* (2010) los hongos formadores de micorrizas (HMA) tienen la capacidad de mejorar el crecimiento y nutrición de las plantas y permiten extraer fósforo en forma más eficiente. Este trabajo tuvo el objetivo de determinar el efecto de los HMA en la absorción de nutrientes del banano (*Musa* AAA subgrupo Cavendish clon Valery) y su relación con el nemátodo *Radopholus similis*. El experimento se estableció en un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos, dos de ellos con diferentes cultivos de HMA (*Glomus fasciculatum* y una mezcla de micorrizas nativas a base de *Glomus* spp.), un tratamiento con Vydate, y un testigo. La colonización de los HMA en banano fue exitosa.

Los estudios realizados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos en la supervivencia y desarrollo de las plántulas, las dosis de 25% y 35% de HMA en el sustrato con humus presentaron las respuestas más altas en el porcentaje de supervivencia, altura de planta, diámetro de pseudotallos, número de hojas y área foliar; también teniendo buenos resultados como números de esporas y mayor producción de micorrizas en las raíces (Vivas *et al.*, 2018).

González y Cuenca (2008), manifiestan que, los hongos introducidos tuvieron más eficiencia que los nativos en especial la especie *Glomus* spp., los beneficios que tuvieron estas fueron mayor absorción de nitrógeno (N), pero no en términos de un aumento en el contenido de fósforo (P) y la colonización micorrízica; por este motivo se recomienda esta especie para incrementar la producción de plátano hartón minimizando la dependencia de fertilizantes químicos y el impacto que éstos generan sobre el ambiente.

## CAPÍTULO III METODOLOGÍA

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización de la unidad experimental

La presente investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental Río Suma de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, extensión El Carmen Provincia de Manabí (redondel de la virgen, margen derecho).

#### 3.2 Caracterización agroecológica de la zona

**Tabla 1.** Características agroecológicas de la localidad

<b>Características</b>	
Clima	Trópico Húmedo
Temperatura (°C)	24
Humedad Relativa (%)	86%
Heliofanía (Horas luz año <sup>-1</sup> )	1026,2
Precipitación media anual (mm)	2659
Altitud (msnm)	249

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2017)

#### 3.3 Variables Independientes

Hongos Micorrízicos Arbusculares

#### 3.4 Variables Dependientes.

- Porcentaje de germinación
- Altura de planta
- Diámetro del pseudotallo
- Número de hojas
- Área foliar
- Número de raíces
- Peso de raíces
- Colonización de micorrizas

### **3.4.1 Métodos y Técnicas**

#### **Métodos Teóricos:**

El histórico lógico nos permitió conocer los antecedentes del efecto de los hongos micorrízicos arbusculares HMA en la productividad del cultivo de plátano (*Musa AAB*).

#### **El analítico-sintético:**

Este método permitió un análisis sobre la literatura científica para analizar los resultados obtenidos y resumirlos, para abordar las conclusiones sobre el efecto de los Hongos Micorrízicos Arbusculares HMA en la productividad del cultivo de plátano (*Musa AAB*).

#### **Métodos Empíricos:**

**Experimento:** Se realizó un ensayo para evaluar el efecto de los Hongos Micorrízicos Arbusculares HMA en la productividad del cultivo de plátano (*Musa AAB*), en el Cantón El Carmen Manabí. El factor de estudio fue dosis de aplicación de micorrizas arbusculares.

#### **Del nivel estadístico-matemático:**

El diseño que se utilizó fue de Bloques Completos al Azar (DBCA), con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Se realizó un análisis de varianza para evaluar en nivel de significancia entre los tratamientos, para la comparación de medias se aplicó prueba de Tukey al 0.05 y se utilizó el programa de InfoStat (Versión 2020I).

### **3.4.2 Frecuencia de Aplicación**

Una sola aplicación a los 20 días, ya que al ser el hongo un organismo vivo tiende a multiplicarse.

## **3.5 Unidad Experimental**

Estuvo conformada por 240 plantas divididas en 5 tratamientos y cuatro repeticiones obteniéndose 20 unidades de estudio, cada unidad conformada por 12 plantas.

## **3.6 Tratamientos**

Los tratamientos se describen en la tabla 2.

1. Testigo
2. 60 g
3. 120 g

4. 60 g + NPK

5. 120 g + P

**Tabla 2.** Disposiciones de los tratamientos en estudio

No	Tratamiento	Nivel	Descripción
1	T1	d1	Suelo esterilizado (testigo)
2	T2	d2	Suelo esterilizado + 60g de micorrizas
3	T3	d3	Suelo esterilizado + 120g de micorrizas
4	T4	d4	Suelo esterilizado + 60g de micorrizas + NPK
5	T5	d5	Suelo esterilizado + 120g de micorrizas+ P

Fuente: Elaboración propia

### 3.7 Características de las Unidades Experimentales

El experimento se llevará a cabo en fase de vivero en condiciones de cámara térmica, de dimensiones: Largo 12m, Ancho 3,80 Alto 2,60 con las características descritas en la tabla 3.

**Tabla 3.** Características de la unidad experimental

Superficie del ensayo	45,6 m <sup>2</sup>
Numero de parcelas	5
Plantas por parcela	48 plantas
Plantas para evaluar	4 plantas
Repeticiones	4
Población del ensayo	240 plantas

Fuente: Elaboración propia

### 3.8 Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de varianza (Tabla 4) para determinar la significancia estadística de los tratamientos a evaluarse, para la comparación de medias se aplicó prueba de Tukey 0.05 con una probabilidad del 95% utilizando el programa InfoStat Versión 2020I.

**Tabla 4.** Esquema de ADEVA

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Total	19
Tratamientos	4
Repeticiones	3
Error	12

Fuente: Elaboración propia

### **3.9 Instrumentos de medición**

#### **3.9.1 *Materiales y equipos de campo***

- ❖ Pala
- ❖ Caña guadua
- ❖ Carreta
- ❖ Martillo
- ❖ Fundas de polietileno
- ❖ Machete
- ❖ Sustrato
- ❖ Aserrín
- ❖ Palilla
- ❖ Hongos
- ❖ Cormos
- ❖ Tanque para agua
- ❖ Balanza
- ❖ Calibrador

#### **3.9.2 *Materiales de oficina***

- ❖ Cuaderno
- ❖ Esferográfico
- ❖ Lápiz
- ❖ Celular
- ❖ Computadora

### 3.9.3 Manejo del ensayo

**División de las parcelas:** Se procedió a dividir los diferentes tratamientos con sus respectivas repeticiones, además se los rotuló para identificar los tratamientos.

**Recopilación de datos iniciales:** El primer dato se tomó a los 20 días después de instalar el ensayo y se siguió tomando por dos ocasiones más cada 20 días.

### 3.10 Datos tomados

**Porcentaje de germinación:** Se calculó a los 20 días después de la siembra.

**Altura de planta:** Se la comprobó en cm a los 30, 50 y 70 días después de la siembra. La medida se tomó desde el nivel del suelo hasta la “V” formada por las últimas hojas.

**Diámetro del pseudotallo:** Se la determinó en mm a los 30, 50 y 70 días después de la siembra.

**Número de hojas:** Esta variable se la contabilizó a los 30, 50 y 70 días después de la siembra.

**Área foliar:** Se la expresó en cm<sup>2</sup> debido que son plantas en fase de vivero. Esta variable se tomó a los 50 y 70 días después de la siembra, tomando como referencia la tercera hoja de arriba hacia abajo.

**Número de raíces:** Esta variable se la tomó a los 70 días después de la siembra, una vez terminado el ensayo, donde se procedió a contabilizar las raíces del cormo.

**Peso de raíces:** Esta variable se la determinó en gramos y se la tomó a los 70 días después de la siembra, una vez terminado el ensayo, donde se procedió a pesar las raíces en una balanza digital.

**Colonización de micorrizas:** Esta variable se la determinó con un análisis de laboratorio.

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4 RESULTADOS Y VARIABLES DE ESTUDIO

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

#### 4.1 Variables vegetativas

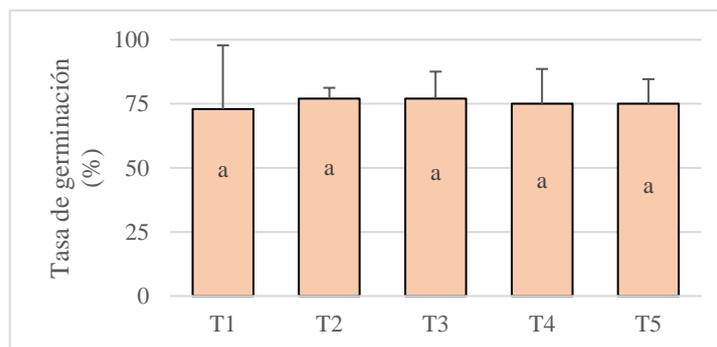
##### 4.1.1 Porcentaje de germinación

No se encontraron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos evaluados para la variable porcentaje de germinación evaluados a los 20 días después de la siembra (Anexo 1). La media total general fue 75,41 % y el coeficiente de variación fue de 18,8 % (tabla 5). Las medias muestran que los tratamientos con valor más alto fueron el T2 y T3, y el que presentó valor más bajo fue el T1 (Fig. 4).

**Tabla 5.** Resultados para los tratamientos de la variable porcentaje de germinación

Tratamientos	Germinación
1	72,9 a
2	77,1 a
3	77,1 a
4	75,0 a
5	75,0 a
Media (%)	75,42
CV	18,8%

**Figura 4.** Medias de la variable porcentaje de germinación



Serbelló *et al.* (2014) no encontraron efecto en la germinación de semillas de papaya al realizar el tratamiento con micorrizas arbusculares al finalizar las evaluaciones. En un estudio realizado por Ballina-Gómez *et al.* (2017) sobre semillas de árboles *Tecoma stans*, no se encontró diferencias en la germinación con la inoculación de micorrizas, mientras que para

*Senna racemosa* y *Bauhinia forficata* encontró beneficios en la germinación con HMA versus el testigo absoluto y químico (fertilización con fertilizante 17N-17P-17K).

Los resultados de este estudio sobre la germinación en plátano no muestran un efecto positivo sobre la germinación, pues esta variable está relacionada a factores que generen la estimulación para el desarrollo de la nueva planta y los HMA por si solos no generan ese beneficio potencial.

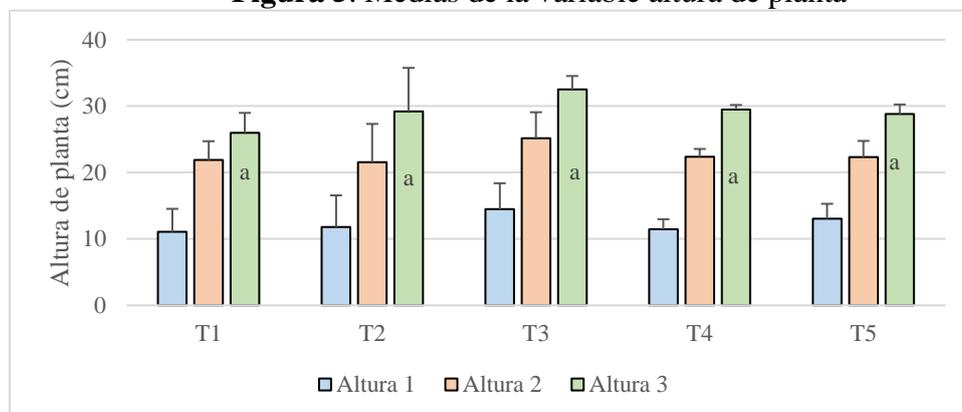
#### 4.1.2 Altura de planta

No se encontró diferencias estadísticas significativas en los tratamientos evaluados para la variable altura de planta determinados a los 30 (altura 1), 50 (altura 2) y 70 (altura 3) días después de la siembra (Anexo 2). Los coeficientes de variación fueron de 14,0 %, 12,8 % y 10,2 % respectivamente, y las medias total generales para cada periodo fueron 12,4 cm, 22,7 cm y 29,2 cm (tabla 6). Los valores de las medias muestran que el tratamiento con valor más alto durante todas las evaluaciones fue el T3 y el que presentó valor más bajo en las evaluaciones a los 30 y 70 días fue el T1 (Fig. 5).

**Tabla 6.** Resultados para los tratamientos de la variable altura de planta

Tratamientos	Altura	Altura	Altura
	1	2	3
T1	11,1	21,9	26,0 a
T2	11,8	21,6	29,2 a
T3	14,5	25,2	32,5 a
T4	11,4	22,4	29,5 a
T5	13,1	22,3	28,8 a
Media (cm)	12,38	22,66	29,20
CV	14,0%	12,8%	10,2%

**Figura 5.** Medias de la variable altura de planta



Los resultados obtenidos en el presente estudio son contrastados con otro realizado en el cultivo de banano (*Musa* AAA cv. Gran Enano), en donde Usuga *et al.* (2008) realizaron inoculación de HMA nativos de agroecosistemas bananeros y tampoco encontraron diferencias estadísticas en la altura de la planta. De la misma manera, la micorrización de plantas de cultivos de *Theobroma cacao* y *Tectona grandis* en fase de vivero, no encontraron diferencias estadísticas para la altura de planta, con evaluaciones cada 15 días hasta que las plantas alcanzaron los 90 días y 120 días respectivamente (Cruz, 2017).

Con los resultados obtenidos, se evidencia que la altura de planta no es afectada por la inoculación de HMA durante la fase de vivero.

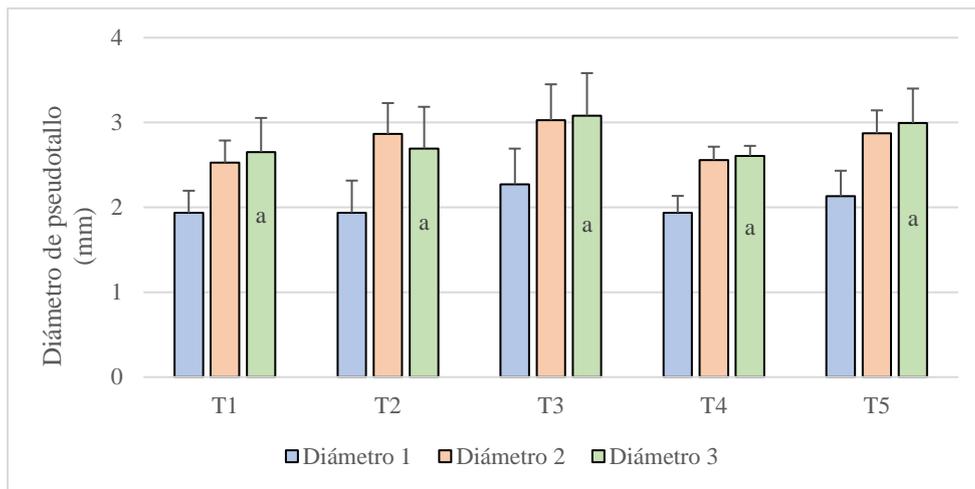
#### 4.1.3 Diámetro del pseudotallo

No se encontraron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos evaluados para la variable diámetro de pseudotallo evaluados a los 30 (diámetro 1), 50 (diámetro 2) y 70 (diámetro 3) días después de la siembra (Anexo 3). Las medias total generales para cada periodo fueron 2,04 mm, 2,77 mm y 2,81 mm y los coeficientes de variación fueron de 15,0 %, 11,4 % y 11,8 %, respectivamente (tabla 7). Las medias muestran que el tratamiento con valor más alto durante todas las evaluaciones fue el T3 y el que presentó valor más bajo en las evaluaciones a los 30 y 50 días fue el T1, y a los 70 días fue el T4 (Fig. 6).

**Tabla 7.** Resultados para los tratamientos de la variable diámetro de pseudotallo

Tratamientos	Diámetro	Diámetro	Diámetro
	1	2	3
T1	1,9	2,5	2,7 a
T2	1,9	2,9	2,7 a
T3	2,3	3,0	3,1 a
T4	1,9	2,6	2,6 a
T5	2,1	2,9	3,0 a
Media (mm)	2,04	2,77	2,81
CV	15,0%	11,4%	11,8%

**Figura 6.** Medias de la variable diámetro de pseudotallo



El diámetro del pseudotallo no muestra efectos de la micorrización, pues el estudio realizado por Usuga *et al.* (2008) con inóculos de micorriza nativa de agroecosistemas bananeros no mostró diferencias en el diámetro del pseudotallo durante las evaluaciones realizadas. De la misma manera, Barrera-Violeth *et al.* (2012) realizaron un estudio inoculando micorrizas nativas del cultivo de plátano hartón, y no encontraron diferencias estadísticas para esta variable en las evaluaciones realizadas cada 15 días hasta los 120 días después de la siembra.

Por otro lado, Cruz (2017) menciona que los cultivos de *Theobroma cacao* y *Tectona grandis*, después de la inoculación con micorrizas en fase de vivero, no mostraron diferencias estadísticas para la variable diámetro del tallo evaluando cada 15 días hasta que las plantas alcanzaron los 90 días y 120 días respectivamente.

De esta forma, se evidencia que la variable diámetro del pseudotallo no es afectada por la asociación de HMA, durante el periodo de evaluación en fase de vivero. Debido a las características del pseudotallo, las respuestas pueden estar condicionadas a otros factores adicionales o pueden mostrar diferencias en periodos posteriores.

#### **4.1.4 Número de hojas**

No se encontró diferencias estadísticas significativas en los tratamientos evaluados para la variable número de hojas medidos a los 30 días después de la siembra (N° hojas 1), en cambio si existieron diferencias significativas a los 50 días después de la siembra (N° hojas 2) y diferencias altamente significativas a los 70 después de la siembra (N° hojas 3) días (Anexo 4). Los coeficientes de variación fueron de 22,9 %, 8,1 % y 5,2 % respectivamente, y las medias

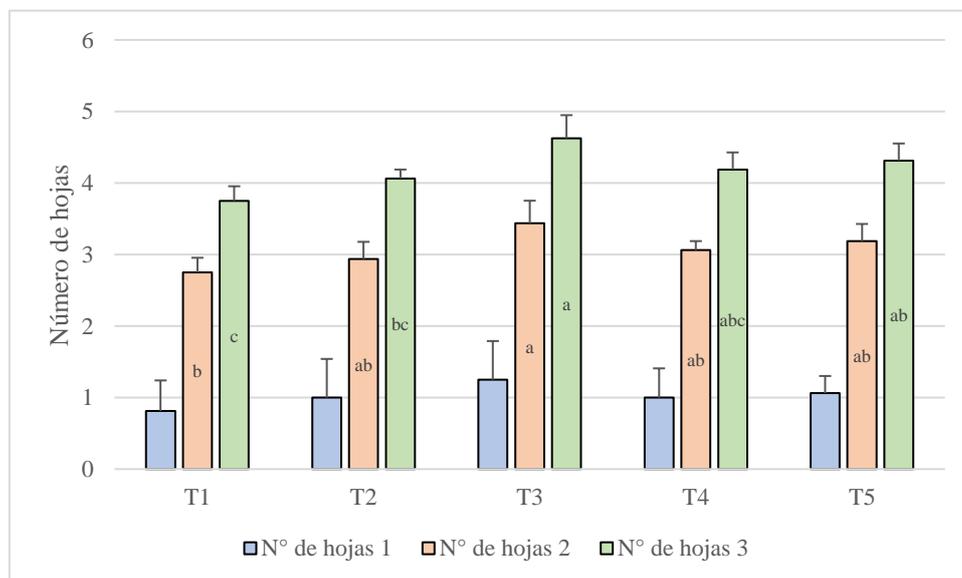
total generales para cada periodo fueron 1, 3 y 4 cm (tabla 8). Los valores de las medias muestran que el tratamiento con valor más alto durante la primera evaluación fue el T3, y el valor estadísticamente superior al resto de tratamientos en las evaluaciones a los 50 y 70 días fue el T3, y el que presentó valor más bajo en las evaluaciones a los 30, 50 y 70 días fue el T1 (Fig. 7).

**Tabla 8.** Resultados para los tratamientos de la variable número de hojas

Tratamientos	N° de hojas		
	1	2	3
T1	0,8	2,8 b	3,8 c
T2	1,0	2,9 ab	4,1 bc
T3	1,3	3,4 a	4,6 a
T4	1,0	3,1 ab	4,2 abc
T5	1,1	3,2 ab	4,3 ab
Media (#)	1,03	3,08	4,19
CV	22,9%	8,1%	5,2%

Letras distintas muestran diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ )

**Figura 7.** Medias de la variable número de hojas.



La información obtenida concuerda con Pérez (2017), quien no encontró diferencias en el número de hojas al aplicar tratamientos con micorrizas nativas y micorrizas foráneas en el cultivo de banano (*Musa acuminata* AAA) en fase de vivero.

Según Cruz (2017), la micorrización durante la fase de vivero en plantas de *Theobroma cacao* y *Tectona grandis* muestran resultados similares, pues no mostraron diferencias estadísticas para el número de hojas verdaderas evaluando cada 15 días hasta que las plantas alcanzaron los 90 días y 120 días respectivamente.

El número de hojas no tiene efecto de la inoculación de HMA, debido principalmente a que su emisión foliar está ligada directamente a las características fenotípicas de la planta.

#### 4.1.5 Área foliar

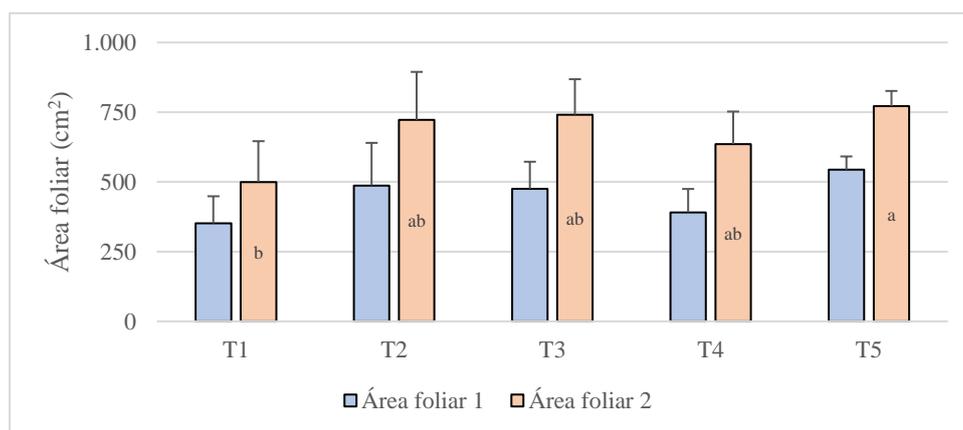
No se encontraron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos evaluados para la variable área foliar evaluada a los 50 días después de la siembra (área foliar 1), mientras que se detectó diferencias significativas a los 70 días después de la siembra (área foliar 2) (Anexo 5). Las medias total generales para cada periodo fueron 449,9 cm<sup>2</sup> y 674,4 cm<sup>2</sup> y los coeficientes de variación fueron de 11,3 % y 17,5%, respectivamente (tabla 9). Las medias muestran que el tratamiento con valor más alto durante la evaluación a los 50 días después de la siembra fue el T5 y el mejor valor con diferencias estadísticas a los 70 días después de la siembra fue el T5, y el tratamiento que presentó valor más bajo en las evaluaciones a los 50 y 70 días fue el T1 (Fig. 8).

**Tabla 9.** Resultados para los tratamientos de la variable área foliar

Tratamientos	Área	Área
	foliar 1	foliar 2
T1	352,0	499,9 b
T2	487,3	722,8 ab
T3	475,6	741,5 ab
T4	391,0	636,0 ab
T5	543,9	771,8 a
Media (cm <sup>2</sup> )	449,95	674,39
CV	11,3%	17,5%

Letras distintas muestran diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ )

**Figura 8.** Medias de la variable área foliar.



Los datos obtenidos son corroborados por Monterrosa *et al.* (2021), quienes al evaluar plantas inoculadas con HMA encontraron diferencias estadísticas en el área foliar, siendo superior en las plantas que se asociaron con micorrizas después de 8 semanas de evaluación y que fueron inoculadas con 10 gramos.

En estudios realizados en los cultivos *Theobroma cacao* y *Tectona grandis*, la micorrización de plantas también permitió alcanzar los valores más altos de área foliar en plantas evaluadas a los 90 días (Cruz, 2017).

El cálculo del área foliar específica ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ) permite encontrar resultados favorables para las plantas asociadas con micorrizas nativas. Barrera-Violeth *et al.* (2012) encontraron diferencias estadísticas al utilizar consorcios micorrícicos nativos en el cultivo de plátano hartón, y Maldonado *et al.* (2013) concuerdan con esta información, pues obtuvieron mayor área foliar específica con consorcios nativos para el cultivo de palma aceitera en fase de vivero.

Con la información mostrada, los resultados muestran que la planta de plátano en fase de vivero responde adecuadamente a la asociación micorrícica para incrementar su área foliar.

#### **4.1.6 Número y peso de raíces**

Para la variable número de raíces, se encontró diferencias estadísticas altamente significativas en los tratamientos evaluados a los 70 días después de la siembra y también existieron diferencias altamente significativas a los 70 días después de la siembra (Anexo 6). Los coeficientes de variación fueron de 11,2 % 14,7 % respectivamente, y las medias total generales para cada periodo fueron 13,4 raíces y 45,7 g (tabla 10). Los valores de las medias muestran que, para el número de raíces, el tratamiento estadísticamente superior fue el T3, y

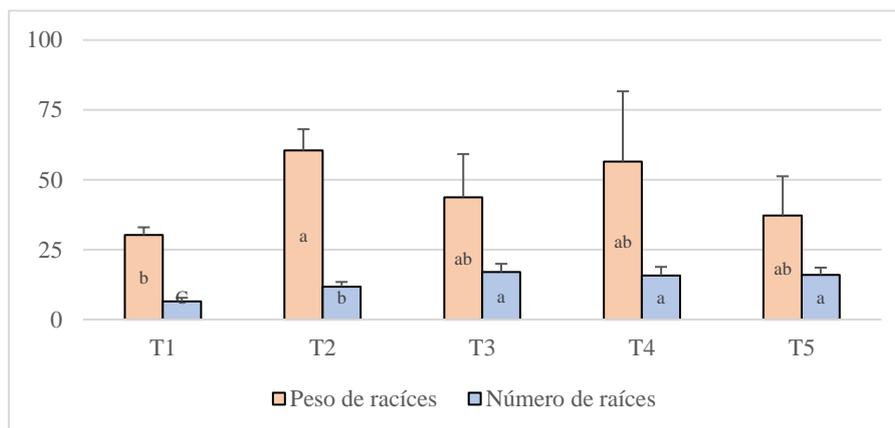
para el peso de raíces, el T2 obtuvo el valor significativamente superior a los demás a los 70 días, y el que presentó el valor en diferente rango fue el T1 (Fig. 9).

**Tabla 10.** Resultados para los tratamientos de la variable número y peso de raíces

Tratamientos	Número de raíces	Peso de Raíces
T1	6,5 c	30,3 b
T2	11,8 b	60,5 a
T3	17,0 a	43,8 ab
T4	15,8 a	56,5 ab
T5	16,0 a	37,3 ab
Media	13,40	45,65
CV	11,2%	14,7%

Letras distintas muestran diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ )

**Figura 9.** Medias de las variables número y peso de raíces



Al realizar un análisis de los resultados obtenidos por otros autores, se observó que Monterrosa *et al.* (2021) encontró resultados similares al evaluar diferentes fuentes de micorrizas en banano, en donde las plantas inoculadas con HMA obtuvieron mayor longitud de raíces en las plantas, después de 8 semanas de evaluación y que fueron inoculadas con 10 gramos. A su vez, los resultados obtenidos por Usuga *et al.* (2008) encontraron que el peso seco de raíces mostró diferencias estadísticas con la inoculación de micorrizas nativas de un agroecosistema bananero. Por otro lado, la inoculación de micorrizas nativas en cultivo de plátano hartón mostró diferencias estadísticas en el peso de raíces, superando al testigo y la

fertilización con DAP (diamonio fosfato) a los cuatro meses de evaluación (Barrera-Violeth *et al.*, 2012).

En otros cultivos, Cruz (2017) encontró que para *Theobroma cacao* y *Tectona grandis*, la micorrización de plantas también existió diferencias estadísticas significativas en plantas evaluadas a los 90 días.

La asociación de micorrizas favorece positivamente el desarrollo del sistema radicular, gracias a la acción que tiene al actuar en la simbiosis, e incrementa el área de absorción de nutrientes en el suelo debido a la acción de las hifas que se extienden por el suelo.

#### 4.1.7 Tasa de colonización y densidad visual del endófito

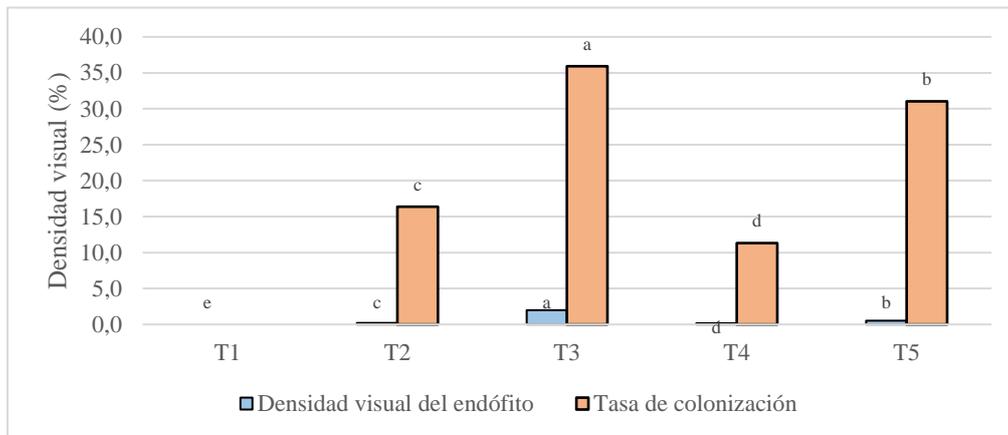
La tasa de colonización de micorrizas y la densidad visual del endófito mostraron diferencias estadísticas altamente significativas en los tratamientos evaluados (Anexo 7). Las medias total generales fueron de 18,9 % y 0,57 %, y los coeficientes de variación fueron de 0,0 % y 0,0%, respectivamente (tabla 11). Las medias muestran que el tratamiento con el valor con diferencias estadísticas fue el T3, y el tratamiento que presentó valor estadísticamente diferente fue el T1 (Fig. 10).

**Tabla 11.** Resultados para los tratamientos de la variable tasa de colonización y densidad del endófito de micorriza

Tratamientos	Tasa de colonización	Densidad visual del endófito
T1	0,0 e	0,0 e
T2	16,4 c	0,2 c
T3	35,9 a	2,0 a
T4	11,3 d	0,2 d
T5	31,0 b	0,5 b
Media (%)	18,93	0,57
CV	0,0%	0,0%

Letras distintas muestran diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ )

**Figura 10.** Medias de las variables tasa de colonización y densidad visual del endófito de micorriza.



En el cultivo de banano (*Musa* AAA cv Gran enano) se encontró que la colonización micorrícica fue mayor con inóculos de micorrizas nativas de un agroecosistema bananero (Usuga *et al.*, 2008), y el estudio realizado por Cruz (2017) en los cultivos *Theobroma cacao* y *Tectona grandis*, encontró que la colonización de micorriza en las raíces era estadísticamente superior en suelos con inóculo de HMA, mientras que en sustrato sin inoculación no se encontró ninguna estructura de micorriza colonizando las raíces.

La inoculación de esporas de micorriza en sustratos para la siembra de plantitas en fase de vivero es la forma más adecuada de favorecer a la colonización de HMA en las raíces de estas plantas, de manera que se favorece a la simbiosis con poblaciones de micorriza más altas que las presentes en los suelos agrícolas, los mismos que se han ido degradando por el manejo de agroquímicos.

**Tabla 12.** Análisis económico de los tratamientos.

<b>RUBROS</b>		<b>TRATAMIENTOS</b>				
<b>Costos / tratamiento s</b>		<b>Tratamient o 1 suelo esterilizado</b>	<b>Tratamient o 2 suelo esterilizado + 60gr de morrizas</b>	<b>Tratamient o 3 suelo esterilizado + 120gr de morrizas</b>	<b>Tratamient o 4 suelo esterilizado + 60gr de morrizas + NPK</b>	<b>Tratamient o 5 suelo esterilizado + 120gr de morrizas + P</b>
<b>Costos fijos</b>						
Mano de obra		3	3	3	3	3
Cebollines		4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Preparación de suelo		1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Control de malezas		1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Siembra		1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Fundas		1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
<b>Insumos</b>						
fertilizante					0,2	0,25
Micorrizas x tratamiento			3,75	3,75	3,75	3,75
Fungicida		2	2	2	2	2
Formol		1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
<b>Suma de cada tratamiento</b>		<b>16,45</b>	<b>20,20</b>	<b>20,20</b>	<b>20,40</b>	<b>20,45</b>
Valor de cada planta		0,457	0,561	0,561	0,567	0,568
Valor total de las plantas por tratamientos		21,93	26,93	26,93	27,20	27,27
Valor a vender cada planta		24	36	36	36	36
Ganancia x 240 plts		2,07	9,07	9,07	8,80	8,73
Costo de producción x 1800 plts		822,5	1010	1010	1020	1022,5
Venta de plts		900	1350	1350	1350	1350

<b>Utilidades</b>		<b>77,5</b>	<b>340</b>	<b>340</b>	<b>330</b>	<b>327,5</b>
RNP		9	34	34	32	32

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos en el análisis económico de los tratamientos se pudo evidenciar en el precio de los tratamientos entre sí no varía mucho, a diferencia del testigo que fue mucho más económico con un valor de \$ 16 dólares americanos y el más alto fue el tratamiento 5 con un valor de \$20,45, pero se debe tomar en cuenta que según los resultados de las variables fenológicas el que mejor resultados tuvieron fue el tratamiento 3 y 5, por lo que los productores no solo deben inclinarse por el precio de producción, debe tomar en cuenta los resultados de los diferentes tratamientos.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

La aplicación de micorrizas arbusculares no muestra diferencias estadísticas para las variables vegetativas altura de planta y diámetro del pseudotallo durante la fase de vivero, a pesar de que, en todas las evaluaciones, los tratamientos con micorriza mostraron valores más altos frente al testigo.

Aplicar 120 g de micorrizas favorece al desarrollo de la parte aérea de las plantas de plátano (*Musa* AAB). El número de hojas es afectado positivamente por los tratamientos con esa dosis de micorriza, pues se observó diferencias a partir de los 50 días después de la siembra (DDS), y diferencias altamente significativas a los 70 DDS. Este resultado se relaciona con el área foliar, que a partir de los 70 DDS mostró diferencias altamente significativas.

La colonización de micorrizas en raíces de plátano (*Musa* AAB) ocurre adecuadamente con la aplicación de 120 g del inóculo. La aplicación de fósforo como fertilizante edáfico también contribuye para el desarrollo de los HMA, pues el fósforo aporta para la asociación micorrízica y es superior frente a la aplicación de fertilizantes que contienen nitrógeno y potasio.

La colonización fue mucho mayor en el tratamiento 3 el cual la dosis aplicada fue 120g de inóculo de micorrizas, obteniéndose una tasa de colonización del 35,94% seguido por el tratamiento 4 con un 31.03 %.

El costo de los tratamientos entre si no varió mucho a diferencia del testigo que fue mucho más económico, el gasto total del ensayo fue de \$ 97.70 y se obtuvo por la venta \$120 el cual nos deja una ganancia de \$ 22.30 por 240 plantas, estos costo se podrían reducir haciendo una producción a mayor escala en el cual se reducen los costó y aumentan la ganancia.

## **CAPITULO VI.**

### **RECOMENDACIONES**

Se recomienda continuar con la investigación, dando seguimiento a las plantas que fueron usadas en el presente estudio, con el objetivo de determinar la dinámica del comportamiento de los HMA al ser establecidos en sitio definitivo.

También es importante realizar búsqueda de consorcios micorrícicos nativos de cada zona, de manera que el beneficio potencial de los HMA sea mayor y con acción más rápida.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, M. (2021). Micorrizas: qué son y tipos. *ecologiaverde*, sf. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/micorrizas-que-son-y-tipos-2498.html>
- Aguilera, G., Olalde, V., Arriaga, R. y Contreras, R. (2017). Micorrizas arbusculares. *Ciencia Ergo Sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 303. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/104/10414307.pdf>
- Alcivar, F. y Muñoz, L. (Nobiembre de 2022). *Rendimiento y eficiencia agronómica de la fertilización magnésica en plátano (Musa AAB Simmonds)*. Obtenido de [https://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/1964/1/TIC\\_A24D.pdf](https://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/1964/1/TIC_A24D.pdf)
- Alemán, S. (sf). Cultivo de plátano: generalidades, manejo y plagas. *Agrotendencia.*, 12. Obtenido de [https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/frutales/platano-cultivo-y-manejo-agronomico/#Descargas\\_Cultivo\\_de\\_platano](https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/frutales/platano-cultivo-y-manejo-agronomico/#Descargas_Cultivo_de_platano)
- Barrera-Violeth, J., Oviedo-Zumaque, L. y Barraza-Álvarez, F. (2012). Evaluation of native mycorrhizae in plantain crop (*Musa AAB Simmonds*) in nursery phase. *Acta agronómica* 61(4): 286-295.
- Ballina-Gómez, H., Ruíz-Sánchez, E., Ambris-Parra, E. y Alvarado-López, C. (2017). Efecto de la luz y micorrizas en la germinación de semillas de árboles de selvas secas. *Madera bosques* 23(3): 29-37.
- Banabiosa. (enero de 2022). [*morfología del plátano*]. Obtenido de <https://www.banabiosa.com/es/arbol-del-banano-o-planta-del-banano/>
- Bolaños, M. (2020). Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de. *Corredor Tecnológico Agroindustria*, 22. Obtenido de [http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion\\_bogota/Manuales/01-manual-platano-2020-EBOOK.pdf](http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion_bogota/Manuales/01-manual-platano-2020-EBOOK.pdf)
- Cedeño, C., Sánchez, A., & Ortiz, M. (2018). El fortalecimiento de la comercialización del plátano mediante formas asociativas. caso de estudio el cantón el carmen de la provincia de manabí. *Caribeña de Ciencias Sociales*, 17. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/08/comercializacion-platano-ecuador.html>

- CHEME, L. (2 de julio de 2022). El plátano madura en suelo foráneo. *expreso*, pág. 10. Obtenido de <https://www.expreso.ec/actualidad/economia/platano-madura-suelo-foraneo-130799.html>
- Cruz, J. (2017). Respuesta de Cacao (*Theobroma cacao* L.) y Teca (*Tectona grandis* L.f) a la micorrización durante la etapa de vivero, Kukra Hill, RACCN, Nicaragua, 2017. Trabajo presentado como requisito para obtener el grado de Máster en Agroecología y Desarrollo Sostenible. Universidad Nacional Agraria. managua, Nicaragua.
- Ecoagricultor. (sf). *Las Micorrizas, los biofertilizadores naturales del suelo*. Obtenido de <https://www.ecoagricultor.com/las-micorrizas-los-biofertilizadores-naturales-del-suelo/>
- Gómez, A., Portuga, O., Arriaga, M. y Alonso, C. (2007). Micorrizas arbusculares. *Ciencia Ergo Sum*, 300-306. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10414307>
- INAMHI. (2017). *Anuario meteorológico*. Ecuador: [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum\\_institucion/anuarios/meteorologicos/Am\\_2013.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf).
- Infoagro. (2020). *El cultivo del plátano (banano)*. Obtenido de [https://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_del\\_platano\\_\\_banano\\_.asp](https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_platano__banano_.asp)
- Intagri. (2018). Requerimientos de Clima y Suelos para el Cultivo de Banano. *Artículos Técnicos de INTAGRI*(33), 3. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/frutales/requerimientos-de-clima-y-suelo-para-el-cultivo-de-banano>
- Maldonado, L., Bravo, V., Morales, R. y Bernal, G. (2013). Asociación 'micorrícica' nativa en palma aceitera (*Elaeis guineensis*) en Ecuador y evaluación de su eficiencia de colonización de palmas en vivero. *Oil palm papers* 41: 28-32.
- Molina, E. (2002). *Fertilización Foliar: Principios y Aplicación*. Obtenido de [www.cia.ucr.ac.cr/memorias/Memorias\\_Curso\\_fertilizacion\\_foliar.pdf](http://www.cia.ucr.ac.cr/memorias/Memorias_Curso_fertilizacion_foliar.pdf)
- Monterrosa, M., Bernal; M., Fonseca; F., Ortiz, A.; Cogollo, J., Meza; R., Salas, A., Ochoa, S. (2021). Evaluación de diferentes fuentes de micorrizas en plantas de banano en fase de vivero. *Temas Agrarios* 26: 34.

- Monterrosa, M. y Herrera, E. (2022). Respuesta del banano clon Valery en alta densidad a la inoculación con micorrizas y fósforo en Apartadó - Colombia. *U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 2. Obtenido de <https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/4931/Respuestadelbanano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Murillo, O. (2017). Obtenido de Las Endomicorrizas o micorrizas arbusculares “Su uso en los sistemas agropecuarios”: <https://www.abonamos.com/blog/2017/10/23/los-hongos-formadores-de-micorrizas-una-estrategia-biologica-para-mejorar-las-pasturas-tropicales>
- Navarro, F. (sf). *Efectos beneficiosos de las micorrizas sobre las plantas*. Obtenido de [https://www.ciaorganico.net/documypublic/200\\_infoagronomo.net\\_Micorrizas-beneficios.pdf](https://www.ciaorganico.net/documypublic/200_infoagronomo.net_Micorrizas-beneficios.pdf)
- Navarro, J. (2003). Efectos beneficiosos de las micorrizas sobre las plantas. *Bioscripts*, 8-10. Obtenido de [https://www.ciaorganico.net/documypublic/200\\_infoagronomo.net\\_Micorrizas-beneficios.pdf](https://www.ciaorganico.net/documypublic/200_infoagronomo.net_Micorrizas-beneficios.pdf)
- Palencia, G., Santos, R. y Martin, J. (2016). Manejo sostenible del cultivo del plátano. *Carpoica*, 8-9. Obtenido de [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12888/44209\\_56458.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12888/44209_56458.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pérez, E. (2017). Evaluación del efecto agronómico de dos tipos de micorrizas en el establecimiento de cultivos meristemáticos en banano (*Musa acuminata* AAA) en fase de vivero, cantón Yaguachi, provincia del Guayas. Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de ingeniero agropecuario Con mención en Gestión Empresarial Agropecuaria. Universidad Católica De Santiago De Guayaquil.
- Quintana, J. (2014). Obtenido de Aislamiento y reproducción de hongo micorriza arbuscular: [http://www.itzonamaya.edu.mx/web\\_biblio/archivos/res\\_prof/agro/agro-2014-18.pdf](http://www.itzonamaya.edu.mx/web_biblio/archivos/res_prof/agro/agro-2014-18.pdf)
- Quiñones, E., Acosta, E., Enriquez, G. y Cerrato, R. (2012). Interacción de hongos micorrízicos arbusculares y fertilización fosfatada en papaya. *scielo*, 166- 167. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v30n2/2395-8030-tl-30-02-00165.pdf>

- Rodríguez, A., & Angulo, D. (4 de 2021). *Evaluación de la eficiencia del enraizador Aquaclean Acf-Sr Plus, en la producción de plántulas de plátano (musa paradisiaca l), bajo la metodología de cámara térmica en el distrito de Turbo Antioquia*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/40520>.
- Serbelló, F., Mesa, J., Soto, R. (2014). Efecto de diferentes alternativas biológicas, sobre el porcentaje y velocidad de germinación de las semillas de fruta bomba (*Carica papaya* L.). *Revista Agroecosistemas* 2(1): 247-253
- Symborg. (2022). *Que son las micorrizas?* Obtenido de <https://symborg.com/es/que-son-las-micorrizas/>
- Torres, A. (2010). Micorrizas:antigua interacción entre plantas y hongos. *revista ciencia*, 87. Obtenido de [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61\\_4/PDF/11\\_MICORRIZAS.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_4/PDF/11_MICORRIZAS.pdf)
- Usuga, C., Castañeda, D. y Franco, A. (2008). Multiplicación de hongos micorriza arbuscular (H.M.A) y efecto de la micorrización en plantas micropropagadas de banano (*Musa* AAA cv. Gran Enano) (Musaceae). *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín* 61(1):4279-4290
- Vivas, J., Yosbel, L., Gonzalez, I. y Robles, J. (2018). Hongos micorrizicos arbusculares en el cultivo de plátano en viveros. *dialnet*, 6. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6560197>

## ANEXOS

### Anexo 1. Análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Tratamiento	4	48,61	12,15	0,06	0,99 <sup>ns</sup>
Bloque	3	649,11	216,37	1,07	0,40 <sup>ns</sup>
Error	12	2.423,47	201,96		

### Anexo 2. Análisis de varianza para la variable altura de planta

Fuente de variación	Grados de libertad	Altura 1			Altura 2			Altura 3		
		Cuadrados medios	F	P	Cuadrados medios	F	P	Cuadrados medios	F	P
Tratamiento	4	0,17	0,69	0,61 <sup>ns</sup>	8,41	0,99	0,45 <sup>ns</sup>	21,37	2,39	0,11 <sup>ns</sup>
Bloque	3	0,31	1,28	0,32 <sup>ns</sup>	30,07	3,55	0,05*	23,03	2,58	0,10 <sup>ns</sup>
Error	12	0,24			8,46			8,94		

### Anexo 3. Análisis de varianza para la variable diámetro de pseudotallo

Fuente de variación	Grados de libertad	Diámetro 1			Diámetro 2			Diámetro 3		
		Cuadrados medios	F	P	Cuadrados medios	F	P	Cuadrados medios	F	P
Tratamiento	4	0,10	1,02	0,43 <sup>ns</sup>	0,19	1,91	0,17 <sup>ns</sup>	0,19	1,70	0,21 <sup>ns</sup>
Bloque	3	0,15	1,57	0,25 <sup>ns</sup>	0,08	0,81	0,51 <sup>ns</sup>	0,39	3,54	0,05*
Error	12	0,09			0,10			0,11		

### Anexo 4. Análisis de varianza para la variable número de hojas

Fuente de variación	Grados de libertad	N° hojas 1			N° hojas 2			N° hojas 3		
		Cuadrados medios	F	P	Cuadrados medios	F	P	Cuadrados medios	F	P
Tratamiento	4	0,03	0,54	0,71 <sup>ns</sup>	0,27	4,30	0,02*	0,41	8,74	0,00**
Bloque	3	0,05	0,95	0,45 <sup>ns</sup>	0,02	0,33	0,80 <sup>ns</sup>	0,09	1,82	0,20 <sup>ns</sup>
Error	12	0,05			0,06			0,05		

### Anexo 5. Análisis de varianza para la variable área foliar

Fuente de variación	Grados de libertad	Área foliar 1			Área foliar 2		
		Cuadrados medios	F	P	Cuadrados medios	F	P
Tratamiento	4	13,88	2,45	0,10 <sup>ns</sup>	48.249,83	3,46	0,04*
Bloque	3	7,63	1,35	0,31 <sup>ns</sup>	27.707,84	1,99	0,17 <sup>ns</sup>

Error	12	5,67	13.951,57
-------	----	------	-----------

**Anexo 6.** Análisis de varianza para las variables número y peso de raíces

Fuente de variación	Grados de libertad	Número de raíces			Peso de raíces		
		Cuadrados medios	F	P	Cuadrados medios	F	P
Tratamiento	4	75,58	33,71	0,00**	3,46	3,66	0,04**
Bloque	3	20,53	9,16	0,00**	3,49	3,69	0,04**
Error	12	2,24			0,95		

**Anexo 7.** Análisis de varianza para las variables tasa de colonización y densidad del endófito de micorriza

Fuente de variación	Grados de libertad	Tasa de colonización			Densidad del endófito		
		Cuadrados medios	F	P	Cuadrados medios	F	P
Tratamiento	4	858,61	4,25E+32	0,00**	2,62	5,31E+33	0,00**
Bloque	3	0,00	0,00	1,00 <sup>ns</sup>	0,00	0,00	1,00 <sup>ns</sup>
Error	12	0,00			0,00		

**Anexo 8.** Foto 1 micorriza comercial utilizada para su multiplicación.



**Anexo 9.** Foto 2 adecuación de la cama para la siembra del frejol inoculado.



**Anexo 10.** Foto 3 inoculación del fréjol con micorriza para su respectiva siembra.



**Anexo 11.** Foto 4 siembra de las semillas micorrizadas.



**Anexo 12.** Foto 5 fréjol desarrollado con el cual se multiplico las micorrizas.



**Anexo 13.** Foto 6 distribución de las fundas llenadas con sustrato esterilizado.



Anexo 14. Foto 7 análisis del sustrato obtenido de la multiplicación de micorriza.

	CIPAL
	CENTRO DE INVESTIGACIONES EN PALMA ACEITERA km 37 1/2 vía Santo Domingo Quinindé, Ecuador LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA

**DIGNÓSTICO MICROBIOLÓGICO**

N° de muestra	Tipo de análisis	Fecha
22089	Análisis micorrízico de sustrato	26-oct-22

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

<b>Nombre:</b>	Jorge Vivas					
<b>Empresa:</b>						
<b>RUC:</b>				<b>Teléfono:</b>	0989700492	
<b>Dirección</b>				<b>Fax:</b>		
				<b>e-mail:</b>		
<b>Ubicación:</b>	<b>Provincia:</b>	Manabí	<b>Cantón:</b>	El Carmen	<b>Parroquia:</b>	

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA**

Cultivo: Plátano      Edad:      Superficie:

**Observaciones adicionales:**

Análisis de: una (1) muestra de sustrato

**Descripción del análisis requerido:**

Análisis micorrízico de sustrato

**REPORTE DE RESULTADOS:**

Código	Identificación de la muestra	Esporas viables /100 gss*	Morfoespecies sugeridas	Coloración
22089	S/N	1294	<i>Glomus</i> , <i>Acaulospora</i> , <i>Gigaspora</i>	Amarillo, Café claro, Café oscuro

\*gss: gramos de suelo seco

**Método utilizado:**

**Sustrato**

Aislamiento de esporas de suelo por método de Sedimentación y tamizado en húmedo (Gedermann y Nicholson, 1963).

Para taxonomía: Uso de características de clasificación en base a morfología de las esporas proporcionadas por el INVAM.

**Observaciones:**

1. La diversidad en colores y formas de esporas indica diversidad de morfoespecies o posibles géneros.
2. La presencia de esporas de coloración hialina sugiere producción de esporas en la muestra, es decir esporas "nuevas" totalmente potenciales y viables.
5. Para análisis estadísticos, la transformación adecuada es raíz cuadrada de base x.



**Anexo 15.** Foto 8 recolección de los cebollines de plátano.



**Anexo 16.** Foto 9 limpieza de los cebollines.



**Anexo 17.** Foto 10 siembra de los cebollines.



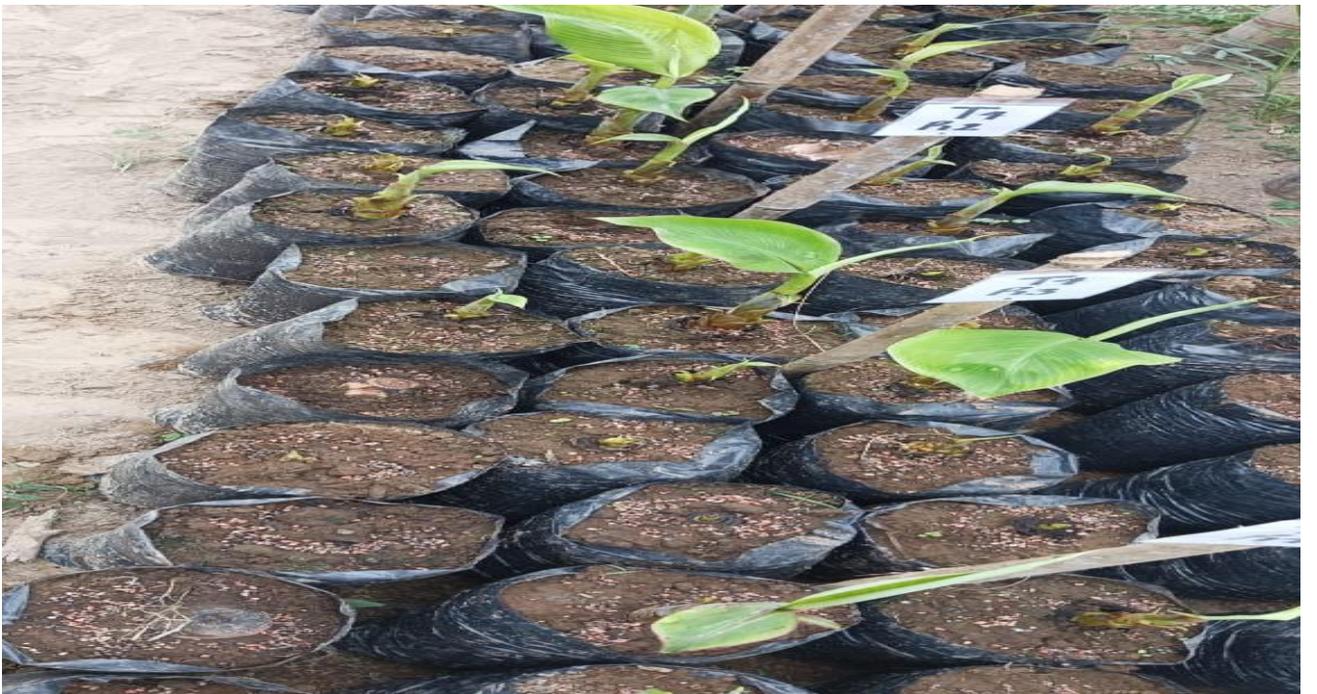
**Anexo 18.** Foto 11 rotulación de los diferentes tratamientos.



**Anexo 19.** Foto 12 aplicación del sustrato con micorriza a los diferentes tratamientos con sus respectivas dosis.



**Anexo 20.** Foto 13 aplicación de fertilizante a dos tratamientos.



Anexo 21. Foto 14 toma de datos de las diferentes variables.



**Anexo 22.** Foto 15 conteo y peso de la raíz.



**Anexo 23.** Foto 16 resultado de los diferentes tratamientos, plantas totalmente desarrolladas.



**Anexo 24.** Foto 17 plantas listas para el trasplante.



**Anexo 25.** Foto 18 análisis de laboratorio de los diferentes tratamientos.

	CIPAL
	CENTRO DE INVESTIGACIONES EN PALMA ACEITERA
	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA

**DIGNÓSTICO MICROBIOLÓGICO**

<b>N° de muestra</b>	<b>Tipo de análisis</b>	<b>Fecha</b>
23007-23010	Análisis micorrízico de raíces	11-ene-23

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

<b>Nombre:</b>	Javier Meza				
<b>Empresa:</b>					
<b>RUC:</b>			<b>Teléfono:</b>	0980817762	
<b>Dirección</b>	El Carmen		<b>Fax:</b>		
			<b>e-mail:</b>		
<b>Ubicación:</b>	Provincia:	Manabí	Cantón:	El Carmen	Parroquia:

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA**

Cultivo: Plátano      Edad:      Superficie:

**Observaciones adicionales:**

Análisis de: cuatro (4) muestras de raíces

**Descripción del análisis requerido:**

Análisis micorrízico de raíces

**REPORTE DE RESULTADOS:**

Código	Identificación de la muestra	Raíces	
		Tasa de colonización (%)	Densidad del endófito (%)
23007	Javier T2	16,36	0,19
23008	Javier T3	35,94	1,98
23009	Javier T4	11,32	0,17
23010	Javier T5	31,03	0,52

**Método utilizado:**

**Raíces**

Decoloración y pigmentación de raíces con aplicación de calor (Herrera, 1993)

**Observaciones:**

1. La tasa de colonización indica el porcentaje de raíces colonizadas por el hongo, con un rango mínimo de 0%, y un máximo de 100%.
2. La densidad del endófito, se refiere al porcentaje ocupado en el interior de la raíz, con estructuras del hongo micorrízico. Este valor tiene un máximo de 47,5% y un mínimo de 0%.
3. Para análisis estadísticos, la transformación adecuada es raíz cuadrada de base x.

Ing. Vladimir Bravo  
Director de Investigación y Desarrollo  
0989653399