



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

EXTENSIÓN EN EL CARMEN CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de noviembre 13 de 1988

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCION DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGROPECUARIA**

**CRECIMIENTO DE PLANTAS DE VIVERO (*Musa* AAB) CON HMA EN
DIFERENTES TIPOS DE SUELOS.**

AUTORA: CUSME VÉLEZ SANDY GUADALUPE

TUTOR: ING. ROBLES GARCIA JOSÉ ORLANDO

El Carmen, 13 de septiembre de 2021

| | | |
|---|--|-----------------------------|
|  Uleam <small>UNIVERSIDAD LAICA</small> <small>ELOY ALFARO DE MANABÍ</small> | NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A) | CÓDIGO: PAT-01-F-010 |
| | PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO | REVISIÓN: 2 |
| | | Página ii de 47 |

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Extensión en El Carmen de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de investigación, bajo la autoría de la estudiante Cusme Vélez Sandy Guadalupe, legalmente egresada de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, bajo la opción de titulación de proyecto investigativo, cuyo tema es: **CRECIMIENTO DE PLANTAS DE VIVERO (MUSA AAB) CON HMA EN DIFERENTES TIPOS DE SUELOS.**

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, 23 de septiembre de 2021

Lo certifico,

Ing. José Orlando Robles García
Docente Tutor
Área: Ciencias Agropecuarias

DECLARACIÓN DE AUTORIA

Yo, Sandy Guadalupe Cusme Vélez, con cédula de ciudadanía 230045551-7 , egresada de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí Extensión El Carmen, de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, declaro que las opiniones, criterios y resultados encontrados en la aplicación de los diferentes instrumentos de investigación, que están resumidos en las conclusiones y recomendaciones de la presente investigación con el tema: **CRECIMIENTO DE PLANTAS DE VIVERO (*Musa* AAB) CON HMA EN DIFERENTES TIPOS DE SUELOS**, son información exclusiva su autora, apoyado por el criterio de profesionales de diferentes índoles, presentados en la bibliografía que fundamenta este trabajo; al mismo tiempo declaro que el patrimonio intelectual del trabajo investigativo pertenece a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión El Carmen.

Sandy Guadalupe Cusme Vélez

AUTORA



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ



EXTENSIÓN EN EL CARMEN
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

TÍTULO

**CRECIMIENTO DE PLANTAS DE VIVERO (*Musa AAB*) CON HMA EN
DIFERENTES TIPOS DE SUELOS**

AUTOR: Cusme Vélez Sandy Guadalupe

TUTOR: Ing. José Orlando Robles García

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGROPECUARIA**

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

MIEMBRO: Ing. Marco Vinicio De La Cruz Chicaiza, Mg.

MIEMBRO: Ing. José Randy Cedeño Zambrano, Mg.

MIEMBRO: Ing. Francel Xavier López Mejía, PhD.

DEDICATORIA

Dedico con regocijo, amor y esperanza a Dios por estar siempre conmigo en todo momento, por la vida y por permitirme el haber culminado una etapa más de mi formación profesional. También va dedicado a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido mis pilares para seguir adelante:

A mí madre Carmen Vélez, motor e impulsadora de todos mis logros.

A mí hija Carla Annelisse, por ella estoy tan orgullosa de culminar con esta meta, cada día me impulsa a seguir adelante, eres mi fuerza y motivación.

A mí amado esposo Carlos Vélez por alentarme y apoyarme en todo momento.

A mis hermanos, Edison, Jennifer, Edward y Tania gracias por confiar en mí.

A mi padre Manuel Cusme, mi ángel en el cielo.

Y cómo no dedicarle este trabajo a mi estimado tutor Ing. Robles García José Orlando, al Ing. Néxar Cobeña y al Ing. Jorge Vivas Cedeño, quienes con sus conocimientos aportaron mucho para la realización de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento infinito a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, extensión en El Carmen por haberme acogido y forjado en sus aulas, a todos mis compañeros de clases, a los docentes quienes lograron cambios importantes en mi vida a base de conocimientos y experiencias ligadas a la profesionalización.

Un agradecimiento especial a las personas que estuvieron apoyándome cuando más lo necesitaba:

A mi madre Carmen Vélez: por todas las amanecidas con las tareas, por los sacrificios económicos que hizo, por su paciencia y su fé; gracias por no dejarme sola de inicio a fin en todo el proceso universitario.

A mi esposo por guiarme y creer en mí, por animarme y apoyarme en todo momento.

A mi madrina Adela por todos los consejos brindados.

A mis hermanos que me ayudaron siempre, y también a mi papá que desde el cielo supo cuidarme y darme fuerzas para seguir adelante.

INDICE

| | |
|--|------------|
| PORTADA | i |
| CERTIFICACIÓN DEL TUTOR | ii |
| DECLARACIÓN DE AUTORIA | iii |
| CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL | iv |
| DEDICATORIA | v |
| AGRADECIMIENTOS | vi |
| INDICE | vii |
| INDICE DE TABLAS | ix |
| RESUMEN | 11 |
| ABSTRACT | 12 |
| INTRODUCCIÓN | 13 |
| CAPÍTULO I | 15 |
| 1. MARCO TEÓRICO | 15 |
| 1.1.- Situación e importancia del cultivo de plátano | 15 |
| 1.2.- Generalidades del cultivo | 15 |
| 1.4.- Clasificación taxonómica | 16 |
| 1.5.- Obtención de cormos | 16 |
| 1.6.- Multiplicación de cormos | 17 |
| 1.7.- Hongos micorrízicos arbusculares | 17 |
| 1.7.1.- Multiplicación de HMA | 17 |
| 1.7.2.- Inoculación de HMA | 17 |
| 1.8.- Clasificación taxonómica de los Hongos Micorrízicos Arbusculares | 18 |
| 1.8.1.- Importancia de los Hongos Micorrízicos Arbusculares | 18 |
| 1.9.- Métodos de aplicación de fertilizantes | 19 |

| | | |
|---------------------|--|-----------|
| 1.9.1.- | Aplicación de fertilización edáfica | 19 |
| 1.10.- | Variables de investigación | 20 |
| 1.10.1- | Morfo-fisiología de la planta | 20 |
| 1.10.2- | Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA). | 20 |
| CAPÍTULO II | | 21 |
| 2.- | Antecedentes: | 21 |
| CAPÍTULO III | | 22 |
| 3.- | DIAGNÓSTICO O ESTUDIO DE CAMPO | 22 |
| 3.1 | Ubicación del ensayo | 22 |
| 3.2 | Características de la zona de la investigación | 22 |
| 3.3 | Variables | 23 |
| | Aplicación de fertilizante | 25 |
| 3.4.- | Características de la Unidad Experimental | 25 |
| 3.5.- | Tratamientos | 26 |
| 3.6 | Diseño Experimental | 26 |
| 3.7 | Análisis Estadístico | 26 |
| 3.8.- | Materiales utilizados | 27 |
| 3.9.- | Manejo del experimento | 28 |
| CAPÍTULO IV | | 27 |
| 4.- | EVALUACIÓN DE RESULTADOS | 27 |
| | CONCLUSIONES | 33 |
| | RECOMENDACIONES | 34 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 35 |
| | ANEXOS | 40 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Clasificación taxonómica de los HMA | 18 |
| Tabla 2: Características edáficas y climáticas de la zona del experimento..... | 23 |
| Tabla 3: Características de la Unidad Experimental en la evaluación de crecimiento de plantas de vivero (Musa AAB), con HMA en diferentes tipos de suelos..... | 25 |
| Tabla 4: Esquema de los tratamientos del experimento..... | 26 |
| Tabla 5: Esquema del Análisis de la Varianza (ADEVA). | 27 |

INDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1: Mapa del trabajo investigativo según coordenadas GPS | 22 |
| Gráfico 2: Promedio de altura en la evaluación de crecimiento de plantas de vivero (Musa AAB) con HMA en diferentes tipos de suelos. | 27 |
| Gráfico 3: Promedio de peso de raíz en la evaluación de crecimiento de plantas de vivero (Musa AAB) con HMA en diferentes tipos de suelos. | 28 |
| Gráfico 4: Promedio de peso de hojas en la evaluación de crecimiento de plantas de vivero (Musa AAB) con HMA en diferentes tipos de suelos. | 29 |
| Gráfico 5: Promedio de peso de pseudotallo en la evaluación de crecimiento de plantas de vivero (Musa AAB) con HMA en diferentes tipos de suelos. | 30 |
| Gráfico 6: Promedio de tasa de colonización de HMA en sistema radicular, en la evaluación de crecimiento de plantas de vivero (Musa AAB) con HMA en diferentes tipos de suelos. | 31 |
| Gráfico 7: Promedio del porcentaje de biomasa de la planta, en la evaluación de crecimiento de plantas de vivero (Musa AAB) con HMA en diferentes tipos de suelos. | 32 |

INDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo 1: Análisis de la varianza de altura de planta | 40 |
| Anexo 2: Análisis de la varianza del peso de las raíces | 40 |
| Anexo 3: Análisis de la varianza del peso de las hojas | 40 |
| Anexo 4: Análisis de la varianza peso de pseudotallo | 40 |
| Anexo 5: Análisis de la varianza de la tasa de colonización de HMA | 41 |
| Anexo 6: Análisis de la varianza de la Biomasa disponible | 41 |
| Anexo 7: suelo esterilizado | 41 |
| Anexo 8: suelo concentrado | 41 |
| Anexo 9: Riego después de la siembra..... | 41 |
| Anexo 10: Incorporación de micorrizas en semillas de frejol..... | 41 |
| Anexo 11: Riego plantas en crecimiento..... | 42 |
| Anexo 12: plantas de fréjol | 42 |
| Anexo 13: Cosecha de micorrizas colonizadas en las raíces de las plantas de frejol | 42 |
| Anexo 14: Corte y selección de cormos..... | 42 |
| Anexo 15: Llenado de fundas con suelo concentrado + NPK | 42 |
| Anexo 16: Limpieza de cormos con insecticida verisan | 42 |
| Anexo 17: Brotes de Musa AAB | 43 |
| Anexo 18: Llenado de fundas con sus respectivos tratamientos..... | 43 |
| Anexo 19: Toma de datos..... | 43 |
| Anexo 20: Crecimiento de plántulas | 43 |
| Anexo 21: Toma de datos..... | 43 |
| Anexo 22: Toma de datos finales..... | 43 |
| Anexo 23: Análisis microbiológico tasa de colonización radicular..... | 44 |
| Anexo 24: Porcentaje de biomasa de planta | 45 |

RESUMEN

A nivel mundial el plátano tiene gran importancia económica y gastronómica. En el Ecuador se cultiva plátano principalmente en la zona noreste de la provincia de Manabí. En los suelos destinados al cultivo de esta musácea existe una gran disminución de los microorganismos, debido a las contaminaciones causadas por la fertilización química y el uso exagerado de herbicidas, los cuales también dañan el medio ambiente adyacente. Para mejorar la situación, en los últimos años se ha tratado de nutrir a los cultivos con bio-fertilizantes, los cuales son amigables con el medio ambiente. Por tal motivo, en los predios de la Granja Experimental “Río Suma” del cantón El Carmen se realizó un trabajo de investigación cuyo objetivo fue determinar la interacción de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), en el crecimiento de plántulas de plátano (*Musa AAB*) inoculadas con dos tipos de HMA en fase de vivero. Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con 5 tratamientos y 2 repeticiones. Cada tratamiento contó con 60 gramos de HMA, a excepción del tratamiento testigo (T1), y adicionados 50 gramos de NPK a los tratamientos 4 y 5. En las variables estudiadas no existieron diferencias estadísticas significativas. El T2, con 60 gramos de HMA en suelo esterilizado obtuvo promedios levemente mejores en las variables de altura de planta con 1.10m, en peso de raíz con 239 gramos, en peso de hojas con 2,95 Kg, también en el peso de pseudotallo con 3,47 Kg, mientras el T3 con 60 gramos de HMA en suelo concentrado tuvo porcentajes de 13,27 y 67,08% en las variables de biomasa disponible y de tasa de colonización respectivamente.

Palabras clave: Bio.fertilización, *musaceae*, HMA, biomasa disponible, pseudotallo.

ABSTRACT

Worldwide, the banana has great economic and gastronomic importance. In Ecuador, bananas are grown mainly in the northeast area of the province of Manabí. In the soils destined for the cultivation of this musaceae, there is a great decrease in microorganisms, due to the contamination caused by chemical fertilization and the exaggerated use of herbicides, which also damage the adjacent environment. To improve the situation, in recent years there have been attempts to nourish crops with bio-fertilizers, which are friendly to the environment. For this reason, in the grounds of the "Río Suma" Experimental Farm in the city of El Carmen, a research work was carried out whose objective was to determine the interaction of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), in the growth of plantain seedlings (*Musa AAB*) inoculated with two types of AMF in the nursery phase. A Completely Randomized Block Design (DBCA) was used, with 5 treatments and 2 repetitions. Each treatment had 60 grams of AMF, except for the control treatment (T1), and 50 grams of NPK were added to treatments 4 and 5. There were no statistically significant differences in the variables studied. T2, with 60 grams of AMF in sterilized soil, obtained slightly better averages in the variables of plant height with 1.10m, in root weight with 239 grams, in leaf weight with 2.95 Kg, also in pseudostem weight. With 3.47 Kg, while T3 with 60 grams of AMF in concentrated soil had percentages of 13.27 and 67.08% in the available biomass and colonization rate variables, respectively.

Keywords: Bio.fertilization, musaceae, AMF, available biomass, pseudostem.

INTRODUCCIÓN

El cultivo y exportación del plátano en el Ecuador representa más que un soporte económico para el país, no solo genera empleos y brinda sustentabilidad de las familias agrícolas, también esta fruta se ha convertido en un producto básico en la canasta alimenticia (Patiño, *et al* Tumbaco, 2012).

La demanda internacional de plátano aumenta cada año, esto provoca que los agricultores se interesen en cultivar más áreas con esta fruta (PROECUADOR, 2021). Las musáceas son el cuarto cultivo alimenticio más importante del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz (Vélez, 2018). Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2017), el país posee una superficie cultivada con plátano de 127 239 hectáreas (ha^{-1}), y una producción anual de 472 421 toneladas (t).

Dentro del Ecuador, Manabí es la provincia con mayor superficie cultivada de plátano, con 48 914 ha^{-1} , y una producción de 307 140 t; esto representa el 38% en la superficie y más del 70% de la producción nacional (Vélez, 2018). Sin embargo, la productividad es baja, apenas del 6.27 $\text{t}/\text{ha}^{-1}/\text{año}$, al parecer causada por la forma directa de obtener semillas y su posterior limpieza con biocidas, el ataque de plagas, las densidades de siembra o la saturación química por exceso de fertilizantes (Párraga, 2015).

La explotación intensiva y desmesurada de los recursos ha sido la tendencia principal en los agro-ecosistemas productivos en las últimas décadas en el mundo. (Barea, 2008). Según (Rosales, 2006), el uso excesivo de químicos ocasiona efectos negativos al ambiente; por lo tanto en el mundo se busca la reducción de aplicación de estos productos mediante la aplicación de microorganismos benéficos (biofertilizantes) que protejan a la planta de

ataques de bacterias y hongos causantes de muchas enfermedades (Guerrero, J. 2011); (Vivas, Lazo, *et al* González, 2018).

Una alternativa biológica para limitar el uso de químicos, corresponden al grupo de hongos benéficos conocidos como micorrizas, los mismos que desde la etapa de desarrollo colonizan las raíces de las plantas sin ocasionarles daño alguno, una actividad tipo simbiosis que le brinda alimento al hongo, mientras mejora la nutrición de la planta y le ayuda a obtener mayor resistencia a las sequías, y al ataque de plagas y enfermedades (Barea, J., Azcón, C., 2018).

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), establecen procesos simbióticos aproximadamente con el 80% de las plantas. El carácter heterótrofo de los hongos les condiciona a obtener su fuente carbonada a partir de otros organismos, en este sentido, los HMA reciben directamente de las plantas los azúcares que precisan para desarrollarse. (Suárez, 2019). Las plantas aprovechan el micelio extrarradical del hongo para acceder a una mayor cantidad de agua y nutrientes del suelo (Urgilés, Chamba, *et al* Encalada, 2019). Dentro de los nutrientes, los HMA maximizan la absorción de algunos macro-elementos como Nitrógeno (N), Potasio (K), y Fósforo (P) (Terry, Ruiz, y Carrillo, 2018).

Por tales motivos la presente investigación tuvo como objetivo general evaluar el crecimiento de plantas de vivero (*Musa* AAB) con HMA en diferentes tipos de suelos, complementado por los siguientes objetivos específicos: determinar la interacción de los dos tipos de HMA con el suelo evaluado, según los resultados de crecimiento obtenidos y establecer la influencia de los HMA en cada tratamiento mediante un análisis de laboratorio.

La hipótesis a verificar fue: Si existió diferencias estadísticas en el crecimiento de plantas de vivero (*Musa* AAB) con HMA en diferentes tipos de suelos en el cantón El Carmen.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1.- Situación e importancia del cultivo de plátano

1.1.1 A nivel mundial

Después del arroz, el trigo y el maíz, el cultivo de plátano ocupa el cuarto lugar en importancia en el mundo (Mendoza, 2015), (Lafargue, 2015). Se produce principalmente en el Sudeste asiático, aunque se exporta mayoritariamente desde los países africanos y latinoamericanos. Dentro de las naciones exportadoras, Ecuador abastece con cerca del 20% de las exportaciones mundiales; esto lo convierte en el segundo mayor exportador de plátano, sólo superado por República Dominicana (MAG, 2015).

1.1.2 A nivel nacional

Según (Vélez, 2018) en el Ecuador, el plátano es cultivado a mayor escala en la provincia de Manabí, concretamente en el cantón El Carmen, donde existen 3 compañías exportadoras que llevan el fruto de esta zona hasta mercados tan lejanos como EE.UU, Rusia y Alemania (Dole, 2018). Asimismo (Paz y Pesántez, 2013) mencionan que los dedos exportables deben tener al menos entre 24-30 cm de largo y 2-5 cm de ancho.

1.2.- Generalidades del cultivo

Varios autores como Palencia, Gómez, y Martín (2006), aseguran que las musáceas son originarias del sudeste asiático, los árabes la llevaron a sus diversos Califatos, entre éstos España quien se encargó de introducirla en sus colonias de América. De las 30 especies que se identifican con el género *Musa*, actualmente sólo dos especies tienen importancia comercial: *Musa* AAB, (plátano), y *Musa* AAA, (banano) (Guerrero, 2016).

1.3.-Descripción botánica de la planta

Es una planta herbácea de gran tamaño, algunas superan los 7m de altura, tienen ciclo productivo perenne, posee cormo o tallo verdadero del cual salen las raíces, además cuenta con un pseudotallo formado por hojas (Guerrero, 2016) Las hojas son encargadas de realizar el proceso de fotosíntesis, con la particularidad de tener un gran tamaño, en ocasiones hasta de la mitad de la altura de la planta.

1.4.- Clasificación taxonómica

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida*

Orden: *Zingiberales*

Familia: *Musaceae*

Género: *Musa*

Especie: *paradisiaca*

Nombre binomial: *Musa paradisiaca*

(Linnaeus, 2018).

1.5.- Obtención de cormos

Para obtener semillas de plátano, se procede al arranque de cormos posterior a la selección de plantas madres que visualmente posean propiedades idóneas para su progenie: racimo bien conformado y de buen tamaño, buen fuste, libres de daños de plagas y enfermedades (Vélez, 2018).

1.6.- Multiplicación de cormos

Según Párraga (2015), entre los productores es común la realización de siembra directa, se obtiene la semilla, se desinfecta y se siembra en fundas de trasplante o directamente a su espacio definitivo; aunque para la multiplicación de semillas de musáceas se utilizan camas enraizadoras, multiplicación in vitro, propagación de yemas, entre otros métodos. Para esta investigación, se realizó el método de siembra directa, se obtuvo la semilla, se desinfectó y posteriormente se inoculó con HMA para ubicarlas en las fundas de trasplante.

1.7.- Hongos micorrízicos arbusculares

Según García (2017), las micorrizas son asociaciones entre hongos y plantas en beneficio mutuo, ya que el hongo le provee a la planta una mayor área de fijación de nutrientes a su vez ella le protege de otros hongos o parásitos además de alimentarle con los nutrientes que éste absorbe; El mismo autor afirma que la simbiosis más extendida en todo el planeta es la de tipo arbuscular.

1.7.1.- Multiplicación de HMA

García (2017), menciona que una forma exitosa de multiplicar HMA es mediante la inoculación de estos hongos en las semillas de las gramíneas previo a la siembra, para luego cosechar las colonias de HMA presentes en las raíces de estas plantas a las 4-6 semanas; dichas colonias tienen forma de grumos, adheridas al sistema radical como se indicó anteriormente.

1.7.2.- Inoculación de HMA

La inoculación de HMA se dividió en dos etapas:

- a) Para la multiplicación de HMA se inoculó directamente a las semillas de las gramíneas.
- b) Para el trabajo investigativo, se colectó los grumos adheridos a las raíces de las gramíneas, y se procedió a inocular a cada uno de los cormos, para luego ser ubicados en las fundas de trasplante, cada una con el tipo de sustrato seleccionado.

1.8.- Clasificación taxonómica de los Hongos Micorrízicos Arbusculares

La siguiente tabla muestra la clasificación taxonómica de las Micorrizas, dada por Schubler y Walker (2010), y mencionada por García (2017).

Tabla 1: Clasificación taxonómica de los HMA

| Orden | Familia | Género |
|----------------------|-----------------------------|------------------------|
| Glomerales | <i>Glomeraceae</i> | <i>Glomus</i> |
| | | <i>Funneliforme</i> |
| | | <i>Rhizophagus</i> |
| | | <i>Sclerocystis</i> |
| Diversiporales | <i>Claroideoglomeraceae</i> | <i>Claroideoglomus</i> |
| | <i>Diversisporaceae</i> | <i>Redeckera</i> |
| | | <i>Diversispora</i> |
| | | <i>Otopora</i> |
| | <i>Acaulosporaceae</i> | <i>Acaulospora</i> |
| | <i>Entrophosporaceae</i> | <i>Entrophospora</i> |
| | <i>Gigasporaceae</i> | <i>Gigaspora</i> |
| | | <i>Scutellospora</i> |
| <i>Racocetra</i> | | |
| <i>Pacisporaceae</i> | <i>Pacispora</i> | |

1.8.1.- Importancia de los Hongos Micorrízicos Arbusculares

Según Barrera (2009), estos organismos son encontrados en todos los tipos de suelos aptos para la agricultura, pueden establecer simbiosis con la mayoría de plantas adyacentes en su área de influencia, lo cual mejora los niveles nutricionales de las plantas, y por ende su

producción; Sin embargo, los monocultivos, los pesticidas y mala fertilización podrían acabar con las poblaciones autóctonas de HMA.

A su vez, González y Cuenca (2008), mencionan que los HMA son simbioses mutualistas biotróficos y endofíticos, los cuales aumentan la capacidad de absorción de nutrientes, en especial el fósforo; según los autores este es un elemento de baja absorción agrícola, por lo cual la simbiosis planta-HMA es de vital utilidad en los cultivos agrícolas, puesto que alivia el estrés vegetal y nutre mejor a la planta.

Asimismo, Conrado (2016), menciona que la colonización de HMA incrementa la utilización de otros nutrientes; En análisis realizados en su trabajo de maestría se encontraron concentraciones mayores de nitrógeno (N), potasio (K), hierro (Fe), magnesio (Mg), y microelementos como Zinc (Zn), Boro (B) y Molibdeno (Mo) como efecto indirecto por la estimulación de la fijación simbiótica en plantas micorrizadas.

1.9.- Métodos de aplicación de fertilizantes

Según Párraga (2015), el objetivo principal de los métodos de aplicación de fertilizantes químicos o biológicos radica en encontrar las dosis efectivas para lograr rendimientos productivos y reducir el impacto ambiental del cultivo. Esta investigación realizó un método de aplicación:

1.9.1.- Aplicación de fertilización edáfica

Según Anaya, *et al* Medina (2010), es la aplicación de fertilizantes en el suelo al momento de la siembra, ya que aún las plantas no poseen hojas. En esta investigación se aplicó el concentrado de HMA a los cormos antes de su puesta en las fundas de siembra, mientras que los fertilizantes químicos (N-P-K) se aplicaron al tener las plantas las hojas 5-12.

1.10.- Variables de investigación

1.10.1- Morfo-fisiología de la planta

Conocida como variable biométrica, engloba a los indicadores visibles de la planta según sus etapas: enraizamiento, crecimiento, floración y producción (Lederson y Asakawa, 2012). En esta investigación fueron de sumo interés las etapas de enraizamiento y de crecimiento.

1.10.2- Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA).

Es la variable principal en esta investigación, ya que de su interacción con las raíces de las plántulas de plátano se obtendrán resultados que posteriormente indicarán la representatividad de este proyecto investigativo.

CAPÍTULO II

2.- Antecedentes:

Vivas (2018), efectuó una investigación sobre inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de plátano, con tres dosis de HMA: 15-25-35% del peso del cormo en dos tipos de sustrato (con y sin humus); Los resultados fueron que las dosis de 25-35% de HMA en el sustrato con humus presentaron diferencias estadísticas en porcentaje de supervivencia, altura de planta, número de hojas y área foliar.

Suárez (2019), llevó a cabo una investigación sobre el efecto de hongos micorrízicos, *Bacillus spp* y fósforo en el desarrollo vegetativo de banano (*Musa paradisiaca*) var. Williams, con dosis de: 0-2 Kg/ha de micorrizas y 2 Kg de micorrizas + 50 Kg/ha Fósforo. Se observó que el tratamiento de 2 Kg de micorrizas + 50 Kg/ha Fósforo presentó diferencias estadísticas en altura de planta y diámetro del pseudotallo.

Asimismo, Martínez (2016), realizó una investigación sobre el efecto de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio combinadas con micorrizas en el cultivo del banano, en la cual obtiene por resultado que el tratamiento de 200gr de micorrizas más dosis de 200-25-480 gr/planta de N-P-K respectivamente presentó diferencias estadísticas sobre las variables de rendimiento y crecimiento de las plantas.

CAPÍTULO III

3.- DIAGNÓSTICO O ESTUDIO DE CAMPO

3.1 Ubicación del ensayo

La presente investigación analizó la respuesta del crecimiento de plantas de vivero (*Musa* AAB) con HMA en diferentes tipos de suelos, y estableció si hubo o no diferencias estadísticas entre tratamientos y repeticiones. El presente experimento se realizó en el cantón El Carmen, en los predios de la granja experimental “Río Suma” de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, extensión El Carmen, ubicada en el km 25 de la vía Santo Domingo – Chone, margen derecho.

3.2 Características de la zona de la investigación

3.2.1 Localización geográfica

Latitud: 0°26'11'' N. *

Longitud: 79°42'64'' W. *

* Coordenadas obtenidas de Google Maps, y GPS móvil.

Gráfico 1: Mapa del trabajo investigativo según coordenadas GPS



3.2.2 Características climáticas y edáficas

Tabla 2: Características edáficas y climáticas de la zona del experimento.

| Características climáticas y edáficas | |
|--|------------------------|
| Topografía ¹ : | Plano regular |
| Altitud ¹ : | 260 msnm |
| Clasificación bío-climática ¹ : | Bosque Tropical húmedo |
| Temperatura media anual ¹ : | 24,9°C |
| Heliofanía ² : | 1026,2 |
| Precipitación media anual ² : | 2800 mm/ ha |
| Humedad relativa ² : | 86% |

Datos obtenidos y publicados por:

- 1.- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de El Carmen (GAD- Municipal, 2019).
- 2.- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2021), en dos estaciones cercanas: Puerto Ila en Los Ríos, y La Concordia en Santo Domingo.

3.3 Variables

3.3.1 Variables Independientes

Hongos Micorrízicos Arbusculares HMA.

Adquiridos a la empresa ANCUPA®, fueron insertados en el suelo conjuntamente con leguminosas, en el cual maduraron y se acoplaron al ambiente de la zona de la investigación. Para su inoculación en los cormos de plátano a estudiar fueron obtenidos de las raíces de las leguminosas antes mencionadas.

Suelo esterilizado.

Se trató de suelo cubierto por plástico agrícola color negro, previamente esterilizado con formol al 20%. Fue usado como sustrato para las semillas de plátano inoculadas con HMA previo al envasado en las fundas.

Suelo concentrado (sin esterilizar).

Corresponde a suelo normal, sin cultivos y que no fue esterilizado con substancia alguna. También fue usado como sustrato para las semillas de plátano inoculadas con HMA previo al envasado en las fundas.

3.3.2 Variables dependientes

Peso de raíz

Los resultados de esta variable se obtuvieron al final del experimento.

Peso de hoja

Los datos de esta variable fueron recogidos también al final del experimento.

Peso de pseudotallo

Para obtener estos datos, se realizó la toma de estos de similar forma que las variables anteriores.

Altura de la planta

Registrado su crecimiento al final del experimento.

Porcentaje de biomasa de la planta

Muestras obtenidas por tratamiento, fueron enviadas para realizarles análisis en los laboratorios de AGROLAB® en la ciudad de Santo Domingo.

Tasa de colonización de HMA en sistema radicular

Obtenidas las muestras de raíces de cada tratamiento, fueron enviadas para sus respectivos análisis realizados en los laboratorios de ANCUPA®, en la ciudad de La Concordia.

Aplicación de fertilizante

Se aplicaron los fertilizantes en las plantas a estudiar en la siguiente etapa del cultivo:

Hoja 05

Hoja 12

Según Vélez (2018), este número de hojas indica la óptima capacidad de retención y captación de los nutrientes en el cultivo de plátano.

3.4.- Características de la Unidad Experimental

A continuación, se detallan las características de la Unidad Experimental en la evaluación de crecimiento de plantas de vivero (*Musa* AAB), con HMA en diferentes tipos de suelos.

Tabla 3: Características de la Unidad Experimental en la evaluación de crecimiento de plantas de vivero (Musa AAB), con HMA en diferentes tipos de suelos.

| Características de la U. Experimental | |
|---|-------------------|
| Granja Experimental Río Suma, Km. 30 Vía Chone | |
| Superficie del ensayo | 18 m ² |
| Largo | 6 m |
| Ancho | 3 m |
| Tratamientos | 5 |
| Repeticiones | 7 |
| Plantas por tratamientos | 7 |
| Plantas a evaluar | 70 |
| Plantas por bloque | 35 |
| Población experimental | 70 |
| Población por hectárea | 2000 |

3.5.- Tratamientos

Los tratamientos resultaron de la formulación de las dosis de HMA sin NPK, más dosis de HMA y NPK en dos suelos distintos más un testigo. Cada tratamiento contó con 7 unidades experimentales, además de dos repeticiones, con lo que el número total de unidades experimentales es de 70.

Tabla 4: Esquema de los tratamientos del experimento.

| Cantidad de HMA en dos tipos de suelos | | | | |
|--|--------------------|-------------------|------|------|
| Tratamientos | Suelo esterilizado | Suelo concentrado | HMA | NPK |
| Testigo | T1 | * | | |
| | T2 | * | 60gr | |
| | T3 | | * | 60gr |
| | T4 | * | 60gr | 50gr |
| | T5 | | * | 60gr |
| | | | | 50gr |

Aclaración: El símbolo * indica el tipo de suelo en cada tratamiento. Todos los tratamientos llevaron dosis estándares de Nitrógeno, Potasio y Fósforo de 50, 75 y 20 Kg/ha⁻¹ respectivamente.

3.6 Diseño Experimental

Esta investigación utilizó un Diseño de Bloques completamente al Azar, con los tratamientos resultantes de las dosis de HMA sin NPK, HMA con NPK, más un tratamiento testigo sin la aplicación de dichos nutrientes. En total existieron cinco tratamientos y dos repeticiones, con siete unidades experimentales en cada tratamiento.

3.7 Análisis Estadístico

Para realizar el análisis estadístico, se elaboró una base de datos en hojas electrónicas de Microsoft Excel®. La información obtenida se procesó a través del software Infostat®

versión 2.1. Se empleó el análisis de interpretación ADEVA y la comparación de medias con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, ($p > 0,05$) para los resultados obtenidos.

Tabla 5: Esquema del Análisis de la Varianza (ADEVA).

| ADEVA | | |
|--------------|-----------------|-----------|
| | FV | GL |
| Total | $t*r-1$ | 34 |
| Tratamientos | $(t-1)$ | 4 |
| Repeticiones | $(r-1)$ | 6 |
| Error exp. | $t((t-1, r-1))$ | 24 |

3.8.- Materiales utilizados

Se utilizaron los siguientes materiales

3.8.1.- Material Biológico

Cormos de plátano

HMA obtenidos de leguminosas.

3.8.2.- Material técnico

Machete

Botas

Cinta métrica

Regadera

Bolígrafos

Fundas de trasplante de 15Kg

3.8.3.- Materiales de cómputo

Balanza analítica electrónica

Teléfono móvil c/ cámara

Computadora

3.9.- Manejo del experimento

Riego de las plántulas

Debido a la estación seca, se realizó riegos con intervalos de 4 días.

Fertilización

Correspondieron a las semanas 5 y 12 de vida de las plántulas. Esta labor está definida como primordial en este experimento.

Desmalezado

Realizado cada 10 días, para que las malezas no se le ganaran terreno a las plántulas y se aprovecharan de los nutrientes.

Toma de muestras para laboratorios

Correspondió al final del experimento, con la recolección de los datos para enviar a los diferentes laboratorios y el pesaje de las variables mencionadas.

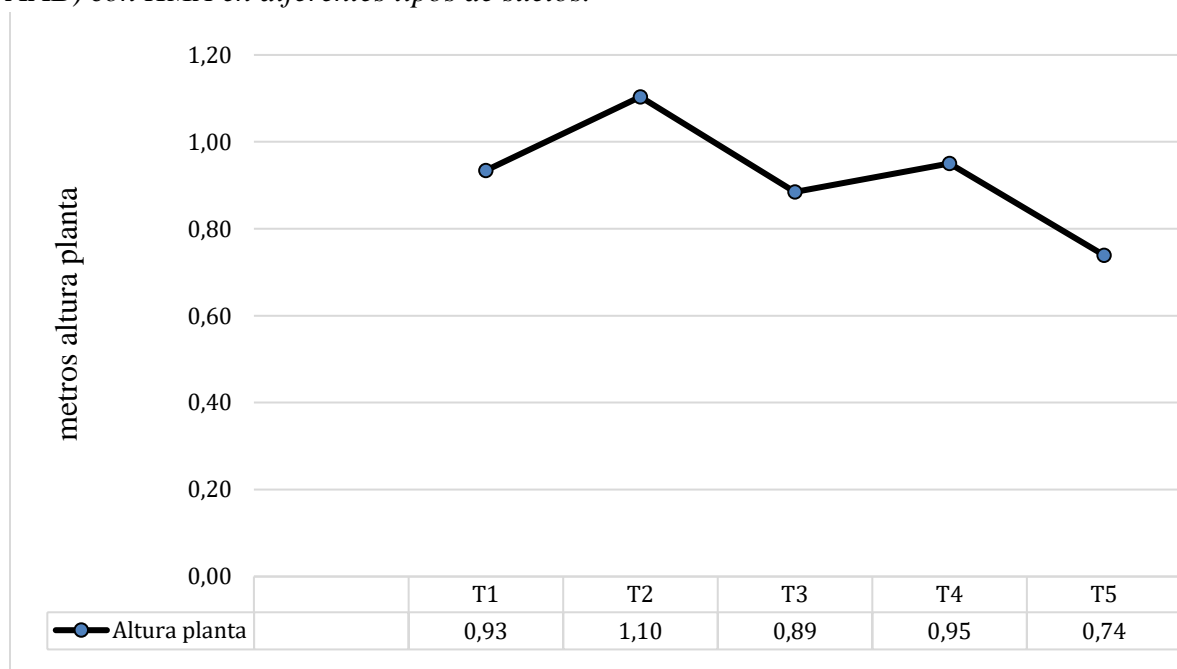
CAPÍTULO IV

4.- EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Altura de la planta

En la variable altura de la planta no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos ni repeticiones ($p > 0,05$), (Anexo 1). Sin embargo, se observa que en el tratamiento #2 (Suelo esterilizado + 60gr HMA sin NPK), existió un promedio de altura de 1.10m, mientras el promedio del testigo fue de 0,93m, el promedio más bajo lo tuvo el tratamiento #5, con 0,74m.

Gráfico 2: Promedio de altura en la evaluación de crecimiento de plantas de vivero (*Musa AAB*) con HMA en diferentes tipos de suelos.



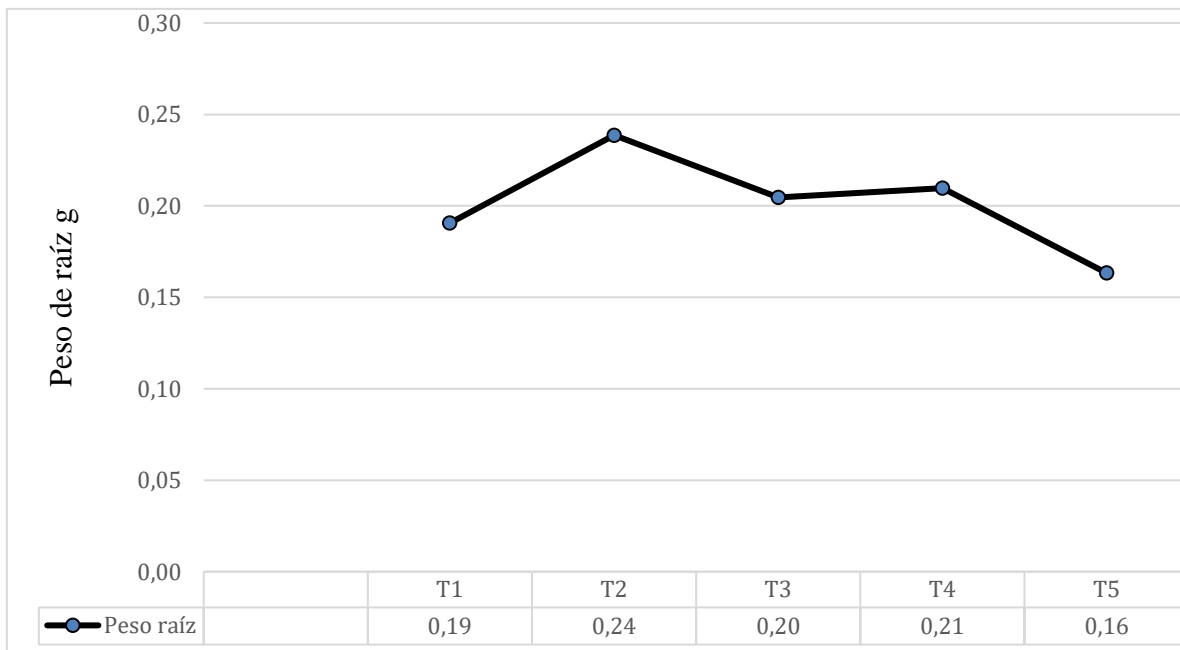
Los resultados de la variable altura de planta son diferentes a los obtenidos en la investigación realizada por Vivas, Lazo, Robles, & González (2018), en su artículo detallan que la dosis de 25% de HMA presentó mayor crecimiento de las plántulas en las tres últimas semanas del

estudio, mientras el tratamiento testigo presentó menores promedios de crecimiento en general.

Peso de raíz

Los resultados obtenidos en esta variable indican que no existieron diferencias estadísticas entre tratamientos ni repeticiones ($p > 0,05$), (Anexo 2), el promedio más alto de peso de raíz fue de 239g en el tratamiento #2 (Suelo esterilizado + 60gr HMA sin NPK), mientras que el más bajo se dio en el tratamiento #5, con un peso medio de 164g.

Gráfico 3: Promedio de peso de raíz en la evaluación de crecimiento de plantas de vivero (*Musa AAB*) con HMA en diferentes tipos de suelos.



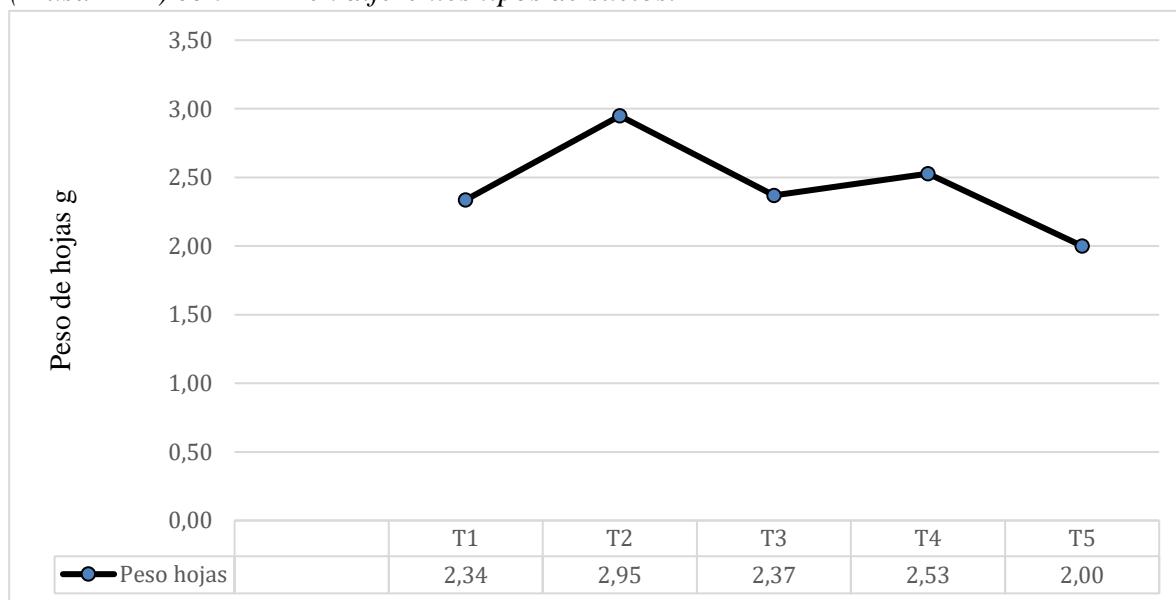
En la variable peso de raíz no hubo diferencias estadísticas, situación distinta a la presentada en la investigación realizada por Vivas, Lazo, Robles, & González (2018), en las cuales el peso de raíces de los colinos de plátano se vieron afectados por el tipo de fertilización: En sustratos con humus las raíces tuvieron mayor peso debido a la tasa de colonización de HMA

del tipo *Glomus*. En sustratos con fertilización inorgánica el peso de las raíces fue menor, debido a la reducción de fijación de HMA.

Peso de hojas

En esta variable, a pesar de que el tratamiento # 2 (Suelo esterilizado + 60gr HMA sin NPK), expresó un promedio de peso ligeramente mayor que los demás tratamientos, no se evidenció diferencia estadística alguna ($p > 0,05$), (Anexo 3), entre tratamientos ni repeticiones.

Gráfico 4: Promedio de peso de hojas en la evaluación de crecimiento de plantas de vivero (*Musa AAB*) con HMA en diferentes tipos de suelos.

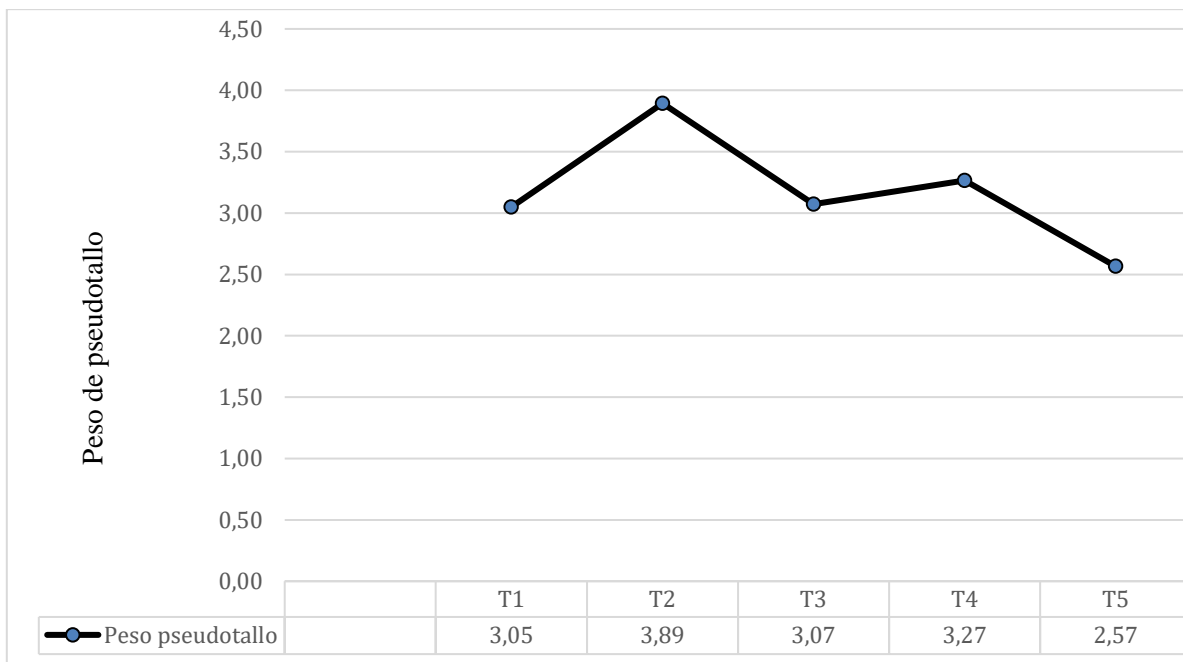


Esta situación es muy similar a la que se encontró en la investigación de Suárez (2019), en la cual no existieron diferencias estadísticas en las variables número y peso de hojas de banano *var. Williams*. Mientras tanto, en la investigación realizada por García (2017), se detalla que la aplicación de biofertilizantes (con HMA) produce un mayor desarrollo de la planta, tanto en tamaño y área foliar, asimismo como en el peso de raíces y frutos.

Peso de pseudotallo

En la variable peso de pseudotallo el tratamiento # 2 (Suelo esterilizado + 60gr HMA sin NPK), presentó un peso promedio de 3.89kg, no fue suficiente para lograr una diferencia estadística de los demás tratamientos, ni mucho menos lograr diferencias entre repeticiones, ya que fueron similares estadísticamente mediante prueba de Tukey ($p > 0,05$) (Anexo 4).

Gráfico 5: Promedio de peso de pseudotallo en la evaluación de crecimiento de plantas de vivero (*Musa AAB*) con HMA en diferentes tipos de suelos.



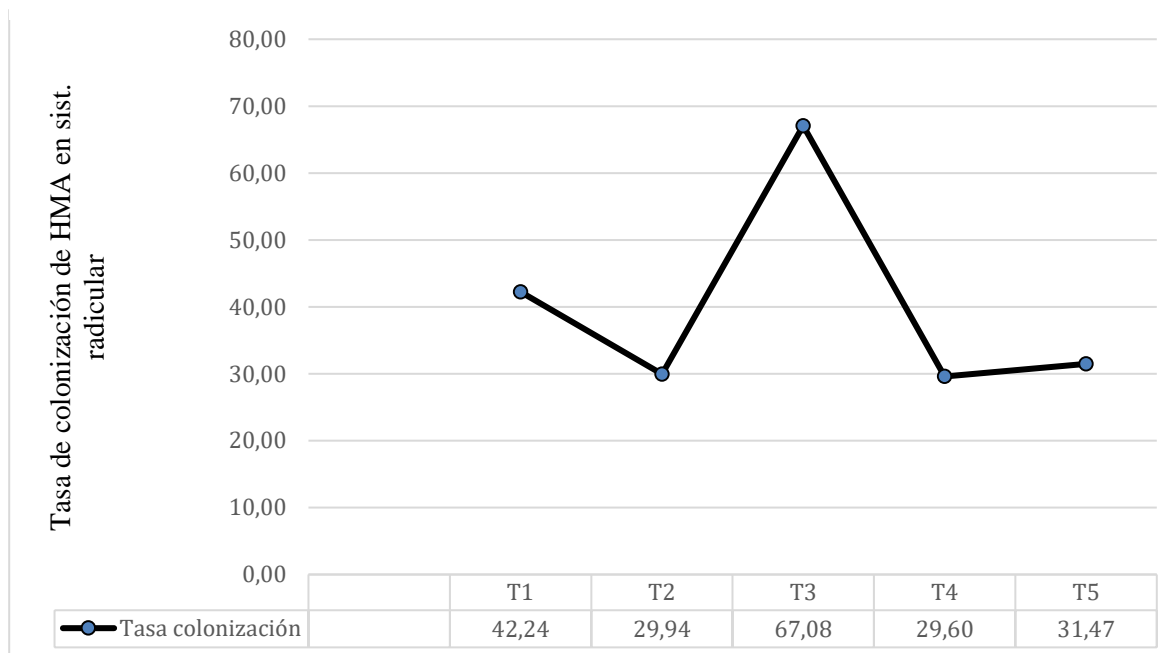
Estos resultados discrepan con los promedios y diferencias obtenidos en la investigación realizada por García (2017), en cuyo caso la aplicación de HMA contribuyó a mejorar el diámetro del pseudotallo, por ende aumentó también su peso respecto al tratamiento testigo, incluso se detalla que el diámetro y peso del pseudotallo tiene incidencia en el racimo, peso y tamaño del fruto a la cosecha.

También esta autora manifiesta que el peso del pseudotallo va de la mano con la mayor absorción de los nutrientes del suelo gracias a la micorrización y que al ser tomados por estos hongos circulan y nutren a la planta.

Tasa de colonización de HMA en sistema radicular

En la variable de tasa de colonización de HMA, mediante los análisis de laboratorios realizados, se determinó que no existieron diferencias estadísticas significativas ($p>0,05$) (Anexo 5), entre los tratamientos ni repeticiones estudiadas, a pesar de que el tratamiento #3 presentó una mayor tasa de colonización de HMA que los demás.

Gráfico 6: Promedio de tasa de colonización de HMA en sistema radicular, en la evaluación de crecimiento de plantas de vivero (*Musa AAB*) con HMA en diferentes tipos de suelos.



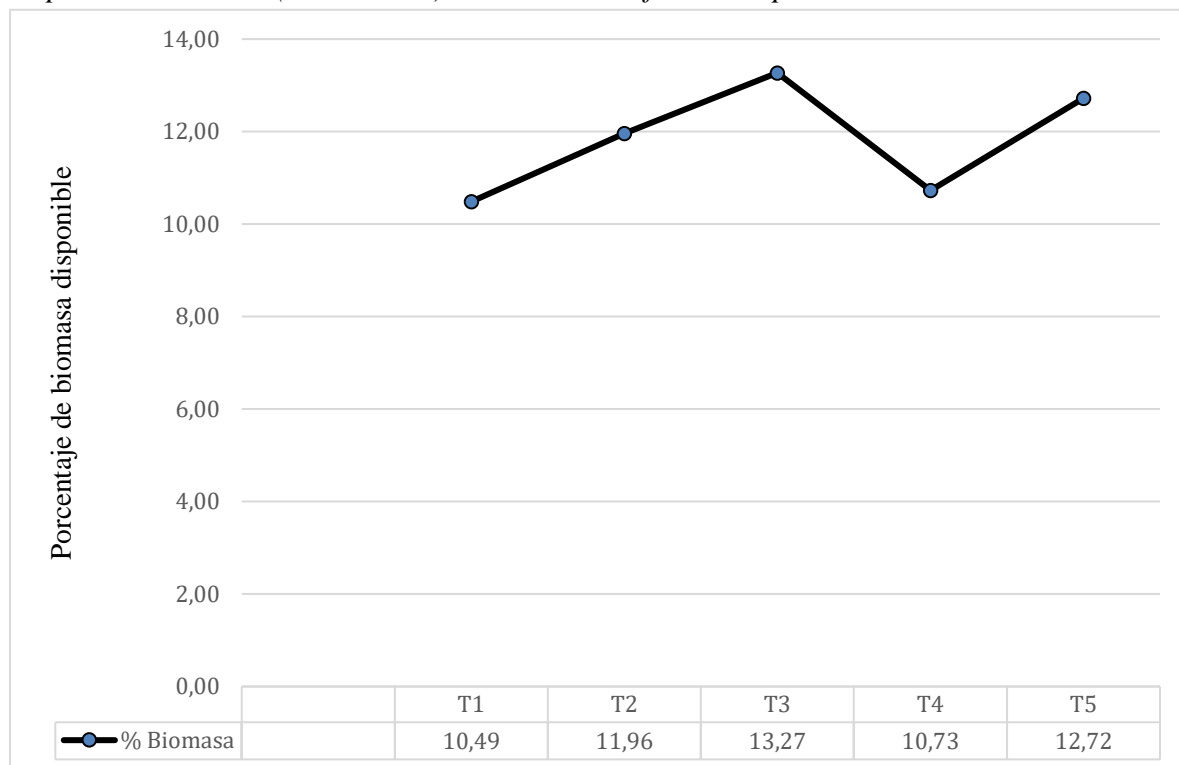
Sin embargo, en la investigación de Vivas, Lazo, Robles, & González (2018), la tasa de colonización presentó similitud con los resultados de peso y área de las demás variables del estudio, inclusive estos autores menciona que la dosis de 25% de HMA presentó mayor tasa de colonización que las dosis de 15% y de 35% de HMA, esto podría deberse a que el *efecto*

de los HMA en las raíces del plátano no depende de la cantidad inoculada a los colinos, más bien depende de la nutrición del suelo; en exceso de nutrientes la eficacia de las micorrizas disminuye.

Porcentaje de biomasa de la planta

Los resultados de la variable porcentaje de biomasa de la planta fueron recibidos de los laboratorios, los cuales demostraron que a pesar de que el tratamiento # 3 (Suelo concentrado + 60gr HMA sin NPK), tuvo un promedio levemente mayor que los demás tratamientos estudiados, no existieron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$). La causa de esta situación tal vez se deba a que la biomasa disponible se refiere a la materia seca, obtenida de las partes de la planta, en este caso, de las hojas de cada una de las unidades experimentales (planta).

Gráfico 7: Promedio del porcentaje de biomasa de la planta, en la evaluación de crecimiento de plantas de vivero (*Musa AAB*) con HMA en diferentes tipos de suelos.



CONCLUSIONES

En total concordancia con los objetivos propuestos y los resultados obtenidos de esta investigación, se concluye lo siguiente:

Las dosis de Hongos Micorrízicos arbusculares (HMA), no poseen mayor incidencia sobre la mayoría de las variables morfológicas de las plantas, ya que no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos ni repeticiones de la investigación.

Aunque en dos variables morfológicas sí se encontraron leves alteraciones o efectos de importancia, concretamente se destaca el tratamiento #2 (Suelo esterilizado + 60gr HMA sin NPK), en las variables de altura de planta y de peso de pseudotallo, este leve incremento no les alcanzó para tener diferencias estadísticas sobre las demás variables morfológicas.

Similar situación se observó en las variables morfológicas cuyas muestras se analizaron en laboratorios, aunque contrario a los resultados anteriores aquí el tratamiento # 3 (Suelo concentrado + 60gr HMA sin NPK), tuvo mejores resultados tanto en la variable de porcentaje de colonización como de porcentaje de biomasa de la planta.

Al parecer, en todas las variables analizadas respecto a los tratamientos # 2 y 3 se observa que sólo fueron fertilizadas con HMA, es decir fertilización orgánica. Mientras los tratamientos restantes no tuvieron mayor diferencia con el tratamiento testigo. También es importante analizar que la fertilización química contribuye a reducir la diversidad de HMA en el suelo; esto causaría que los beneficios de la inoculación de HMA a las plantas sea de éxito limitado.

RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos, y con las conclusiones mencionadas anteriormente, se recomienda lo siguiente:

A pesar de que no existieron diferencias estadísticas entre tratamientos y repeticiones, se recomienda realizar otras investigaciones en la misma zona donde se realizó este proyecto investigativo, a fin de refutar y/o validar los resultados aquí obtenidos.

Para lo mencionado anteriormente es necesario considerar las mismas condiciones en las que se realizó este proyecto, más sin embargo podrían utilizarse otras variedades de unidades experimentales, ya que se sabe bien que cada una de las variedades de plátano responde a diferentes ambientes y condiciones de siembre, humedad y nutrición.

La fertilización inorgánica es vital para la nutrición del cultivo, aunque esto dista de los resultados de este ensayo, por ello es necesaria la investigación de todo el ciclo completo, es decir evaluar las variables morfológicas e inclusive las variables de producción tales como promedio de dedos, peso de dedos, ratio de conversión.

También se recomienda la reducción de los usos de pesticidas, plaguicidas y fertilizaciones nitrogenadas excesivas, ya que todo esto causa alteraciones en los suelos para la agricultura, lo que lleva a diferentes tipos de respuestas de los HMA, desde estimulantes hasta poco significantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Anaya, M., González, D., & Medina, I. (2010). Dinámica de los hongos micorrízicos arbusculares en el banano. *Quehacer científico*. Recuperado el 12 de junio de 2021
- Barea, J. (2008). Respuesta de plantas de plátano Hartón a la inoculación con HMA nativos e introducidos, bajo condiciones de campo. *Scielo*, 8-11. Recuperado el 17 de 12 de 2020, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182008000300005
- Barea, J.; Azcón, C. (2018). Significado y aplicación de las micorrizas en agricultura. *Biotics Stress*, 3-6. Recuperado el 06 de 04 de 2021, de <https://www2.eez.csic.es/mycorrhizaandbioticstresslab/Agricultura-divulgacion%20micorrizas.pdf>
- Barquero, A. (2010). *Respuesta de la Fertilización al Suelo en el Crecimiento y Rendimiento de la Primera Generación del Cultivo de Plátano en San Carlos, Costa Rica*. San Carlos: Instituto Tecnológico de Costa Rica. Recuperado el 15 de Marzo de 2018
- Barrera, S. (2009). El uso de HMA como una alternativa para la Agricultura. *Ciencias Agropecuarias*, 120-125.
- Belalcázar, S. (2005). El Cultivo del Plátano en Altas Densidades de Siembra. (I. Virtual, Ed.) *Instituto Colombiano Agropecuario, ICA*, 3-5. Recuperado el 20 de Marzo de 2018

- Conrado, C. (2016). Integración de micorrizas con fósforo sobre el desarrollo, vigor y calidad de plántulas de banano en fase de aclimatación. *UTE-Q, Repositorio Virtual.*, 19.35.
- Dole, P. (10 de Marzo de 2018). *Dole Corporation: Nutrition facts fresh fruits Plantains*. Obtenido de Dole Corporation Web Site: www.dolefruits.com
- FAO. (2012). Manejo Fitosanitario del Plátano para la Temporada Invernal. *Colombia Humanitaria-FAOSTATS*, 5-7.
- GAD- Municipal, E. C. (29 de 09 de 2019). *GADMEC.com.ec*. Obtenido de <https://elcarmen.gob.ec/>
- García, J. (2017). Evaluación del efecto agronómico de HMA en el desarrollo vegetativo de banano. *UCSG, Repositorio Virtual.*, 29-34.
- González, M., & Cuenca, G. (2008). Respuesta de plantas de plátano a la inoculación con HMA nativos e introducidos bajo condiciones de campo. *Revista Scielo.*, 4-5.
- Guerrero, J. (2011). Incidencia de musáceas en el trópico. *Agronomía tropical*, 7-9.
- Guerrero, S. (2016). Características morfométricas de cultivares de musáceas establecidos en la finca experimental “La María”. (UTQ, Ed.) *UTQ-Repositorio Virtual.*, 13-27.
- INAMHI. (01 de 09 de 2021). *Inamhi*. Obtenido de https://www.inamhi.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_men.pdf
- INEC. (2017). *Encuesta sw Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Quito.

- Lafargue, P. (2015). Propuesta de un Modelo matemático para aplicación de inyección de Bioestimulantes al Sistema Vascular de Plátano Barraganete. *UDLA, Repositorio Virtual*, 7-9.
- Lederson, G., & Asakawa, N. (2012). Efecto de la micorrización sobre el crecimiento de plántulas de plátano en sustrato con y sin la presencia de nematodos. *Acta agronómica*, 120-123.
- Linnaeus, C. (09 de Marzo de 2018). *Nombre científico*. Obtenido de www.tropicos.org: <http://www.tropicos.org/Name/40023883?langid=66>
- MAG. (2015). *Boletín Situacional del Plátano 2015*. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Coordinación General de Sistema de Información Nacional. Quito: Ministerio de Agricultura, Acuacultura, Ganadería y Pesca. Recuperado el 15 de Marzo de 2018, de www.agricultura.gob.ec
- Martínez, L., Rivera, R., & Simó, J. (2016). Efecto de dosis de Nitrógeno, Fósforo y Potasio combinadas con Micorrizas en Banano. *Agricultura Tropical*, 2-4.
- Mendoza, L. (2015). Estudio de dos niveles de N, tres de CaO, y Aplicaciones adicionales de S, Zn, B, Mn en el rendimiento y calidad del fruto en el cultivo de plátano. *Universidad de Guayaquil, Repositorio Virtual*, 4-10. Recuperado el 30 de Noviembre de 2017
- Noda, Y. (2009). Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en pastos. *Revista Scielo*, 3-5. Recuperado el 06 de Julio de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942009000200001

- Palencia, G., Gómez, R., & Martín, J. (2006). Manejo sostenible del cultivo de plátano. *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA*, 4-6. Recuperado el 18 de Marzo de 2018
- Párraga, B. (2015). Métodos y Niveles de Fertilización del plátano Barraganete, en la exportación y eficiencia de nutrientes. *ULEAM*, 13-21.
- Patiño, A., Tumbaco, A., & Tumbaco, J. &. (2012). Manual del cultivo de plátano de exportación. *EDI-ESPE*, 4-6.
- Paz, R., & Pesántez, Z. (Noviembre de 2013). Potencialidad del Plátano Verde en la Nueva Matriz Productiva del Ecuador. *Revista Científica Yachana*, II(2), 203-210. Recuperado el 15 de Marzo de 2018
- PROECUADOR. (08 de 03 de 2021). Banano y plátano en Chile. *Proecuador*, 2-3. Recuperado el 31 de Marzo de 2021, de <https://www.proecuador.gob.ec/banano-y-platano-en-chile/>
- Rosales, Y. (10 de 12 de 2006). Guía práctica para la producción de plátano con altas densidades. *Musalac*(VI), 3-8. Recuperado el 28 de 11 de 2020, de http://banana-networks.org/musalac/files/2013/01/altas_densidades-1.pdf.
- Suárez, C. (2019). Efecto de Hongos micorrizicos arbusculares y Fósforo en el desarrollo vegetativo de Banano var. Williams. *UTE-Q, Rep. Virtual.*, 6-13.
- Terry, A., Ruiz, J., & Carrillo, Y. (2018). Effect of different nutritional management on yield and Quality of tomato fruits. *Agronomía Mesoamericana*, 45-51.

- Urgilés, N., Chamba, E., Lojan, P., & Encalada, M. (2019). Aislamiento y caracterización morfológica de Hongos Micorrízicos Arbusculares del Sur de Ecuador. *CEDAMAZ*, 2-3.
- Vélez, C. (2018). Calcio, Boro y Azufre en la morfo-fisiología y producción del plátano Barraganete. *Uleam, Repositorio Virtual*, 7-12.
- Vivas, J., Lazo, Y., Robles, J., & González, I. (2018). Hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de plátano en viveros. *Dominio de las Ciencias*, 4-5. Recuperado el 28 de 02 de 2021

ANEXOS

Anexo 1: Análisis de la varianza de altura de planta

| FV | gl | SC | CM | F.Cal | Valor p | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------------|-----------|
| Modelo | 5 | 0,14 | 0,03 | 1,44 | 0,3715 | |
| Tratamiento | 4 | 0,14 | 0,03 | 1,79 | 0,294 | ns |
| Repetición | 1 | 1,05E-03 | 1,05E-03 | 0,08 | 0,7915 | ns |
| Error | 4 | 0,08 | 0,02 | | | |
| Total | 9 | 0,22 | | | | |
| CV | | 15,04 | | | | |

Anexo 2: Análisis de la varianza del peso de las raíces

| FV | gl | SC | CM | F.Cal | Valor p | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------------|-----------|
| Modelo | 5 | 6093 | 1218,6 | 1,41 | 0,3804 | |
| Tratamiento | 4 | 6073 | 1518,35 | 1,76 | 0,2991 | ns |
| Repetición | 1 | 19,6 | 19,6 | 0,02 | 0,8876 | ns |
| Error | 4 | 3455,4 | 863,85 | | | |
| Total | 9 | 9548,4 | | | | |
| CV | | 14,58 | | | | |

Anexo 3: Análisis de la varianza del peso de las hojas

| FV | gl | SC | CM | F.Cal | Valor p | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------------|-----------|
| Modelo | 5 | 0,98 | 0,2 | 1,78 | 0,30 | |
| Tratamiento | 4 | 0,94 | 0,24 | 2,14 | 0,24 | ns |
| Repetición | 1 | 0,04 | 0,04 | 0,36 | 0,58 | ns |
| Error | 4 | 0,44 | 0,11 | | | |
| Total | 9 | 1,42 | | | | |
| CV | | 13,64 | | | | |

Anexo 4: Análisis de la varianza peso de pseudotallo

| FV | gl | SC | CM | F.Cal | Valor p | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------------|-----------|
| Modelo | 5 | 1,85 | 0,37 | 1,73 | 0,3068 | |
| Tratamiento | 4 | 1,84 | 0,46 | 2,15 | 0,2377 | ns |
| Repetición | 1 | 0,01 | 0,01 | 0,05 | 0,8274 | ns |
| Error | 4 | 0,85 | 0,21 | | | |
| Total | 9 | 2,71 | | | | |
| CV | | 14,58 | | | | |

Anexo 5: Análisis de la varianza de la tasa de colonización de HMA

| FV | gl | SC | CM | F.Cal | Valor p | |
|--------------------|----|---------|--------|-------|---------|-----------|
| Modelo | 5 | 2444,63 | 488,93 | 2,86 | 0,1656 | |
| Tratamiento | 4 | 2036,31 | 509,08 | 2,97 | 0,1581 | ns |
| Repetición | 1 | 408,32 | 408,32 | 2,38 | 0,1974 | ns |
| Error | 4 | 684,85 | 171,21 | | | |
| Total | 9 | 3129,48 | | | | |
| CV | | 32,65 | | | | |

Anexo 6: Análisis de la varianza de la Biomasa disponible

| FV | gl | SC | CM | F.Cal | Valor p | |
|--------------------|----|-------|------|-------|---------|-----------|
| Modelo | 5 | 11,81 | 2,36 | 4,41 | 0,0879 | |
| Tratamiento | 4 | 11,8 | 2,95 | 5,5 | 0,0637 | ns |
| Repetición | 1 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,9064 | ns |
| Error | 4 | 2,15 | 0,54 | | | |
| Total | 9 | 13,96 | | | | |
| CV | | 6,19 | | | | |

Anexo 8: suelo concentrado*Anexo 7: suelo esterilizado**Anexo 10: Incorporación de micorrizas en semillas de frejol**Anexo 9: Riego después de la siembra*

Anexo 11: Riego plantas en crecimiento



Anexo 12: plantas de fréjol



Anexo 13: Cosecha de micorrizas colonizadas en las raíces de las plantas de frejol



Anexo 14: Corte y selección de cormos



Anexo 16: Limpieza de cormos con insecticida verisan



Anexo 15: Llenado de fundas con suelo concentrado + NPK



Anexo 18: Llenado de fundas con sus respectivos tratamientos



Anexo 17: Brotes de Musa AAB



Anexo 20: Crecimiento de plántulas



Anexo 19: Toma de datos



Anexo 21: Toma de datos



Anexo 22: Toma de datos finales



Anexo 23: Análisis microbiológico tasa de colonización radicular

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

DIAGNÓSTICO MICROBIOLÓGICO

| | | |
|------------------------------|--|--------------------|
| N° de muestra 21004-21013 | Tipo de análisis Análisis micorrízico de raíces | Fecha 20-abr-21 |
|------------------------------|--|--------------------|

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

| | | | |
|------------|-----------------------------|-------------------|---------------------|
| Nombre: | Sandy Guadalupe Cusme Vélez | | |
| Empresa: | | | |
| RUC: | 2300455561 | Teléfono: | 0991890284 |
| Dirección: | El Carmen | Fax: | |
| | | e-mail: | carlos_2091@ive.com |
| Ubicación: | Provincia: Manabí | Cantón: El Carmen | Parroquia: |

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Cultivo: Plátano Edad: Superficie:

Observaciones adicionales:

Análisis de: diez (10) muestras de raíces

Descripción del análisis requerido:

Análisis micorrízico de sustrato y raíces

REPORTE DE RESULTADOS:

| Código | Identificación de la muestra | Raíces | |
|--------|------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | | Tasa de colonización (%) | Densidad del endófito (%) |
| 21004 | Testigo 1 1° tratamiento | 45,00 | 0,79 |
| 21005 | Testigo 1 2° tratamiento | 25,00 | 0,44 |
| 21006 | Testigo 1 3° tratamiento | 69,44 | 2,57 |
| 21007 | Testigo 1 4° tratamiento | 44,19 | 1,63 |
| 21008 | Testigo 1 5° tratamiento | 48,65 | 1,39 |
| 21009 | Testigo 2 1° tratamiento | 39,47 | 0,55 |

| Código | Identificación de la muestra | Raíces | |
|--------|------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | | Tasa de colonización (%) | Densidad del endófito (%) |
| 21010 | Testigo 2 2° tratamiento | 34,88 | 0,49 |
| 21011 | Testigo 2 3° tratamiento | 64,71 | 0,74 |
| 21012 | Testigo 2 4° tratamiento | 15,00 | 0,15 |
| 21013 | Testigo 2 5° tratamiento | 14,29 | 0,23 |

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
Jefe de Investigación y Desarrollo
0989653399

| | |
|---|---|
| Centro de Investigaciones en Palma Aceitera - CIPAL La Concordia - Ecuador | Dirección: km. 37 ½, vía Santo Domingo - Quitandé Teléfono: 0989653399 Web: www.ancupa.com E-mail: vbravo@ancupa.com |
|---|---|

Anexo 24: Porcentaje de biomasa de planta



RESULTADOS: DISPONIBILIDAD DE BIOMASA

| Datos del cliente | | Referencia | |
|-------------------|-----------------------------|-----------------|------------|
| Cliente : | Srta. SANDY CUSME | Número Muestra: | T1 y T2 |
| | | Fecha Ingreso: | 13/04/2021 |
| Tipo muestra: | HOJA DE PLÁTANO BARRAGANETE | Impreso: | 19/04/2021 |
| Identificación: | 4 MESES DE EDAD | Fecha entrega: | 19/04/2021 |

| IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA | BIOMASA |
|------------------------------|---------|
| | % |
| Testigo 1 T1 | 10,01 |
| Testigo 1 T2 | 12,66 |
| Testigo 1 T3 | 12,98 |
| Testigo 1 T4 | 10,32 |
| Testigo 1 T5 | 13,05 |
| Testigo 2 T1 | 10,96 |
| Testigo 2 T2 | 11,26 |
| Testigo 2 T3 | 13,56 |
| Testigo 2 T4 | 11,14 |
| Testigo 2 T5 | 12,39 |

Dra. 

Dra. Luz Maria Martinez
LABORATORISTA
AGROLAB



Dirección:
 Calle Río Chumbira N° 602 y Zamora. (A dos cuadras de la Clínica Araujo margen izquierdo)
Teléfono: