



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TESIS DE GRADO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA

Integración de micorrizas y nutrición temprana con fósforo sobre el desarrollo, vigor y calidad de plántulas de banano (*Musa AAA*) en fase de aclimatación.

AUTOR

CARLOS HENRY CONRRADO BRAVO

DIRECTOR DE TESIS

Ing. MSc. Ignacio Sotomayor Herrera

QUEVEDO-ECUADOR

2015

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TEMA

Integración de micorrizas y nutrición temprana con fósforo sobre el desarrollo, vigor y calidad de plántulas de banano (*Musa AAA*) en fase de aclimatación.

Presentado al Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADO

.....
Ing. Agr. M. Sc. Pedro Rosero Tufiño
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS

.....
Ing. Agr. M. Sc. Alfonso Vasco Medina

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

.....
Ing. Agr. Cesar Varas Meanza

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

QUEVEDO - LOS RÍOS – ECUADOR

2015

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Henry Carlos Conrado Bravo, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Henry Carlos Conrado Bravo

CERTIFICACIÓN

El suscrito Ing. MSc. Ignacio Sotomayor Herrera, certifica:

Que el egresado Henry Carlos Conrrado Bravo, realizó la tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario titulada “**Integración de micorrizas y nutrición temprana con fósforo sobre el desarrollo, vigor y calidad de plántulas de banano (*Musa AAA*) en fase de aclimatación**” bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. MSc. Ignacio Sotomayor Herrera;

DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTO

En primer lugar doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado la vida y la familia que tengo, también por haberme dado fuerza y el valor para culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mi madre, la señora Ligia Bravo Salazar, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mi padre el Ing. Carlos Conrado, que siempre lo he tenido presente en mi vida con su apoyo incondicional. Y sé que está orgulloso de la persona en la cual me he convertido.

A mi mami Mariana, que con sus consejos me ha ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida.

Agradezco especialmente a mi tía la Ing. Denisse Pacheco Salazar, que con su apoyo, ayuda, cariño y comprensión ha sido parte fundamental de mi vida.

A Byron Aguirre, por su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera universitaria, por compartir momentos de alegría, tristeza y demostrarme que siempre podre contar con él.

Al Ing. Ignacio Sotomayor por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este proyecto.

Finalmente agradezco a los Ing. Galo Cedeño y Gabriel Narváez, porque cada uno con sus valiosas aportaciones hicieron posible este proyecto y por la gran calidad humana que me han mostrado con su amistad.

DEDICATORIA

A mis padres, el Ing. Carlos Conrado y la señora Ligia Bravo, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

A mi mami Mariana y mi tía Denisse.

Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles. A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

ÍNDICE DE GENERAL

Contenido	Página
PORTADA.....	i
TRIBUNAL DE TESIS.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	iii
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE DE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
INIDICE DE FOTOGRAFIAS	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Introducción	2
1.2. Problematización	3
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo General	5
1.4.2. Objetivos Específicos.....	5
1.5. Hipótesis de investigación.....	5

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Generalidades del cultivo de banano	8
2.2. Importancia de la nutrición temprana con fósforo	8
2.3. Importancia de las micorrizas en el desarrollo y nutrición de plántulas	10
2.4. Colonización	10
2.5. Clases de Micorrizas	11
2.6. El hongo dentro de la raíz	12
2.6.1. Hifas.....	12
2.6.2. Arbúsculo.....	13
2.6.3. Vesículas.....	13
2.7. Beneficios de la micorrización	13
2.8. Las micorrizas en la absorción de nutrientes	14
2.9. Nutrición con Fósforo (P)	15
2.10. Nutrición de otros elementos	16
2.11. Relaciones hídricas de la planta	16
2.12. Reacciones a la inoculación con micorrizas	17
2.13. Ecología y micorrización	18
2.14. Aclimatación de plántulas	19
2.15. Importancia de la calidad en plántulas	20
III. CAPÍTULO METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	22
3.1. Localización del Proyecto	23
3.3. Materiales, insumos y equipos	23
3.4. Tratamientos en estudio	24
3.5. Material vegetal	25
3.6. Aplicación de los tratamientos	25
3.7. Diseño experimental y análisis de datos	25
	viii

3.8. Variables registradas y metodología de la evaluación	26
3.8.1. Número de raíces	26
3.8.2. Longitud de masa radical	26
3.8.3. Altura de planta	26
3.8.4. Diámetro del pseudotallo	27
3.8.5. Coeficiente de Esbeltez	27
3.8.6. Peso seco biomasa aérea	27
3.8.7. Peso seco biomasa radical	27
3.8.8. Relación parte aérea/parte radical	27
3.8.9. Índice de calidad de Dickson	27
3.8.10. Número de Hojas	28
3.8.11. Área foliar	28
3.9. Concentración de nutrientes en el tejido foliar:	28
3.10. Manejo específico del experimento	29
IV. CAPÍTULO RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. RESULTADOS	31
4.2. DISCUSIÓN	42
V. CAPÍTULO CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
5.1. Conclusiones	49
5.2. Recomendaciones	50
VI. CAPÍTULO BIBLIOGRAFIA	51
6.1. LITERATURA CITADA	52
CAPITULO VII ANEXOS	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Parte de la hoja de banano a colectar para analisis foliar	29
---	----

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos, y su nomenclatura	24
Cuadro 2. Esquema del análisis de varianza utilizado	26
Cuadro 3. Resultados estadísticos de las variables, número y longitud de raíces, altura de planta, diámetro del pseudotallo, coeficiente de esbeltez, índice de calidad de Dickson, número de hojas y área foliar del banano, sometidas a la aplicación de tratamientos	32
Cuadro 4. Valores promedios y rangos de diferenciación para la variable número de raíces, en cada uno de los factores en estudio.....	33
Cuadro 5. Valores promedios y rango de diferenciación de la variable altura de planta.	34
Cuadro 6. Valores promedios y rango de diferenciación para la variable diámetro del pseudotallo expresado en milímetros.....	35
Cuadro 7. Valores promedios y rango de diferenciación para la variable diámetro del coeficiente de esbeltez.	36
Cuadro 8. Valores promedios y rango de diferenciación para la variable número de hojas funcionales	37
Cuadro 9. Valores promedios y rango de diferenciación para la variable número de hojas funcionales	38
Cuadro 10. Resultados obtenidos al realizar el análisis foliar de los tratamientos en estudio.....	40
Cuadro 11. Comparación de los resultados obtenidos del análisis de varianza, frente al nivel crítico establecido	41

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para la variable número de raíces.....	58
Anexo 2. Análisis de varianza para la variable longitud de raíces.....	59
Anexo 3. Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm).....	59
Anexo 4. Análisis de varianza para la variable diámetro del pseudotallo (mm).	59
Anexo 5. Análisis de varianza para la variable coeficiente de esbeltez.	60
Anexo 6. Análisis de varianza para la variable Índice de calidad de Dickson. .	60
Anexo 7. Análisis de varianza para la variable número de hojas.	60
Anexo 8. Análisis de varianza para variable área foliar (cm ²).	60

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Inoculación de plantas en el vivero.....	61
Fotografía 2. Aplicación del fertilizante MESZ	62
Fotografía 3. Preparación y secado de partes vegetales en la estufa.	63

RESUMEN

La utilización de plantas meristemáticas son en la actualidad el material de siembra que más se utiliza por sus particulares características de asepsia y homogeneidad. De igual manera este es más delicado y demandante de nutrientes, razón por la cual se deben implementar programas de fertilización de manera temprana para suplir las necesidades iniciales. El uso de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) se presenta en la actualidad como una técnica para mejorar la absorción del fósforo y otros nutrientes de baja solubilidad y movilidad en el suelo. Estos se caracterizan por producir unas estructuras denominadas arbuscúlos en todos los casos y vesículas en la mayoría de ellos. El usar este tipo de microorganismos se plantea como una estrategia para el mejor desarrollo de las plantas en su fase inicial, por lo cual se planteó esta investigación, tuvo como objetivo evaluar el efecto combinado de micorrizas y la nutrición temprana con fósforo sobre el desarrollo, vigor y calidad de plántulas de banano, para esto se probó la eficacia de dos métodos de inoculación de micorrizas y además determinar el efecto de niveles de un fertilizante a base de fósforo sobre el desarrollo, vigor y calidad de plántulas. Se utilizó un diseño de completo al azar con arreglo factorial, y se registraron variables como, número y tamaño de las raíces, altura y diámetro de planta, número de hojas y área foliar, además de parámetros de calidad de las plantas como el índice de calidad de Dickson y el cociente de esbeltez. Se estudió el efecto de la aplicación del producto ECOFUNGY® directa al suelo al momento de la siembra y a las raíces de banano, cuatro dosis del fertilizante MESZ® y se midió la absorción de nutrientes por planta a través de un análisis foliar. Como conclusiones del trabajo de investigación se obtuvo que se lograron mejores resultados con el método directo al suelo al momento de la siembra; la mejor dosis de aplicación del fertilizante fue de 20 gramos en variables como número de raíces, altura de planta, diámetro de pseudotallo y área foliar. La absorción de nutrientes, fue mayor cuando se aplicó alguno de los niveles del fertilizante MESZ® e inoculación directa a las raíces. La recomendación radica en la integración a programas de fertilización temprano en el cultivo de banano de

productos que puedan proveer la creación de procesos de micorrización en las plantas e inoculadas directamente al suelo.

ABSTRACT

The use of meristematic plants are currently planting material most commonly used for its particular characteristics of aseptic and homogeneity. Likewise this is more delicate and demanding of nutrients, why should implement fertilization programs early on to meet the initial requirements. The use of arbuscular mycorrhiza forming fungi (AMF) is presented today as a technique to enhance the absorption of phosphorus and other nutrients from low solubility and mobility in soil . These typically produce structures called in all cases arbuscles vesicles and most of them . Using this type of microorganisms is plated as a strategy for better development of plants in its infancy , so this research was proposed, aimed to assess the combined effect of mycorrhizae and early nutrition phosphorus on development, seedling vigor and quality of bananas, to this the efficacy of two methods mycorrhizal inoculation was tested and further determine the effect of levels of a phosphorus fertilizer based on development, seedling vigor and quality . Design completely randomized factorial arrangement was used and variables as number and size of the roots , plant height and diameter , number of leaves and leaf area were recorded in addition to quality parameters of plants as index Dickson quality and slenderness ratio . The effect of applying directly to the soil when planting and banana roots , four doses of fertilizer MESZ® ECOFUNGY® product was studied and nutrient uptake by plant was measured through a foliar analysis. As conclusions of the research it was found that better results were achieved with the direct method to the soil when planting; the best fertilizer application rate was 20 grams in variables such as number of roots , plant height , pseudostem diameter and leaf area . Nutrient absorption was greater when any of the fertilizer levels MESZ® the roots and direct inoculation was applied . The recommendation is the integration of fertilization programs early in banana cultivation product that can provide process creation mycorrhizal plants and inoculated directly to the ground

CAPÍTULO I

MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

En los momentos actuales, el banano (*Musa AAA*) es un rubro importante en el aseguramiento alimentario mundial, pues en términos de importancia es superado solo por el arroz, maíz y el trigo. En el ámbito comercial, el banano es la fruta que más se exporta en términos de volumen y la segunda en términos de valor comercial, siendo superada solamente por algunos cítricos. En Ecuador se registra en la actualidad una superficie aproximada de 210.110 hectáreas (MAGAP, 2013), con una producción aproximada de 259,338.649 cajas de 18,14 kilogramos de peso en el 2013, siendo, junto con Brasil constituyen los mayores productores de banano en Latinoamérica (AEBE, 2014)

En lo que va del año 2014 (Octubre) se reporta un valor de 246,195.861 cajas de banano, según datos de AEBE (2014). El volumen de fruta exportada en el país generó en el 2012 un ingreso total de divisas de USD 2.078 millones de dólares, cifras que ubican al banano como el primer rubro de exportación del sector privado del país y uno de los principales contribuyentes de las arcas del Estado. Las exportaciones de banano representaron en este año, el 2% del PIB general, el 26% del PIB agrícola, el 8% de las exportaciones generales, el 27% de las exportaciones agropecuarias y 20% de las exportaciones no petroleras. Cifras oficiales del MAGAP, reportan que el banano ocupa actualmente el 10% de la superficie total agrícola del país, experimentando un crecimiento promedio del 3% en los últimos 9 años (MAGAP, 2013) (PROEcuador , 2013)

Las plantas meristemáticas procedentes de la propagación *in vitro*, son en la actualidad el material de siembra que más se utiliza y es preferido por la mayoría de productores, dado que al ser producidas en condiciones de asepsia y proceder del mismo explante madre, ofrecen la ventaja de presentar características como homogeneidad, libres de plagas y enfermedades, lo que es ideal para empezar una nueva fase productiva.

Por otra parte, las vitroplantas son un material de siembra más delicado y demandante de nutrientes, dado que al proceder de tejidos meristemáticos no poseen sustancias de reserva, razón por la cual se deben implementar programas de fertilización de manera temprana para suplir las necesidades iniciales. El manejo inadecuado de la nutrición mineral durante las primeras etapas de desarrollo, sumado al estrés que se origina por el cambio del ambiente *in vitro* al *ex vitro* durante la fase de aclimatación, son las principales causas que originan bajas tasas de supervivencia durante esta etapa.

En la actualidad una de las técnicas que se está utilizando para mejorar la absorción del fósforo y otros nutrientes de baja solubilidad y movilidad en el suelo, es el uso de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA), los cuales se caracterizan por producir unas estructuras denominadas arbusculos en todos los casos y vesículas en la mayoría de ellos. Estas estructuras entran en simbiosis con las raíces, produciendo la transferencia bidireccional de nutrientes entre la planta y el hongo.

En este sentido, el uso de las micorrizas como estrategia para mejorar la nutrición temprana con fósforo en plántulas de banano en fase de aclimatación se hace necesario bajo nuestras condiciones, dado que existe poca evidencia relacionada a esta temática.

1.2. Problematización

La baja asimilación de nutrientes por parte de las plantas procedentes del cultivo de tejidos en sus fases iniciales se debe quizás debido a su número reducido de raíces viables y muchas veces los sustratos y/o fertilizantes que no permiten la asimilación de nutrientes esenciales para que estas se desarrollen de una manera adecuada. Durante las primeras etapas de desarrollo, el fósforo es el nutriente de mayor importancia después del nitrógeno para las plantas, dado que forma parte del código genético y del sistema energético de las plantas, este además presenta baja movilidad en el suelo, debe ser aplicado totalmente de manera temprana y oportuna con la finalidad de aprovechar la

mayor cantidad del nutriente en las fases tempranas del crecimiento vegetal, de su lado el fosforo aplicado y los demás fertilizantes, es fijado por los suelos en formas no disponible para las plantas lo que dificulta en mayor grado sus niveles de absorción. Por otra parte, este elemento presenta una baja solubilidad y movimiento en el suelo, pues solo se difunde a cortas distancias, lo que repercute en que tanto el fósforo nativo y el sintético aplicado con los demás fertilizantes se ubican muy lejos de las raíces, quedándose gran parte del producto si ser aprovechado.

Se hace imperioso el hecho de determinar alternativas de aplicación y asimilación de estos nutrientes por las plantas de banano y así poder obtener plantas más vigorosas para la siembra en sitios definitivos.

1.3. Justificación

En base a la problemática ya expuesta, sobre los bajos niveles de absorción de nutrientes incorporados a las plantas de banano en su fase de vivero principalmente el fosforo. Ante esta situación, la integración temprana de micorrizas colonizadoras, así como también la nutrición temprana con fósforo es sumamente necesaria, dada la importancia del elemento en la potencialización del estado energético de la planta, así como también en la expresión de su potencial genético necesario para lograr un desarrollo inicial equilibrado e importante para alcanzar el máximo vigor y calidad durante la aclimatación.

Se propone la presente investigación con la finalidad de incrementar estos niveles además para mejorar la calidad de las plantas antes del ir al sitio definitivo, estableciendo parámetros de calidad que permitan conocer su verdadero estado fenológico y fisiológico.

En la actualidad, existe poca evidencia científica relacionada a la integración conjunta de micorrizas y la nutrición temprana con fósforo, con fines a mejorar las tasas de supervivencia de plantas de banano durante la fase de

aclimatación, razón por la cual se justifica la presente propuesta de investigación.

Por tal este experimento permitirá obtener e incorporar a los centros de investigación y laboratorios encargados de realizar multiplicaciones y aclimataciones de banano por medio de cultivo de tejidos plantas más vigorosas y con excelentes características nutricionales y de preferencia también sanitarias.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto combinado de micorrizas y la nutrición temprana con fósforo sobre el desarrollo, vigor y calidad de plántulas de banano durante la fase de aclimatación.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Probar la eficacia de dos formas de aplicación del *ECOFUNGY*[®] como fuente de micorrizas sobre la asimilación del fósforo y el desarrollo de plántulas de banano en fase de aclimatación.
- Determinar el efecto de tres niveles del fertilizante *MicroEssentials*[®] SZ como fuente de fósforo sobre el desarrollo, vigor y calidad de plántulas de banano en fase de aclimatación.

1.5. Hipótesis de investigación

- **H₀:** La integración de las micorrizas contenidas en el *ECOFUNGY*[®] y la nutrición temprana con fósforo procedente del *MicroEssentials*[®] SZ, no influyen sobre el desarrollo, vigor y calidad de plántulas de banano durante la fase de aclimatación.

- **H₁**: Al menos la integración de una forma de aplicación del *ECOFUNGY*[®] con uno de los niveles del *MicroEssentials*[®] SZ evaluados influyen sobre el desarrollo, vigor y calidad de plántulas de banano durante la fase de aclimatación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades del cultivo de banano

Simmonds & Shepherd (1955) mencionan que los bananos (*Musa* spp.) son cultivos herbáceas, perennes, que se encuentran perfectamente adaptadas a zonas tropicales y subtropicales. Robinson & Saúco (2010) indican que en este tipo de plantas se pueden definir importantes partes entre las cuales se menciona a los hijuelos, el sistema radical, el pseudotallo con el sistema foliar y el racimo o inflorescencia.

Sus antecesores son las especies diploides de 22 cromosomas (*Musa acuminata* Colla “Genoma A” y *Musa balbisiana* Colla “Genoma B”) el genoma de las musáceas es más grande que los genomas de algunas especies como arroz o *Arabidopsis thaliana*, pero más pequeño que algunos cereales como la cebada o el centeno. (Robinson & Saúco, 2010) Los 11 cromosomas que conforman el conjunto haploide son relativamente pequeños y todos tienen un tamaño similar con 50 Mpb.

2.2. Importancia de la nutrición temprana con fósforo

El fósforo (P) es un nutriente crítico durante las primeras etapas del desarrollo y metabolismo vegetal, ya que desempeña un importante rol en la transferencia de energía, fotosíntesis y respiración. Además, es parte estructural del ADN, así como también de muchas coenzimas, fosfoproteínas y fosfolípidos, que intervienen en muchas reacciones y forman parte de la membrana celular (Grant, Flaten, & Tomasiewicz, 2001)

Si la disponibilidad de fósforo es limitante durante las etapas iniciales del desarrollo de las plantas, se evidencian serias restricciones en el crecimiento, de las cuales las plantas no logran recuperarse aun incrementando las dosis de fósforo a niveles adecuados, razón por la cual el suplemento de P durante etapas iniciales del desarrollo son esenciales para el buen desempeño de las plantas (Grant, Flaten, & Tomasiewicz, 2001).

La disponibilidad del P en el suelo está influenciada por el material parental y las condiciones del ambiente, pues las zonas de alta humedad son con frecuencia las más deficientes en este nutriente. Del total del P contenido en el suelo solo una pequeña fracción está disponible para las plantas, ya que la mayor parte se encuentra de forma insoluble como fosfatos de Ca, He y Al, retenidos en la materia orgánica o fijado a las arcillas (García, 2004). En suelos derivados de ceniza volcánica o “ANDISOLES” es muy frecuente que se produzca la fijación del P, esto debido a que la fracción arcillosa de estos suelos contienen altos niveles de minerales amorfos de rango corto tales como la alofana, imogolita y halloisita, originadas por materiales piroclásticos durante las deposiciones volcánicas (Espinoza, 2004).

La fijación e inmovilización del P, es la principal limitante química de los suelos de tipo “ANDISOLES”, dado que en algunos cultivos los trabajos de calibración no han logrado correlacionar de manera adecuada los contenidos del P en el suelo con las recomendaciones de fertilización. Se ha evidenciado que los complejos humus – Aluminio (Al) son responsables de la gran parte del P fijado en los Andisoles, dado que el carbono atrapado en estos complejos deja de ser activo en la fracción orgánica. En Andisoles de Ecuador y Colombia, evidencias indirectas permiten concluir que la fijación del P está estrechamente relacionada con la disponibilidad del Ca en el suelo, que contribuye a la formación de complejos humus Al (Espinoza, 2004).

Este es el caso de la mayoría de suelos presentes en las zonas bananeras de las provincias de Los Ríos, Cotopaxi, Santo Domingo y Esmeraldas, donde los substratos empleados para el establecimiento de viveros comerciales provienen de suelos de origen volcánico con alta capacidad de inmovilizar al P, razón por la cual se deben desarrollar tecnologías que mejoren la captación del P inmovilizado por las raíces, y así promover un adecuado desarrollo inicial de plántulas en vivero. En este sentido, se ha observado que los sistemas radicales más extensos pueden acceder a más P del suelo que los sistemas radiculares menos desarrollados, de ahí la gran importancia de la nutrición temprana con P, dado que en la mayoría de los cultivos, la parte aérea de la

planta se desarrolla a mayor velocidad que las raíces a inicios del ciclo, provocando que la demanda diaria de P por unidad de longitud de raíz sea más elevada durante las primeras etapas del crecimiento (Fixen, 2005).

2.3. Importancia de las micorrizas en el desarrollo y nutrición de plántulas

Las micorrizas son hongos que forman simbiosis con las raíces de la mayoría de plantas. Estudios en el tema han demostrado que estos organismos (hongo y planta) se benefician del intercambio recíproco de nutrientes minerales y orgánicos (Jaizme, Rodríguez, & Camprubí, 2004). La colonización provocada por el hongo en las raíces genera un desarrollo extensivo del micelio que interactúa con los microorganismos de la rizósfera. El micelio de los hongos micorrizas arbusculares (HMA) conecta a las células del vegetal mediante una estructura denominada arbusculo, el cual es el responsable del intercambio nutrimental entre los simbiosistas (hongo y planta). Una vez que el hongo ha penetrado a la célula vegetal, se sintetiza la membrana perisimbiótica que posee fosfatas neutras y ATP-asa, lo cual permite la degradación de gránulos de fosfato y su transferencia activa hacia la planta (Alarcón A. y.-C., 2000). Además, mejoran la absorción más eficiente del fósforo y zinc aplicados vía fertilizantes (Faggioli & Freytes, 2008).

El hongo crea entre las células de la raíz una estructura llamada "red de Hartig" la cual la rodea pero sin penetrarla, las raíces permanecen cubiertas por el manto fúngico formado por el hongo, este secreta hormonas las cuales provocan la ramificación de la raíz adoptando un aspecto esponjoso y ramificado. (Arbo & Gonzalez, 2006).

2.4. Colonización

Se inicia con la identificación entre planta-hongo en la rizósfera, el mismo que parece mediado por sustancias exudadas por la raíz las mismas que provocan el crecimiento del micelio y un biotropismo positivo hacia la raíz. Después se

produce el contacto intercelular y se forma una estructura denominada apresorio. En tercer lugar se producen cambios morfológicos y estructurales tanto en los tejidos colonizados por el hongo, como en la organización de la pared celular del simbiote fúngico. Posteriormente, se produce la integración fisiológica de ambos simbioses, y por último se produce una alteración de las actividades enzimáticas, que se coordinan entre los simbioses para integrar sus procesos metabólicos (Lopez & y Barcelo, 2001) .

2.5. Clases de Micorrizas

Para los suelos agrícolas existen dos clases de micorrizas muy importantes las ectomicorrizas y las endomicorrizas. Coyne (2000) menciona que las endomicorrizas se dividen en diversos tipos entre los cuales se pueden mencionar: Eriáceo tiene características tanto de endomicorrizas al igual que de ectomicorrizas, mientras que orquideáceo son infectadas por basidiomicetos y las micorrizas vesículas arbusculares. La simbiosis que establecen las ectomicorrizas son uniones de beneficio mutuo entre los hongos y las raíces de plantas vasculares y no vasculares.

La endomicorrizas más frecuentes, se encuentran aproximadamente en el 80% de las plantas vasculares. Las estructuras de este tipo de micorrizas (hifas) penetran las células del córtex de la raíz sin romper el plasmalema o el tonoplasto. Estas dan lugar a la formación de estructuras dendroides llamadas arbusculos o protuberancias denominadas vesículas, que quedan revestidas por la membrana plasmática. Las endomicorrizas se suelen llamar micorrizas V/A por la formación de estas estructuras. El hongo nunca penetra la endodermis, ni la estela, ni el meristemo apical, ni la caliptra. Las hifas se extienden por fuera de la raíz, lo que incrementa la cantidad de nutrientes absorbidos. El intercambio entre hongo y hospedante tiene lugar en los arbusculos que se llenan de gránulos de fosfatos (Arbo & Gonzaleza, 2006).

Los HMA poseen la capacidad de mejorar el crecimiento y nutrición de las plantas, optimizan el uso del agua y mejoran la tolerancia a la sequía. También

mejoran la estructura del suelo, conservando la unión de los agregados del suelo gracias al micelio y secreciones de glomalina (Faggioli & Freytes, 2008). La inoculación con micorrizas efectivas se traducen en una mayor supervivencia de plántulas, mayor crecimiento, reducción del tiempo de permanencia en vivero y el uso eficiente de fertilizantes. La modificación del sistema radical por la simbiosis Hongo - planta mejora notablemente la absorción y transporte de agua y nutrientes del suelo a la raíz, por el incremento en el volumen de raíces que exploran el suelo, lo cual se ve reflejado en un mayor desarrollo de las plantas (Sieverding, 1991).

Este tipo de micorrizas arbusculares también producen un incremento en la absorción de nutrientes minerales del suelo, lo cual repercute en el incremento significativo del crecimiento y desarrollo de las plantas (Hernández D. , 2000), mejoran la captación de elementos minerales del suelo mediante mecanismos de absorción, el uno netamente físico, pues el micelio del hongo es capaz de extenderse y explorar mayor superficie de suelo. En este sentido iones como el fosfato, el amonio, el zinc o el cobre, son transportados más rápidamente a través de las hifas del hongo que por difusión a través del suelo. Otro es bioquímico, este mecanismo incrementa la afinidad de la raíz micorrizada por el fosfato soluble de manera que las raíces captan fosfato a partir de concentraciones más bajas en el suelo (Calvet & Camprubí, 2000)

2.6. El hongo dentro de la raíz

2.6.1. Hifas

Estas son provenientes de esporas germinadas, penetran en la raíz y forman un apresorio en las capas más internas del parénquima cortical. Nunca penetran la endodermis, tejidos vasculares, meristemas, tejidos estacales, clorofílicos, partes viejas de la raíz, o en sistemas especializados de órganos vivos. Cuando la infección se va desarrollando en el interior de la corteza ocurre un crecimiento exterior de las hifas (micelio externo) estableciéndose nuevos puntos de entrada y originándose una densa red de hifas externas que avanzan por el suelo varios centímetros (Duchicela, 2001).

La hifa ramificada se encuentra rodeada por la membrana plasmática de las células del parénquima cortical siendo el espacio apoplástico producido entre la membrana plasmática y el hongo la zona de intercambio de nutrientes (Hernández, 1999).

2.6.2. Arbúsculo

Son estructuras del tipo de los haustorios que se originan a partir de la ramificación dicotómica repetida de una hifa al interior de una célula vegetal. Las finas ramificaciones de los arbúsculos realmente no entran en contacto con el protoplasma de las células, sino que penetran como dedos en un guante, denominándose “invaginaciones de la membrana celular” (Roman, 2003) de esta forma se produce una extensa superficie de contacto a través de la cual se lleva a cabo el intercambio de nutrientes minerales y carbohidratos entre el hongo y la planta. Los arbúsculos son estructuras de corta vida, cuya presencia es indicativa de la actividad metabólica asociada al transporte de sustancias a través de membranas

2.6.3. Vesículas

Las vesículas son estructuras ovoides, se forman generalmente en los extremos de las hifas del hongo y pueden producirse a lo largo de todo el parénquima cortical colonizado; suelen aparecer más tarde que los arbúsculos y son consideradas órganos de reserva, principalmente de lípidos (Hernández A. , 1999)

2.7. Beneficios de la micorrización

Las hifas del hongo de las micorrizas, en cooperación con otros microorganismos, interactúan en tal proceso. El micelio desarrolla un esqueleto que mantiene las partículas adheridas, después, tanto las raíces como las hifas aportan productos orgánicos que se incorporan a la estructura en formación, los microorganismos excretan o exudan agentes compactantes (mucílagos,

polisacáridos) que provocan una cementación del microagregado en formación. Finalmente estos se unen en macroagregados, merced a la cooperación de las hifas de la micorriza y a la acción cementante de los productos de origen microbiano y vegetal (Duchicela, 2001).

El flujo del carbono al suelo mediado por las micorrizas es crítico para el desarrollo de la agregación del suelo. La glomalina producida por las micorrizas hace el papel de una verdadera goma o pega. Además, las hifas al extenderse en la matriz del suelo crean condiciones para la formación de micro agregados (< 0.25 mm) y creación de macro agregados (> 0.25 mm). Al permitir las micorrizas la atracción y multiplicación de bacterias que degradan material orgánico, aportan con la mineralización y reservas de nutrientes en el suelo (Bernal & Morales, 2006)

2.8. Las micorrizas en la absorción de nutrientes

La utilización de nutrientes por las plantas se determina por la capacidad de absorción de la raíz y por la difusión de nutrimentos, por ende, por la liberación de elementos de la solución de suelo. El micelio externo de los hongos arbusculares incrementa el volumen de suelo explorado y determinan la utilización de iones de baja velocidad de difusión como P, Zn y Mo (Duchicela, 2001).

Las micorrizas son productoras de enzimas hidrolíticas como proteasas y fosfatasa, estas últimas necesarias en la solubilización del fósforo y mineralización del fósforo orgánico, incrementando los nutrientes disponibles para el mantenimiento de un sistema saludable suelo-planta (Bernal & Morales, 2006).

La absorción de los iones menos móviles depende del volumen de suelo explorado por el sistema de raíces absorbentes. En este contexto, la raíz micorrizada tiene ventaja sobre la raíz no micorrizada porque el micelio externo se extiende a mayor distancia que los pelos radicales. Visto desde el punto de vista nutricional, el mayor beneficio que las plantas derivan de la micorriza es un mayor crecimiento debido a un incremento en la absorción de P cuando este

elemento es limitante. Cuando no hay limitaciones en la presencia de Fósforo el beneficio puede ser nulo o reducido, según el grado de dependencia micorrízica de la planta, pues altos niveles de P inhiben la simbiosis, además se conoce que las micorrizas influyen en forma directa o indirecta en la absorción de otros iones minerales (N, K, Ca, Mg, Fe, Mn) (Bernal & Morales, 2006)

Es necesario tomar en cuenta que sustratos altamente ricos en materia orgánica y particularmente fósforo, pueden disminuir o inhibir el efecto de la simbiosis micorrízica (Enríquez, 2008) Lo que afirman Vazquez & Morales (2000) una concentración de entre 40-70 ppm de P asimilable para un suelo franco es considerada alta. De igual manera, el autor señala que concentraciones de entre 351-500 ppm de K asimilables son consideradas altas y porcentajes mayores a 2,5% de materia orgánica son muy altos

2.9. Nutrición con Fósforo (P)

Las formas existentes del fósforo en el suelo son pocas solubles en el agua y por ello su concentración es muy pequeña en la solución del suelo. Aproximadamente 95 a 99% del fósforo del suelo no está disponible para las plantas esto incluye las formas del fósforo inorgánico y el mineral insoluble, la concentración de fósforo en el micelio fúngico es 100 veces superior que en el suelo ya que se presenta mayor afinidad para la captación de fósforo que por la propia raíz (Roman, 2003).

Duchicela (2001) indica que el P, inorgánico tiene una velocidad de difusión de 2 mm h^{-1} y en las hifas fúngicas el movimiento es de 2 cm h^{-1} , esto evidencia la eficiencia en la nutrición fosfórica. Algunos estudios realizados utilizando P indican que la micorriza transporta el P a la planta vía corriente citoplasmática en vacuolas que contienen cuerpos metacromáticos, los cuales parecen ser gránulos de polifosfato que posteriormente son hidrolizados y transferidos al hospedante, este proceso ocurre en los arbusculos. Globalmente el proceso de transporte de P en MVA puede desglosarse en tres subprocesos: Absorción,

captación y transferencia al hospedero. Un exceso en la fertilización fosfórica limita la actividad de la micorriza, este efecto se produce debido a que un incremento de fósforo endurece la pared celular, dificultando la colonización micorrízica.

El elemento P es considerado alto para la acción micorrízica cuando existen 18 ppm en el sustrato (Enríquez, 2008), y en presencia de altas cantidades de Ca y Fe podrían fijar al P haciéndolo no disponible para la planta. Por otro lado Vázquez y Morales (2000), mencionan que en suelos ácidos, la adsorción de P está generalmente atribuida a los “óxidos” e “hidróxidos” de Fe y Al y a otras propiedades del suelo.

2.10. Nutrición de otros elementos

La colonización micorrízica también puede incrementar la utilización de otros nutrimentos del suelo. Se han encontrado concentraciones mayores de nitrógeno (N) como efecto indirecto por la estimulación de la fijación simbiótica, potasio (K), hierro (Fe), manganeso (Mn), cloro (Cl), magnesio (Mg), y microelementos como Zinc (Zn), Azufre (S), Boro (B) y Molibdeno (Mo) en plantas micorrizadas (Duchicela, 2001).

Los elementos minerales que circulan con facilidad hacia la rizosfera, como nitratos y sulfatos, no suelen crear zonas de deficiencias alrededor de las raíces y la contribución de las hifas en la captación de ellos es limitada (Roman, 2003). Los iones fosfato y amonio que se difunden más lentamente en la solución del suelo son captados relativamente más por las hifas de los HMA. La captación de los micronutrientes es a veces contradictoria ya que se tiene evidencia consistente de un incremento en su captación por los HMA, solo para zinc y cobre.

2.11. Relaciones hídricas de la planta

Numerosos estudios ponen de manifiesto que las micorrizas vesículo arbusculares (MVA) le proveen a las plantas mayor resistencia al estrés hídrico, este efecto se atribuye al mejor nivel nutritivo de la planta y a que las hifas externas del hongos son capaces de captar agua más lejos de la zona de deficiencia (Duchicela, 2001).

2.12. Reacciones a la inoculación con micorrizas

Duchicela (2001) menciona que la tasa fotosintética es mayor en plantas micorrizadas, y esto atribuido no solamente a los efectos de la nutrición en P, sino a mayor eficiencia en la utilización del mismo, en el proceso fotosintético en plantas micorrizadas ya que se induce en la planta la formación de compuestos que influyen la estructura y/o función de los cloroplastos, entre los cuales podrían estar implicadas las fitohormonas.

La micorriza confiere a la planta tolerancia al efecto salino que puede ser atribuible al efecto en la nutrición de la planta. El micelio externo puede reemplazar la reducida y deformada raíz de plantas afectadas por tóxicos (Duchicela, 2001) El mismo autor sostiene que los hongos endomicorrízicos también pueden funcionar como detoxificantes del suelo con metales pesados, además menciona que muchos hongos poseen características específicas individuales para tolerancia a temperaturas extremas del suelo, pH, humedad, baja fertilidad, los cuales pueden proveer a la planta hospedera ventajas de competencia ecológica e incrementar la supervivencia, crecimiento, nutrición o rendimiento en estas condiciones

La existencia de HMA en el suelo hace que se produzcan una serie de interacciones con otros microorganismos que viven también en ese hábitat. La micorrizósfera es la rizósfera de una planta micorrizada y es en ella donde se producen las interacciones que se pueden resumir como: Interacciones con microorganismos beneficiosos y con funciones específicas e interacciones con patógenos. Entre los microorganismos beneficiosos podemos citar a las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR), a las bacterias fijadoras

de nitrógeno (tanto libre como simbiote), a los actinomicetos y a algunos hongos saprófitos que actúan como antagonistas de patógenos del suelo y que pueden ser empleados para el control biológico. En muchos casos, las interacciones establecidas son de tipo positivo, llegándose a registrar un efecto de sinergismo, donde la presencia de la MA y del otro microorganismo produce un incremento del crecimiento, vigor y protección de la planta (Hernández, 1999).

Se ha propuesto una serie de mecanismos a través de los cuales ocurre la interacción micorrizas/patógenos, ya que no se ha demostrado nunca que los hongos MA actúen directamente sobre éstos, ya sea por antagonismo, antibiosis o por depredación, sino que su efecto es indirecto. Entre los mecanismos para la interacción se mencionan los siguientes, cambios en la nutrición de la planta hospedadora. - Alteraciones en la exudación radicular. Un mejor estado nutricional de la planta puede variar sus exudados y alterar así las poblaciones de microorganismos, ya sea por alteraciones en la germinación de esporas de hongos patógenos y su penetración, que en la mayoría de los casos se produce por estímulos de las propias exudaciones radiculares.

2.13. Ecología y micorrización

La acción micorrítica depende de condiciones que determinan las características de los hospederos y del suelo, en particular el potencial fotosintético del hospedero y la fertilidad, condiciones físicas, contenido de agua y cantidad y calidad del humus presente en el suelo (Hermad, Ilabaca, Jeres, Sandoval, & y Ulloa, 2002).

Entre los factores condicionantes se encuentran a la luz, pues al aumentar la intensidad luminosa aumenta la producción de micorrizas, es decir, es proporcional al número de raíces cortas posiblemente por un aumento en la disponibilidad de nutrientes, principalmente carbohidratos libres en las raíces. También la temperatura tiene una acción directa sobre el porcentaje de crecimiento radical y sobre la producción de nuevas raíces. Las temperaturas

óptimas para el crecimiento de las micorrizas varía entre 17 y 27 °C para la mayoría de estos hongos, como por ejemplo *Lactarius*, *Amanitas*, y algunos *Boletus*, que tienen un óptimo térmico superior a los 20 C (Hermad, Ilabaca, Jeres, Sandoval, & y Ulloa, 2002).

Además las formaciones micorrízicos están influenciadas por la humedad del suelo y por la aireación. Según estos autores presumen que el crecimiento miceliar decrece a una baja concentración de oxígeno debido a que la mayoría de estos hongos micorrízicos son aeróbicos. En efecto, la formación micorrízica se inhibe en suelos arcillosos debido a la dificultad de las raíces para penetrar en éste, así como también por una pobre aireación. La fertilidad de los suelos también influye, pues en bosques templados desarrollados en suelos oscuros, podsolidados se componen por árboles formadores de ectomicorrizas. En estos suelos la presencia de raíces asociadas a micorrizas se detecta especialmente en el horizonte húmico. La cantidad y la calidad de humus, constituye el factor más importante en la formación de las micorrizas, por lo tanto estas disminuyen con la profundidad. La pobreza relativa en sales minerales disponibles por otra parte determina la prevalencia de micorrizas en bosques. Cuando los nutrientes son abundantes en el suelo y el crecimiento de árboles es vigoroso, la mayoría de los nuevos carbohidratos pueden ser utilizados para formar nuevos tejidos, siendo pobre su acumulación en las raíces.

Al existir deficiencias de N, P y K disponibles, se impide la formación micorrítica y el crecimiento radicular, pero al existir una deficiencia moderada de uno de estos nutrientes la infección se lleva a cabo (Hermad, Ilabaca, Jeres, Sandoval, & y Ulloa, 2002).

2.14. Aclimatación de plántulas

El proceso de aclimatación es una importante fase dentro de un programa de micro-propagación, puesto que la aclimatación puede llegar a ser un factor limitante si no se maneja adecuadamente, y por lo tanto provocar bajas tasas de supervivencia (Toledo, y otros, 2005). Las bajas tasas de supervivencia

durante la etapa de aclimatación se debe posiblemente a las características morfológicas y fisiológicas de las plantas formadas *in vitro*, ya que están influenciadas por el ambiente físico, químico y gaseoso de los envases (Cañal, Rodríguez, Fernández, & Sánchez-Tames, 2001.). Finalmente, una vez transferidas a invernadero o vivero, las vitroplantas deben adaptarse desde un punto de vista morfológico y fisiológico a las nuevas condiciones, cambiando su metabolismo heterotrófico al autótrofo (Rodríguez, Posada-Pérez, Gómez, & Reyes, 2009) . En este sentido, el manejo nutricional y ambiental de las plantas durante estas etapas, son de suma importancia para reducir los niveles de mortalidad y reducir costos de producción.

2.15. Importancia de la calidad en plántulas

La calidad de las plántulas es de suma importancia para alcanzar el máximo rendimiento de una nueva plantación. En este sentido al igual que una semilla, la calidad de una plántula está influenciada por sus características genéticas, morfológicas, fisiológicas y sanitarias (Villar, 2003). Una planta de calidad se define como aquella que tiene la capacidad de adaptarse a las nuevas condiciones de campo, alcanzando así un óptimo desarrollo y una alta producción. En caso contrario, se tendría que recurrir a prácticas de resiembras, que tienen la desventaja de incrementar los costos de producción y la obtención de una producción desuniforme (Rodríguez & Duryea, 2003)

Las características morfo-fisiológicas de las plántulas al finalizar la etapa de aclimatación es un indicativo potencial del vigor y calidad. Sin embargo, estas características no informan de su capacidad funcional real. En este sentido, se utilizan parámetros de respuestas de las plántulas bajo ciertas condiciones ambientales de desarrollo tales como: La capacidad de formar raíces nuevas, la tasa de crecimiento relativo bajo condiciones de estrés, principalmente el hídrico (Mattsson, 1997) (Folk & Grossnickle, 1997).

Por otra parte, se menciona que en la práctica se hace difícil definir cuáles son los atributos morfo-fisiológicos que se deben evaluar con fines de establecer un

verdadero criterio de calidad, pero una vez identificados, estos permiten definir a la planta ideal (Birchler, Rose, & Royo, 1998) Finalmente, el origen genético, el estado sanitario y las características morfológicas y fisiológicas establecidas durante la fase de aclimatación, conforman la calidad final de una planta, de la cual va a depender su comportamiento productivo en condiciones de campo (Villar, 2003)

III. CAPÍTULO

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización del Proyecto

La presente investigación se llevó a cabo en el Recinto San Jacinto de Chipe Hamburgo N°2 perteneciente al cantón la Maná, provincia de Cotopaxi. Al hacer el levantamiento de la ubicación se obtuvo la información de que el predio se encuentra en la latitud sur 00° 90' 03" y 79° 08' 45" Longitud Oeste, datos que fueron tomados con la ayuda de un GPS Garmin. El presente estudio se ejecutó durante los meses de febrero del 2014 a agosto del 2014 (INAMHI, 2012).

3.2. Características Agroclimáticas

Esta área se encuentra a una altitud de 220 m.s.n.m, con una temperatura promedio de 23°C, con una humedad relativa de 84.50% y una precipitación de 2100 mm/año. Posee una heliófanía de 894.00 horas/año, con una topografía irregular del terreno (INAMHI, 2012).

3.3. Materiales, insumos y equipos

- Cámara fotográfica
- Hoja de registro de datos
- Tablero
- Carretilla
- Machete
- Regaderas
- Cañas
- Cinta métrica
- Fundas plásticas
- Plástico
- Pala
- Inoculante ECOFUNGY®
- Fertilizante Micro esencial (MESZ)®
- Cal

- Palilla
- Cuchillo
- Insecticida
- Herbicida

3.4. Tratamientos en estudio

Factor A (Método de inoculación de *ECOFUNGY*[®] más un testigo sin inoculación)

- Inoculación directa a la siembra
- Inoculación mediante remojo de raíces previo a la siembra
- Sin inoculación

Factor B (Niveles del fertilizante *Micro Essentials*[®] SZ)

- 0 gramos/planta
- 10 gramos/planta
- 20 gramos/planta
- 30 gramos/planta

Cuadro 1. Tratamientos estudiados y su nomenclatura

	Factor A	Factor B	
	Método de inoculación	Niveles de MESZ[®]	Nomenclatura
1	Sin inoculación	0	SN1
2	Inoculación directa	10	IDD
3	Inoculación directa	20	IDV
4	Inoculación directa	30	IDT
5	Sin inoculación	0	SN2
6	Inoculación a la raíz	10	IRD
7	Inoculación a la raíz	20	IRV
8	Inoculación a la raíz	30	IRT

3.5. Material vegetal

Para el ensayo se utilizaron vitroplantas de banano cv. Williams provenientes de laboratorio en fase 3 de crecimiento, las cuales fueron llevadas a fundas de polietileno de 6 x 9 pulgadas que contendrán un sustrato compuesto por 50% de tierra, 30% de humus de lombriz y 20% de arena. Finalmente, se colocaron bajo polisombra de sarán al 50 por ciento.

3.6. Aplicación de los tratamientos

- El **ECOFUNGY**[®] fue inoculado directamente a la siembra, incorporando el inóculo micorrítico al fondo del hoyo en dosis de 0,5 g/planta.
- Para el **ECOFUNGY**[®] inoculado previo a la siembra, se usaron vitroplantas de banano a raíz desnuda, las cuales se remojaron 24 horas en una solución de agua + **ECOFUNGY**[®] en dosis de 100 g/l de agua, para después ser sembradas en fundas de polietileno.
- Los tres niveles de **Micro Essentials**[®] **SZ** se aplicaron 7 días después de la inoculación, colocando el fertilizante de manera localizada alrededor de las plantas.
- A los testigos no se le realizó ningún tipo de incorporación de micorrizas ni fertilizante.
- El ensayo se lo llevó hasta las 12 semanas después de la siembra.

3.7. Diseño experimental y análisis de datos

El experimento se lo estableció bajo Diseño Completamente al Azar (DCA) en arreglo factorial A x B utilizando 10 observaciones (plantas) por tratamiento. El análisis de datos se lo realizó mediante el ANOVA con la ayuda del paquete estadístico **INFOSTAT** versión libre. Finalmente, la separación de medias se realizó la prueba de Tukey al 95 de probabilidad.

Cuadro 2. Esquema del análisis de varianza utilizado

Fuente de variación	Grados de libertad
Métodos de inoculación(Factor A)	1
Niveles de MESZ® (Factor B)	3
A x B	3
Error	112
Total	119

3.8. Variables registradas y metodología de la evaluación

3.8.1. Número de raíces

Se determinó cuando las plantas habían emitido la quinta hoja, para lo cual se contabilizó el número de raíces que se desprenden directamente del cormo.

3.8.2. Longitud de masa radical

Se determinó en centímetros con la ayuda de una regla, cuando las plantas completaron doce semanas de edad. Para el efecto, se midió desde la zona conectada al cormo hasta el ápice de la masa radical.

3.8.3. Altura de planta

Se determinó en centímetros a las doce semanas después del trasplante, el mismo que se lo midió desde el nivel del suelo hasta la V formada por las dos últimas hojas.

3.8.4. Diámetro del pseudotallo

Se determinó en milímetros a las doce semanas después del trasplante, lo cual se realizó a nivel del suelo.

3.8.5. Coeficiente de Esbeltez

Es la relación entre la altura de la planta (en cm) y su diámetro (en mm), siendo un indicador del vigor de la planta.

3.8.6. Peso seco biomasa aérea

Se determinó en gramos con la ayuda de una balanza gramera cuando las plantas habían completado las doce semanas de edad. Para el efecto, se colectó todo el tejido aéreo de las plantas (hojas + pseudotallo y cormo), el cual se colocó en una estufa por 48 horas.

3.8.7. Peso seco biomasa radical

Se determinó en gramos con la ayuda de una balanza gramera cuando las plantas habían completado las doce semanas de edad, para lo cual se colectó todo el tejido radical, el cual se colocó en una estufa a 80°C por 48 horas.

3.8.8. Relación parte aérea/parte radical

Es el balance entre la parte transpirante y la parte absorbente, y se calculó a partir de la relación de los pesos secos de cada una de las partes.

3.8.9. Índice de calidad de Dickson

Este índice integra a los anteriores y se calcula mediante la relación entre el peso seco total de la planta (g) y la suma de Esbeltez y la relación parte

aérea/parte radical. A mayor índice de Dickson mejor será la calidad de la planta. A continuación se describe la fórmula:

$$icd = \frac{Altura (cm) + Peso seco total}{Diametro (mm) + \frac{Peso seco aéreo}{Peso seco radical}}$$

3.8.10. Número de Hojas

Se determinó contabilizando el número de hojas emitidas a las doce semanas después del trasplante.

3.8.11. Área foliar

Se determinó en centímetros cuadrados debido a que se utilizaron plantas en fase de vivero, y se registró cuando las plantas habían completado las doce semanas de edad. El cálculo se lo realizó con la fórmula propuesta por Kumar, Krishnamoorthy, & Nalina (2002.)

$$AFT = L \times A \times K \times N \times K_2$$

Dónde:

AFT = Área foliar total en cm²

L = Largo de la tercera hoja

A = Ancho de la tercera hoja

K (0,80) = Factor de curvatura de Murray (1960).

N = Número total de hojas al momento de la evaluación

K₂ (0,662) = Nuevo factor de curvatura de Kumar *et al.* (2002).

3.9. Concentración de nutrientes en el tejido foliar:

Se determinó mediante el análisis químico foliar. Para el muestreo se utilizó el Método Internacional de Referencia (MIR) propuesto por (Martin, 1974). Se toma una faja de 10 cm de ancho, a ambos lados de la nervadura central, en el centro de la hoja 3. No se toma toda la extensión de la faja sino solamente el

tejido que va desde la nervadura central hasta el centro de la lámina, desechando la sección externa de esta faja. Esta variable se la determinó en el Laboratorio de Suelos, Aguas y tejidos de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP.

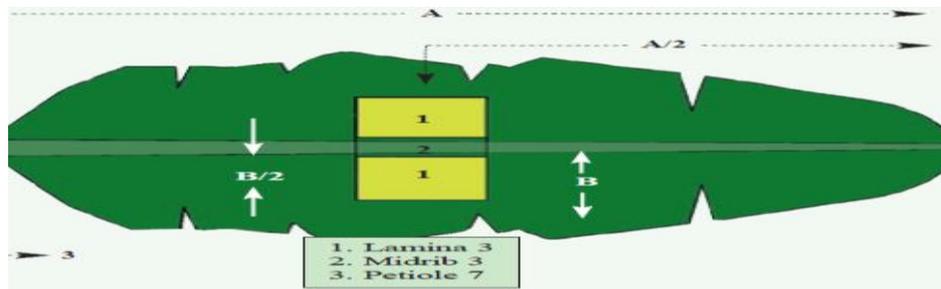


Figura 1. Parte de la hoja de banano a colectar para análisis

3.10. Manejo específico del experimento

Durante la ejecución del presente experimento se realizaron varias labores entre las cuales se pueden mencionar, control de malezas el mismo que se lo realizó de manera manual cada vez que fue necesario, la fertilización realizada con el fertilizante compuesto YaraMilla complex en dosis de 3 gramos/planta cada 15 días, riego efectuado dos veces por semana con la ayuda de un micro-aspersor. Adicionalmente, se manejó la presencia de cochinillas (*Dysmicoccus texensis*), la cual se la controló realizando aplicaciones de Diazinón en dosis de 2,5 ml/litro de agua asperjados sobre el follaje de las plantas.

**IV. CAPÍTULO
RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. RESULTADOS

Se consideró necesario la presentación de los resultados estadísticos más relevantes de cada una de las variables. Para el efecto, en el cuadro 3 se presentan valores de probabilidad (p-valor), significancia estadística (SE) y coeficiente de variación (CV%), de cada uno de los factores en estudio. Los resultados de los análisis de varianza extensos y de una manera más detallada se encuentran entre los anexos 1 al 8, para cada variable, respectivamente.

Al observar el cuadro en mención se puede notar que los factores en estudio presentaron en la mayoría de los casos efectos sobre variables que expresan caracteres fenológicos y calidad de las plantas sometidas a la aplicación, por el contrario, existió interacción de estos factores únicamente en una de las variables en estudio.

La variable número de raíces, fue afectada por la aplicación de los tratamientos de manera independiente y por cada factor mediante la interacción de estos. Además su coeficiente de variación es de 29,31% lo que demuestra una alta heterogeneidad en los datos obtenidos. Variables como longitud de las raíces y el Índice de calidad de Dickson no obtuvieron diferencia estadísticas en ninguno de los casos en estudio y sus coeficientes de variación denotan de igual manera variabilidad en los resultados obtenidos.

Las variables altura de planta y área foliar presentan diferencias estadísticas únicamente en el factor B (Niveles de MESZ®). Por su parte la variable número de hojas obtuvo significancia estadística en el factor A (Métodos de inoculación), mientras que sus coeficientes de variación fueron de 18,15; 41,18 y 13,1%, respectivamente. Por último, las variables diámetro del pseudotallo y coeficiente de esbeltez son influenciadas significativamente por los factores en estudio mas no por la interacción de estos y sus coeficientes de variación son de 23,71 y 12,88%, en su orden.

Cuadro 3. Resultados estadísticos de las variables, número y longitud de raíces, altura de planta, diámetro del pseudotallo, coeficiente de esbeltez, índice de calidad de Dickson, número de hojas y área foliar del banano, sometidas a la aplicación de tratamientos

Variables	Factor A		Factor B		Interacción A x B		CV%
	Métodos de inoculación		Niveles de MESZ®		Métodos de inoculación x Niveles de MESZ®		
	p-valor	SE	p-valor	SE	p-valor	SE	
N° de raíces	0,0000	*	0,0019	*	0,0012	*	29,31
Longitud radical (cm)	0,618	ns	0,361	ns	0,845	ns	27,25
Altura de planta (cm)	0,3640	ns	0,0000	*	0,4710	ns	18,15
Diámetro del pseudotallo (mm)	0,019	*	0,02	*	0,336	ns	23,71
Coeficiente de Esbeltez	0,00070	*	0,00000	*	0,06290	ns	12,88
Índice de calidad de Dickson	0,8551	ns	0,0565	ns	0,0636	ns	27,97
N° de hojas	0,54	ns	0,341	ns	0,749	ns	13,1
Área foliar (cm2)	0,1062	ns	0,0068	*	0,7672	ns	41,18

4.1.1. Número de raíces

En esta variable tal como se pudo apreciar en el cuadro 3, se presentó diferencias estadísticas entre los factores en estudio y su interacción. En este sentido en el cuadro 4, se presentan los valores promedios obtenidos por cada factor y su respectiva combinación.

En este se puede apreciar que para el caso de los métodos de inoculación, es el forma de inoculación directamente a suelo la que obtiene mayor cantidad de raíces con un valor de 34,5; mientras que el método aplicado a las raíces obtiene 25,6; siendo esto significativamente diferente tal como se puede apreciar en el cuadro antes mencionado. Por su parte, el testigo obtuvo un valor de 22,05 raíces, e cual difiere estadísticamente del valor obtenido por la inoculación directa, más no del inoculado a las raíces.

De igual manera, para el caso de los niveles de MESZ®, se evidencia que un nivel intermedio de aplicación dio mejores resultados, es decir el nivel de 20 gramos/planta obtuvo el valor más alto con 32,9 raíces, aunque este valor no difirió estadísticamente de los obtenidos por los otros niveles en estudio con

32,4 y 31,9 raíces, para el caso de 10 y 30 gramos, respectivamente. Mas sin embargo se presentan diferencias estadísticas al valor obtenido por el testigo sin aplicación con un valor de 23,2 raíces.

Para el caso de análisis de la interacción de los factores A y B, se puede apreciar que únicamente hay diferencias para los tratamientos IDV e IDT frente a los tratamientos SN1, SN2, IRT e IDD. En este cuadro se puede notar que el valor más alto en número de raíces es de 42 y 39,6 para el caso de los tratamientos IDV e IDT, mientras que el valor más bajo lo obtuvo el testigo 2 con un valor de 21,8 raíces.

Cuadro 4. Valores promedios y rangos de diferenciación para la variable número de raíces, en cada uno de los factores en estudio

Número de Raíces			
Factores en estudio	Tratamientos	Valores promedios	Rango de diferenciación
Métodos de inoculación (Factor A)	Testigo	22,05	a
	Inoculación a raíces (IR)	25,68	a
	Inoculación directa (ID)	34,55	b
Niveles de MESZ® (Factor B)	Sin aplicación (SN)	23,2	a
	30 (T)	31,9	b
	10 (D)	32,45	b
	20 (V)	32,9	b
Interacción A x B	SN2	21,8	a
	SN1	23,2	a
	IRT	23,2	a
	IDD	26,2	a
	IRD	31,5	ab
	IRV	33,4	ab
	IDT	39,6	b
IDV	42	b	

Medias con una letra común en la columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.1.2. Altura de planta (centímetros)

En lo que al tamaño de la planta se refiere, tal como se puede apreciar en el cuadro 3, se nota diferencia estadística únicamente para el factor B (Niveles de MESZ®), lo que demuestra que los métodos de inoculación de micorrizas, el testigo sin aplicación, ni la interacción de ésta con los niveles de MESZ®, lograron influir de forma significativa sobre la altura de las plantas de banano sometidas a estudio.

En este contexto se presenta en el cuadro 5, la separación de medias de los valores obtenidos en esta variable. En este se puede apreciar que es el nivel de 20 gramos del fertilizante aplicado el que presenta la mayor altura de planta con 62,8 cm, siendo este valor igual estadísticamente a los obtenidos por los niveles de 30 y 10 gramos con 58,6 y 57,9 centímetros de altura respectivamente, pero estos valores son diferentes estadísticamente al obtenido por el testigo sin aplicación con 47,1 centímetros.

Cuadro 5. Valores promedios y rango de diferenciación de la variable altura de planta.

Altura de planta (cm)			
Factores en estudio	Tratamientos	Valores promedios	Rango de diferenciación
Niveles de MESZ® (Factor B)	Sin aplicación (SN)	47,1	a
	10 (D)	57,95	b
	30 (T)	58,65	b
	20 (V)	62,8	b

Medias con una letra común en la columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.1.3. Diámetro del pseudotallo (milímetros)

Tal como se apreció en el cuadro 3, los valores obtenidos por esta variable difieren entre los factores mas no en la interacción de estos, es decir el grosor del pseudotallo fue influenciado por la aplicación de micorrizas y los niveles de aplicación de MESZ® independientemente. Para demostrar estos resultados en

el cuadro 6 se presentan los valores promedios, obtenidos de la separación de medias realizada a esta variable y el testigo sin aplicación que presentó un valor de 35,5 ml.

Se puede observar en el cuadro 6, que en el caso de la forma de aplicación, el método directo obtuvo un mayor promedio con 43,5 milímetros, y este valor es diferente estadísticamente al obtenido por el método de inoculación a las raíces que presentó un valor de 38,3 milímetros.

Por otra parte, en los niveles de aplicación de MESZ[®] se evidencia diferencia estadística, cuando se aplicó 10 gramos (46,3 mm) frente a cuando no se aplicó nada (36,9). Además cuando se aplicaron dosis más altas de este fertilizante el diámetro del pseudotallo no logró incrementarse y estos valores estadísticamente fueron similares a los obtenidos por el testigo y por el nivel de 10 gramos por planta de MESZ[®].

Cuadro 6. Valores promedios y rango de diferenciación para la variable diámetro del pseudotallo expresado en milímetros.

Diámetro del pseudotallo (mm)			
Factores en estudio	Tratamientos	Valores promedios	Rango de diferenciación
Métodos de inoculación (Factor A)	Testigo	35,5	a
	Inoculación a raíces (IR)	38,3	a
	Inoculación directa (ID)	43,5	b
Niveles de MESZ[®] (Factor B)	Sin aplicación (SN)	36,9	a
	30 (T)	39,05	ab
	10 (D)	46,35	b
	20 (V)	41,3	ab

Medias con una letra común en la columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.1.4. Coeficiente de esbeltez

Este parámetro se obtiene de la división de las dos variables antes citadas (altura de planta y diámetro del pseudotallo), y sirve para determinar la calidad de las plantas cuando estas salen del vivero hacia los sitios definitivos. No ha sido muy difundida la utilización de este parámetro en musáceas, pero

últimamente se ha empezado a realizar trabajos de investigación y poder determinar el rango óptimo de este coeficiente para este tipo de plantas.

En base a lo presentado en el cuadro 3, se pudo apreciar que en el caso particular de esta variable se notaba diferencias estadísticas en los factores en estudio, sin haber interacción entre ellos. Por tanto en el cuadro 7 se presentan los resultados de la separación de medias.

En este puede observarse que el mejor valor de coeficiente lo obtiene la inoculación directa con 1,35 y este es diferente estadísticamente al 1,49 obtenido por el método de inoculación a las raíces y el testigo sin aplicación con 1.38.

Mientras que entre los niveles de aplicación de MESZ® se destaca el nivel de 10 gramos (1,28) y el testigo sin aplicación con 1,31, no existiendo diferencias estadísticas entre éstos. Por el contrario, valores de 1,55 para el caso de los niveles de 20 y 30, representa diferencias estadísticas sobre el nivel de 10 gramos y el testigo sin aplicación.

Cuadro 7. Valores promedios y rango de diferenciación para la variable coeficiente de esbeltez.

Coeficiente de esbeltez			
Factores en estudio	Tratamientos	Valores promedios	Rango de diferenciación
Métodos de inoculación (Factor A)	Inoculación a raíces (IR)	1,49	b
	Testigo	1,38	b
	Inoculación directa (ID)	1,35	a
	Sin aplicación (SN)	1,31	a
Niveles de MESZ® (Factor B)	30 (T)	1,55	b
	10 (D)	1,28	a
	20 (V)	1,55	b

Medias con una letra común en la columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.1.5. Número de hojas funcionales

Como se observó en el cuadro 3, esta variable únicamente presentó diferencias estadísticas al realizar el análisis de varianza, en el factor A (Métodos de inoculación y el testigo sin inoculación). Sin embargo, en el cuadro 8 se puede notar que la prueba de Tukey no fue capaz de separar sus medias, pues los resultados arrojados por la prueba de separación de medias los presenta con la misma letra. Esto quizás porque la diferencia entre sus valores no fue tan distante los cuales obtuvieron valores de 8,1; 8,25 y 8,4 hojas funcionales para el testigo sin aplicación, el método de inoculación a las raíces y directa respectivamente.

Cuadro 8. Valores promedios y rango de diferenciación para la variable número de hojas funcionales

Número de hojas funcionales			
Factores en estudio	Tratamientos	Valores promedios	Rango de diferenciación
Formas de inoculación (Factor A)	Testigo	8,1	a
	Inoculación a raíces (IR)	8,25	a
	Inoculación directa (ID)	8,4	a

Medias con una letra común en la columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.1.6. Área foliar (Centímetros cuadrados)

Con respecto al área foliar obtenida por las plantas sometidas a los diferentes tratamientos, tal como se observó en el cuadro 3, no existió diferencias estadísticas, para el factor A, ni en la interacción entre los factores en estudio. Por el contrario, los distintos niveles de aplicación de este fertilizante lograron influir sobre el área foliar del banano en fase de vivero.

En el cuadro 9, se muestran los resultados promedios y la separación de medias, donde en el tratamiento que no se aplicó ninguna dosis del fertilizante en cuestión, presentó el valor más bajo en cuanto a la superficie foliar. Por el contrario el nivel de 20 gramos/planta de MESZ® logró el valor más alto (6233

cm²), siendo diferente estadísticamente del valor obtenido por el testigo sin aplicación (3916 cm²). Sin embargo, el resto de niveles de MESZ[®], obtuvieron valores significativamente iguales al obtenido por el nivel de 20 gramos, con 5809,09 y 5958,66 centímetros cuadrados para 30 y 10 gramos, respectivamente.

Cuadro 9. Valores promedios y rango de diferenciación para la variable área foliar funcional

Área foliar funcional (centímetros cuadrados)			
Factores en estudio	Tratamientos	Valores promedios	Rango de diferenciación
Niveles de MESZ[®] (Factor B)	Sin aplicación (SN)	3916,3	a
	30 (T)	5809,09	b
	10 (D)	5958,66	b
	20 (V)	6233,81	b

Medias con una letra común en la columna no son significativamente diferentes (p > 0,05)

4.1.7. Concentración de nutrientes en la lámina foliar (%) y (PPM)

Al culminar el trabajo de investigación se realizó un análisis foliar a plantas de cada uno de los tratamientos, con el fin de determinar la absorción de nutrientes que realizó cada planta independientemente del tratamiento aplicado. En este contexto en el cuadro 10, se presentan los resultados de este análisis en lo que corresponde a los nutrientes Fósforo (P), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S), Nitrógeno (N) y Potasio (K), expresados en porcentaje.

Aquí se puede notar que en lo relacionado a los macronutrientes N, P y K, existieron distintas formas de expresión o absorción. Se observa para el caso de Nitrógeno que los testigos (SN1 y SN2) al igual que IDV presentaron los niveles más bajos con 2,8%, en comparación con los tratamientos IRV y IRT quienes obtuvieron los valores más altos con 3,4 y 3,7% respectivamente. Para el caso del Fósforo, se observa que de igual manera los testigos presentan los valores más bajos con 0,16 y 0,15% para SN1 y SN2

respectivamente. Mientras que el valor más alto lo obtuvo IDV el cual presenta 0,21% de Fósforo.

Por otro lado, Potasio, presenta tendencias diferentes a las suscitadas con N y P, pues en este caso los tratamientos IDD y IDT, presentan los valores más bajos con 3,03 y 3,02% respectivamente. El valor más alto de este nutriente lo obtuvo el tratamiento IRD con 3,29%, seguido del testigo SN1 y IRT con 3,28 y 3,27%, respectivamente.

En lo referente a los micronutrientes en el caso del Calcio el valor más alto lo obtuvo el tratamiento IRV con 1,19%, mientras que el resto de tratamientos incluidos los testigos presentaron valores similares entre sí que van desde 1,01 hasta 1,06%.

En cuanto a los valores de Azufre, no hay grandes diferencias entre los tratamientos, pues el valor más bajo 0,1% lo presentó IRT y el valor más alto de 0,14% lo obtuvieron los tratamientos SN1, IDV y IRD.

Con respecto a Magnesio, se observa una diferencia marcada entre los testigos y los tratamientos con aplicación de MESZ[®], pues tal como se aprecia en el cuadro 10, los testigos obtuvieron valores de 0,37 y 0,35% para SN1 y SN2, respectivamente, mientras que los tratamientos a los que se les adicionó MESZ[®] en diferentes niveles lograron valores de 0,5% para IRT, 0,56% para IDD, 0,57% para IDV e IDT y el valor superior a todos lo obtuvo IRV 0,59%.

En el cuadro 10, también se presentan los resultados de Boro, Zinc, Cobre y Manganeso, expresados en partes por millón (PPM). En el caso de Boro, se observan niveles altos de este nutrientes en los testigos y el tratamiento IDV, seguido de IDD e IDT con valores de 45 ppm, los valores más bajos los obtuvieron los tratamientos IRD, IRV e IRT con 40, 35 y 35 ppm, respectivamente.

En el caso de Manganeso se observa unos resultados muy variables, donde el valor más alto lo alcanzó IRT con 302 ppm, seguido de IDD con 256 ppm. Por el contrario, los testigos SN1 y SN2 presentaron los valores más bajos con 93ppm cada uno.

Los valores de Cobre presentaron similitud, pues el valor más alto obtenido es de 11 y el más bajo es de 9ppm. Mientras que respecto al zinc también se observa un comportamiento de los valores similares entre los tratamientos. Donde el tratamiento testigo SN2, presentó el menor valor con 13ppm y el valor más alto lo obtuvieron los tratamientos IDT, IRV e IRT con 17ppm.

Cuadro 10. Resultados obtenidos al realizar el análisis foliar de los tratamientos en estudio.

		Resultados obtenidos del análisis foliar							
	Nutrientes	TRATAMIENTOS							
		IDSN	IRSN	IDD	IDV	IDT	IRD	IRV	IRT
Contracción en %	N	2,8	2,8	2,9	2,8	2,9	3,2	3,4	3,7
	P	0,16	0,15	0,19	0,21	0,2	0,18	0,19	0,18
	K	3,28	3,24	3,03	3,15	3,02	3,29	3,24	3,27
	Ca	1,03	1,03	1,05	1,02	1,01	1,05	1,19	1,06
	Mg	0,37	0,35	0,56	0,57	0,57	0,57	0,59	0,5
	S	0,14	0,12	0,13	0,14	0,13	0,14	0,13	0,1
PPM	B	47	46	45	47	45	40	35	35
	Zn	14	13	16	14	17	16	17	17
	Cu	11	9	10	11	9	10	9	10
	Mn	93	93	256	93	217	256	222	302

Para lograr una mejor interpretación de los resultados obtenidos, se presenta en el cuadro 11, el nivel crítico tentativo en láminas foliares de banano establecidos por Lahav & Turner (1992). En este cuadro se hace una comparación de los resultados obtenidos en la presente investigación frente a los niveles establecidos por los investigadores antes mencionados.

Para el efecto, se presentan con números positivos a aquellos tratamientos donde los valores obtenidos estuvieron en el nivel o sobre el nivel crítico establecido, y para aquellos que obtuvieron valores inferiores al nivel crítico se presentan con signos negativos.

En este caso, se puede apreciar que para el caso de los testigos sin aplicación del fertilizante MESZ®, presentan valores de Fósforo por debajo del permitido con 0,01 y 0,02 para los casos de SN1 y SN2, respectivamente. Para estos mismos tratamientos, no se observan valores inferiores al nivel crítico en los

demás nutrientes. De igual manera, todos los tratamientos donde se adicionó MESZ® presentan valores superiores a los críticos, en lo concerniente a N, P, K, Ca y Mg. Mientras que para Azufre se observa en todos los tratamientos incluidos los testigos, valores bajos, es decir no superan el nivel crítico establecido.

Por otra parte, en los nutrientes presentados en partes por millón, se observa que para los casos de Boro y Cobre, los valores obtenidos en la presente investigación por todos los tratamientos son iguales o superiores a los niveles críticos establecidos, mientras que en el caso de Zinc, se observan deficiencias en todos los casos en estudio. Por último, el nutriente Mn, presenta valores muy bajos comparados en el nivel crítico en casi todos los tratamientos, menos el tratamiento IRT que se encuentra sobre el nivel requerido con 2ppm.

Cuadro 11. Comparación de los resultados obtenidos del análisis de varianza, frente al nivel crítico establecido

		resultados obtenidos al comparar con el nivel crítico								
	Nutrientes	Nivel Crítico	TRATAMIENTOS							
			IDSN	IRSN	IDD	IDV	IDT	IRD	IRV	IRT
Contracción en %	N	2,6	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,6	0,8	1,1
	P	0,17	-0,01	-0,02	0,02	0,04	0,03	0,01	0,02	0,01
	K	3	0,28	0,24	0,03	0,15	0,02	0,29	0,24	0,27
	Ca	0,5	0,53	0,53	0,55	0,52	0,51	0,55	0,69	0,56
	Mg	0,3	0,07	0,05	0,26	0,27	0,27	0,27	0,29	0,2
	S	0,23	-0,09	-0,11	-0,1	-0,09	-0,1	-0,09	-0,1	-0,13
PPM	B	11	36	35	34	36	34	29	24	24
	Zn	18	-4	-5	-2	-4	-1	-2	-1	-1
	Cu	9	2	0	1	2	0	1	0	1
	Mn	300	-207	-207	-44	-207	-83	-44	-78	2

4.2. DISCUSIÓN

En número de raíces la interacción entre las micorrizas (Ecofungy) aplicadas de diferentes maneras y los diferentes niveles de incorporación del fertilizante MESZ® produjeron incrementos a diferencia de cuando no se inoculó. Esto se debió quizás al establecimiento de simbiosis entre planta y el hongo, lo cual permite que éste colonice biotróficamente la corteza de las raíces y se desarrolle un micelio por fuera de la matriz, esto ayuda a la planta a absorber de manera más eficiente el agua y los nutrientes, sin extender su longitud radical (Elsen, Declerk, & De Waele, 2001). Esto además pudo influir en la proliferación de raíces. Jaizme, Rodríguez, & Camprubí (2004) encontraron diferencias significativas entre sus tratamientos en estudio, con relación al testigo, en la variable longitud de raíces, lo que a la vez hace que vuelvan más densas quizás esto sucedió en el presente estudio. Según Declerk, Plenchette, & Strullu (1995) y Elsen, Declerk, & De Waele (2001) indican que independientemente del cultivar o variedad de banano o vegetal utilizado, la micorrización es efectiva.

En investigación realizada por Moreno (1988), se encontró que en las plantas inoculadas en vivero presentaron mayor desarrollo con relación a las inoculadas directamente en campo, lo que pudo deberse a que el sustrato utilizado en el vivero presentó niveles de fósforo bajo, lo que ayuda al proceso de micorrización. Al evaluar la respuesta de cereales de invierno a la inoculación con micorrizas sobre la producción de material seco y absorción de fósforo del suelo, encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con y sin inoculación (Faggioli, Gudiño S. Bocolini, & R., 2011) siendo mejor cuando se inoculó con micorrizas.

Como se pudo observar en el cuadro 5, donde se presentaron los valores correspondientes a la variable altura de planta, los métodos de inoculación no influyeron positiva o negativamente sobre las plantas tratadas, sin embargo, se observó diferencia estadística para el factor B (Niveles de MESZ®), lo que podría significar que la aplicación de micorrizas influyó de alguna manera en el

incremento presentado por el tratamiento donde se aplicó un nivel intermedio del fertilizante en cuestión.

En trabajo realizado por Barrera, Oviedo, & Barraza (2012) donde se estudió el efecto de micorrizas nativas en plantas de plátano Hartón, no encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudio, al igual que en la presente investigación. Estos autores argumentan que las plantas y las micorrizas establecieron una simbiosis la cual les permitió absorber los nutrientes disponibles en el suelo y mantener un desarrollo vegetativo superior. En este contexto la aplicación de micorrizas pudo generar que en las plantas donde se aplicaron diferentes dosis de MESZ[®], se desarrollen de una mejor manera como se observó en el presente estudio.

En diámetro del pseudotallo tal como se apreció en el presente trabajo, se observó significancia estadística entre los métodos de inoculación y los niveles de MESZ[®]. Cuando evaluaron el efecto de varias micorrizas nativas en plantas de plátano Hartón, Barrera, Oviedo, & Barraza (2012) no encontraron diferencias estadísticas entre éstas al igual que en la presente investigación. Los valores obtenidos en este estudio son superiores a los encontrados por los investigadores antes citados, los cuales obtuvieron un valor promedio de 30 milímetros a los 75 días después de la aplicación.

En investigación realizada por Menendes (2004), quien estudió el efecto de micorrizas frente a tratamiento sin micorrizas en banano, no encontró diferencias estadísticas en diámetro del pseudotallo y altura de planta, donde los promedios obtenidos a los 75 días después de la aplicación fueron de 30 cm de altura y 28 milímetros de diámetro del pseudotallo. De igual manera, Carrillo (2004) al evaluar diferentes sustratos con plantas de banano Williams hasta las 7 semanas después del trasplante, obtuvo valores promedios de 25 milímetros, valores que son inferiores a los reportados en la presente investigación

Jaizme, Rodríguez, & Camprubí (2004) mencionan que en banano el efecto de la micorrización temprana sobre el desarrollo vegetal se mantiene durante la

fase de vivero, aunque se esté proporcionando un régimen de fertilización comercial.

Si bien es cierto en la variable área foliar, no se observaron diferencias estadísticas cuando se realizó o no la aplicación del producto con micorrizas, sin embargo, se presentaron diferencias entre los niveles de aplicación de MESZ[®]. En este contexto en investigación realizada por Barrera, Oviedo, & Barraza (2012) al evaluar micorrizas nativas y fertilizantes en Dominico Hartón, encontraron diferencias entre sus tratamientos, donde observó mayor área foliar cuando se aplicó únicamente el fertilizante DAP, obteniendo como promedio 1368 cm², valor que es superior al obtenido en la presente investigación en cualquiera de los tratamientos en estudio. Sin embargo, hay que mencionar que estos autores llevaron su investigación hasta los 4 meses, por lo cual quizás obtuvo ese valor elevado.

Quizás al adicionar el hongo a este tipo de fertilizantes, se podría lograr cambios físicos, bioquímicos y fisiológicos, en sus raíces y así generar un mejor estado general de las plantas (Barea, 1997). Por su parte Cayon, Belalcazar, & Lozada (1998) mencionan lo importante que es mantener un desarrollo óptimo en las plantas de plátano y banano, debido a sus características especiales como especie perenne, la cual es sometida en una etapa inicial a producir gran cantidad de masa radical para cumplir los procesos de absorción y mantener una adecuada cantidad de hojas para realizar la fotosíntesis.

De igual forma, los altos valores en el área foliar obtenidos en el presente estudio pueden deberse a que gracias a la asociación simbiótica de los hongos micorrízicos en las raíces de las plantas produjeron diversos cambios o modificaciones a nivel fisiológico, como el incremento de la actividad fotosintética, por motivos de mayor capacidad de fijación de CO² y, por consiguiente, el incremento de las tasas de crecimiento y biomasa producida (Alarcón & Ferrera, 1996; Alarcón, 1997; Olalde, 1997).

Por su parte Hetrick (1991) indica que los componentes de la simbiosis establecen diversos procesos fisiológicos y bioquímicos, de modo que la planta

hospedante puede presentar cambios en la morfología de la raíz, Olalde (1997) indica la capacidad que tienen los hongos micorrízicos para producir hormonas como ácido abscísico, giberelinas, auxinas y citocininas. Por su parte Hetrick, (1991) menciona que las respuestas a observar varían en función del grado de dependencia de las plantas a estos organismos así, las plantas con dependencia obligada o facultativa pueden ser más susceptibles a las modificaciones en la síntesis de fitohormonas que genera la simbiosis micorrízicos.

Con respecto al coeficiente de esbeltez, no es un parámetro muy estudiado en banano, se han realizado investigaciones en especies forestales principalmente, por tanto no hay información sobre este cultivo para realizar una discusión específica.

Thompson (1985) describe al coeficiente de esbeltez, como un índice morfológico que es la combinación de dos o más parámetros morfológicos. Este tipo de índices son diseñados para servir a uno o dos propósitos, los cuales pueden ser para describir un atributo abstracto de una planta, tal como balance y/o vigorosidad o como para determinar la importancia relativa de la combinación de los parámetros morfológicos en un índice que expresa más estrechamente el funcionamiento de terreno de algún parámetro individual. El índice de esbeltez se toma como un índice de calidad de la planta que ayuda a detectar posibles ahilamientos en la planta (excesivo crecimiento en altura con respecto al diámetro). Thompson (1985) considera que los valores de este índice superiores a 6 son inadecuados pues la planta puede sufrir daños por viento, sequía o frío para el caso exclusivo del Pino.

El fertilizante MESZ[®], contiene una proporción de 12% de Nitrógeno, 40% de Fósforo, 10% de Azufre y 1% de Zinc, en base a esto se pudo observar que los tratamientos donde no se realizó aplicación de este fertilizante presentaron valores inferiores al nivel crítico de Fósforo particularmente. De igual manera, se debe tomar en cuenta que a los tratamientos a los cuales se les aplicó el fertilizante no presentaron valores demasiado elevados, quizás esto se deba a que el tiempo para la manifestación real de la acción de las micorrizas y la

disponibilidad del fertilizante no fue el suficiente, por lo cual solo se presentan pequeños incrementos.

La utilización de micorrizas inoculadas directamente al suelo puede generar absorción de nutrientes principalmente Nitrógeno y Potasio, lo que repercute en la elongación de los tallos (Barrera, Oviedo, & Barraza, 2012), tal como sucedió en la presente investigación, donde los tratamientos donde se inoculó micorrizas presentaron mayores tamaños y grosor de plantas, y además en el resultado del análisis foliar se observa mayor absorción de N y K.

Jeschke & Pate (1985) mencionan que una vez absorbidos los nutrientes por las raíces y translocados por medio del xilema a la parte aérea de la planta, éstos pueden ser transferidos al floema o depositados en la raíz o células de las hojas. Mencionan además que cada nutriente posee patrones de distribución, de proporción y extensión del reciclaje y removilización diferentes y van a depender o variar según las condiciones ambientales, el estado nutricional de la planta, la especie y el estado de desarrollo. En especies perennes como las de este estudio, también, la absorción, partición, almacenamiento y movilización están muy relacionados con los diferentes estados fenológicos de la planta. Es decir el estado fenológico de las plantas pudo haber influido en la consecución de los resultados. Además, se debe mencionar que los niveles críticos de absorción de nutrientes presentados en el cuadro 11, están en función de plantas de vivero pero el autor no indica la edad de la misma.

Marschner (1995) por su lado menciona que los nutrimentos han sido caracterizados por tener alto, bajo o intermedio movimiento en el floema, lo cual ha sido determinado claramente por medio del empleo de isótopos. Elementos como el nitrógeno, fósforo, potasio y en menor proporción el magnesio son muy móviles en el floema desde las hojas. Altas concentraciones de estos elementos han sido encontrados en extractos del floema circulando por la planta; así mismo cuando la disponibilidad de estos elementos disminuyen, las hojas más jóvenes retienen su circulación a expensas de las

hojas más viejas, produciendo con ello una disminución en concentración y la aparición de las deficiencias en las hojas viejas.

El Calcio, Boro, Manganeso y Hierro, son prácticamente inmóviles en el floema desde las hojas. Cuando el suministro desde la raíz de estos elementos disminuye, en hojas jóvenes su contenido disminuye, mientras que en las hojas viejas, incluso las senescentes, la concentración se mantiene alta, el bajo nivel de movilidad de estos elementos en el floema se atribuye a la poca concentración en los jugos del floema. La aparición de la deficiencia de calcio y boro en las hojas jóvenes, es independiente del contenido total en la planta y generalmente se produce tan cuando el suministro es inadecuado (Haynes & Robins, 1947). Hu & Brown (1994.), indican que el boro retenido en las células de las plantas está confinado y fuertemente unido a compuestos péptidos de la pared celular.

Gettier, Martens, & Brumback Jr (1985.) indican que el manganeso tiene una movilidad en el floema similar a la del Calcio y además, reportan que aplicaciones foliares con este micronutriente son efectivas por poco tiempo. Para el caso del Hierro no se tienen pruebas contundentes sobre su movilidad, pero la rápida aparición de su deficiencia en hojas jóvenes de plantas creciendo en sustratos bajos en hierro, sugieren que el hierro es poco móvil en el floema.

Otros elementos como el azufre, cobre y zinc, tienen una movilidad variable en el floema desde las hojas. La retención y movimiento de estos elementos está relacionada con el movimiento del nitrógeno (Hill, 1980)

V. CAPÍTULO
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación se plantean las siguientes conclusiones.

- El mejor método de aplicación del producto Ecofungy, en base a los resultados obtenidos, fue mediante la inoculación directa al suelo al momento de la siembra, pues se lograron mejores resultados en todas las variables en estudio, en comparación con el método de inoculación a las raíces y al testigo sin inoculación.
- Entre los niveles del fertilizante MESZ® evaluados, el que mejor se comportó fue el de 20 gramos por planta, siendo mejor en variables como número de raíces, altura de planta, diámetro de pseudotallo y área foliar. Seguido a este nivel se encuentra la dosis de 10 gramos por planta el cual también presentó buenos promedios en diámetro del pseudotallo y coeficiente de esbeltez.
- La absorción de nutrientes, fue mayor donde se aplicó alguno de los niveles del fertilizante MESZ®. Además, se nota que donde se inoculó directamente a las raíces los resultados fueron superiores a cuando se inoculó al suelo.
- Con la aplicación de 10 y 20 gramos por planta del fertilizante MESZ®, se obtuvieron mayores niveles de absorción de nutrientes.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda la integración a programas de fertilización temprana en el cultivo de banano de productos que puedan proveer la creación de procesos de micorrización en las plantas.
- Se recomienda la aplicación de productos fertilizantes con alto contenido de Fósforo, aplicado en etapas iniciales del cultivo de banano.
- Es recomendable realizar nuevas investigaciones para determinar de una mejor manera la interacción existente entre las micorrizas y los productos fertilizantes aplicados al banano en fase de vivero.

**VI. CAPÍTULO
BIBLIOGRAFIA**

6.1. LITERATURA CITADA

- AEBE. (27 de Diciembre de 2014). *Asociación de exportadores de banano del Ecuador*. Obtenido de http://www.aebe.com.ec/data/files/DocumentosPDF/Estad%C3%ADsticas/2013/2do_semestre/ExportMen_Dic13.pdf
- Alarcón, A. (1997.). Manejo de la micorriza arbuscular a nivel de vivero. 49. Tapachula, Chiapas., Mexico.
- Alarcón, A. y.-C. (2000). *Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza Arbuscular*. Mexico: Mundi Prensa.
- Alarcón, A., & Ferrera, C. (1996). Dinámica de colonización y efecto de hongos endomicorrízicos sobre el crecimiento de *Casuarina equisetifolia* L. *Nuevos horizontes en agricultura: Agroecología y desarrollo sustentabl*, 298-310. (J. P.-M.-C. (eds.), Ed.) Montecillo, Mexico.
- Arbo, M., & Gonzalez, A. (2006). 2006. *Botánica Morfológica. Morfología de las*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2014, de <http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema20/20-9micorrizas.htm>
- Barea, J. (1997). Mycorrhiza/bacteria interaction on plant growth promotion. *Plant growth-promoting rhizobacteria, present status and future prospects.*, 150-158. (A. Ogoshi, L. Kabayashi, Y. Homma, F. Komada, N. Kondon, & S. Akino, Edits.) Paris, Francia.
- Barrera, J., Oviedo, L., & Barraza, F. (2012). Evaluación de micorrizas nativas en plantas de plátano harton (*Musa AAB Simonds*) en fase de vivero. *Acta agronomica*, 61(4), 315-324.
- Bernal, G., & Morales, R. (2006). Micorrizas: Importancia, Producción e investigación en el Ecuador. 56. Quito, Ecuador.
- Birchler, T., Rose, R., & Royo, A. y. (1998). La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.*, 7 (1 y 2), 109-121.

- Calvet, C., & Camprubí, A. E. (2000). Micorrizas arbusculares en producción agrícola. *Horticultura*, 38-41.
- Cañal, M., Rodríguez, R., Fernández, B., & Sánchez-Tames, R. M. (2001.). Fisiología del cultivo in vitro. *Biotecnología vegetal*, 1, 3-9.
- Carrillo, M. (2004). Evaluación de diferentes sustratos en la aclimatación de banano (*Musa spp*) en la fase de vivero bajo condiciones de sombreador. 80.
- Cayon, G., Belalcazar, S., & Lozada, J. (1998). Ecofisiología del plátano (*Musa AAB Simmonds*). *Seminario internacional sobre producción de plátano*, (págs. 221-236). Armenia.
- Coyne, M. (2000). *Microbiología del suelo un enfoque exploratorio*. Madrid, España: Paraninfo ITP An Internacional Thomson Publishing Company.
- Declerk, S., Plenchette, C., & Strullu, D. (1995). Mycorrhizal dependency of banana (*Musa Acuminata AAA group*). *Plant Soil*, 176, 183.187.
- Duchicela, J. (2001). Evaluación del uso de Endomicorrizas vesiculo arbusculares (MVA) en la obtención de plántulas de tomate de árbol *Solanum betaceum Cav*.
- Elsen, A., Declerk, S., & De Waele, D. (2001). Efecto de tres hongos micorriza arbusculares sobre la infección de *Musa* con el nemátodo nodulador de las raíces (*Meloidogyne spp*). *Infomusa*, 11(1), 21-23.
- Enríquez, F. (2008). Evaluación de la efectividad de cuatro dosis de micorrizas arbusculares bajo cuatro niveles de fosforo en vivero de palmito (*Bactris gasipaes*, HBK), en la zona de Santo Domingo de los Colorados. 168.
- Espinoza, J. (2004). Fijación del fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas. *Informaciones Agronómicas*, 55, 5-8.
- Faggioli, V., & Freytes, G. y. (2008). Las micorrizas en trigo y su relación con la absorción de fósforo del suelo. *Publicación Técnica INTA*.

- Faggioli, V., Gudiño S. Boccolini, M., & R., C. (2011). Respuesta de cereales de invierno a la inoculación con micorrizas sobre la producción de material seco y absorción de fósforo del suelo. *INTA*, 8.
- Fixen, P. (2005). Dinámica del fósforo en el suelo y en el cultivo en relación al manejo de los fertilizantes fosfatados. *Boletín*, 10 p.
- Folk, R., & Grossnickle, S. (1997). Determining field performance potential with the use of limiting environmental conditions. *New Forests*, 13, 121-138.
- García, F. y. (2004). Fósforo: dinámica y manejo en sistemas de siembra directa. *Informaciones Agronómicas*, 55, 1-4.
- Gettier, S., Martens, D., & Brumback Jr, T. (1985.). Timing of foliar manganese application for correction of manganese deficiency in soybean. *Agron. J.*, 77, 627-630.
- Grant, C., Flaten, D., & Tomasiewicz, D. y. (2001). Importancia de la nutrición temprana con fósforo.s N° 44. 1 – 6 p. *Informaciones Agronómica*, 44, 1-6.
- Haynes, J., & Robins, W. (1947). Calcium and boron as essential factors in the root environment. *J. Amer. Soc. Agron.*, 40, 795-803.
- Hermad, C., Ilabaca, C., Jeres, G., Sandoval, P., & y Ulloa, A. (2002). *Aspectos generales de las Micorrizas: Efecto de las micorrizas sobre la nutrición mineral de las plantas*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2014, de <http://www.forestaluchile.cl/curso/fivegf/mico>
- Hernández, A. (1999). *Las Micorrizas. Centro de estudios ecológicos*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2014, de <http://www.cdeea.com/micorrizas1.htm>
- Hernández, D. (2000). Micorrización temprana de portainjertos de frutales como alternativa biotecnológica para el control de nemátodos. 187. Barcelona, España.
- Hetrick, B. (1991.). Mycorrhizas and root architecture. *Experientia*(47), 355-362.

- Hill, J. (1980). The remobilization of nutrients from leaves. *J. Plant Nutr.*, 2, 407-444.
- Hu, H., & Brown, H. (1994.). Localization of boron in cell walls of squash and tobacco and its association with pectins. *Plant Physiol.*, 105, 681-689.
- INAMHI. (2012). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*.
- Jaizme, V., Rodríguez, A., & Camprubí, A. (2004). Aislamiento, selección, aplicación de hongos micorrícicos en agrosistemas canarios. Transferencia de resultados. *I Conferencia Internacional sobre Eco-Biología del suelo y el compost. Conference Book*.
- Jeschke, W., C, A., & Pate, J. (1985.). Ion circulation via phloem and xylem between root and shoot of nodulated white lupin. *J. Plant Physiol.*, 117, 319-330.
- Kumar, N., Krishnamoorthy, V., & Nalina, L. y. (2002.). Nuevo factor para estimar el área foliar total en banano. *INFOMUSA*, 11(2), 42-43.
- Lahav, E., & Turner, D. (1992). Fertilización del banano para rendimientos altos. 71. Quito, Ecuador.
- Lopez, C., & y Barcelo, A. (2001). *Sobre Micorrizas. Científico (CSIC) en la Estación Experimental La Mayora*.
- MAGAP. (2013). *Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (SINAGAP)*. Recuperado el 26 de Julio de 2013, de Cultivo de banano: Superficie, Producción y Rendimiento [Base de datos en línea]: <http://servicios.agricultura.gob.ec/sinagap/index.php/superficie-produccion-y-rendimiento>
- Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants* (2nd ed. ed.). New York: Academic Press.
- Martin, P. (1974). Les methods d'échantillonnage pour l'analyse foliaire du bananier: résultats d'une enquête internationale et propositions en vue d'une référence commune. *Fruits*, 29, 583-588.

- Mattsson, A. (1997). Predicting field performance using seedling quality assessment. *New Forests*, 13, 227-252.
- Menendes, M. (2004). Efecto de la micorriza vesículo-arbuscular (VAM) en el daño de la Sigatoka negra en banano y plátano. 32. Honduras.
- Moreno, P. (1988). Inoculación de micorrizas MVA en papa (*Solanum tuberosum*) respuesta en el crecimiento y nutrición de plantas inoculadas en invernadero y en campo. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 1, 84-103.
- Narváez, E. (2014). Bioestimulantes sobre la calidad morfológica del banano (Musa AAA) en fase de vivero. . 58. (U. t. Quevedo, Recopilador) Quevedo, Ecuador.
- Olalde, P. (1997). Fisiología de plantas micorrizadas. *VI Congreso Nacional de Micología/IX Jornadas Científicas.*, 51. Tapachula, Chiapas., Mexico.
- PROECUADOR . (2013). Análisis del sector bananero. *Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones*, 13. Guayaqui, Ecuador.
- Robinson, J., & Saúco, V. (2010). *Crop production Science in Horticulture Series, Bananas and Plantains* (Segunda ed., Vol. 13). Tenerife, España: ISBN.
- Rodríguez, A., Posada-Pérez, L., Gómez, R., & Reyes, M. y.-9. (2009). Aclimatización de plantas de *Carica papaya* var. 'Maradol roja' obtenidas por embriogénesis somática. *Bioteología Vegetal*, 9(2), 91-97.
- Rodríguez, D., & Duryea, M. (2003). Indicadores de calidad de planta en *Pinus palustris* Mill. *Agrociencia*, 37, 299-307.
- Roman, F. (2003). Concentración de reguladores de desarrollo vegetal inducida por hongos ENDOMICORRIZICOS en dos cultivares de Chile (*Capsicum annum* L.). 121. Colima, Mexico.

- Sieverding, E. (1991). Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Technical Cooperation-Federal Republic of Germany (GTZ). 367.
- Simmonds, N., & Shepherd, K. (1955). Taxonomy and origins of cultivated bananas. *London: Journal of the Linnean Society of London Botany*, 55, 302-312.
- Simmonds, N., & Shepherd, K. (1955). Taxonomy and origins of cultivated bananas. *Journal of the Linnean Society of London Botany*, 55, 302-312.
- Thompson, B. (1985). Seedling morphological evaluation. What can you tell by looking. 59-69. (L. D. M., Ed., & S. University., Recopilador) Oregon: Forest Research Laboratory.
- Toledo, M., Nietsche, M., Franca, A., Ferreira, C., De Lima, C., Días, V., . . . Batista, D. y. (2005). Aclimatização de mudas micropropagadas de bananeira sob diferentes condições de luminosidade. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP*, 27.
- Vazquez, S., & Morales, L. (2000). Adsorción de fosforo en suelos acidos de misiones. 4. Argentina.
- Villar, P. (2003). Importancia de la calidad de planta en los proyectos de revegetación. *Restauración de Ecosistemas Mediterráneos*. (J. Rey-Benayas, & T. y. Espigares Pinilla, Edits.) Alcalá, Esoaña.

CAPITULO VII
ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para la variable número de raíces.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	p-valor
Factor A	1	1575,31	1575,3125	20,219	0,0000
Factor B	3	1284,24	428,0792	5,4944	0,0019
Factor A*Factor B	3	1380,74	460,2458	5,9072	0,0012
Error	72	5609,7	77,9125		
Total	79	9849,99			

Anexo 2. Análisis de varianza para la variable longitud de raíces

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	p-valor
Factor A	1	56,11	56,112	0,251	0,618
Factor B	3	728,74	242,912	1,085	0,361
Factor A*Factor B	3	182,84	60,946	0,272	0,845
Error	72	16112,3	223,782		
Total	79	17079,99			

Anexo 3. Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	p-valor
Factor A	1	88,2	88,2	0,835	0,3640
Factor B	3	2694,25	898,083	8,503	0,0000
Factor A*Factor B	3	269,5	89,833	0,851	0,4710
Error	72	7604,8	105,622		
Total	79	10656,75			

Anexo 4. Análisis de varianza para la variable diámetro del pseudotallo (mm).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	p-valor
Factor A	1	540,8	540,8	5,749	0,019
Factor B	3	985,7	328,567	3,493	0,02
Factor A*Factor B	3	323,9	107,967	1,148	0,336
Error	72	6772,8	94,067		
Total	79	8623,2			

Anexo 5. Análisis de varianza para la variable coeficiente de esbeltez.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	p-valor
Factor A	1	0,42	0,416	12,446	0,00070
Factor B	3	1,33	0,444	13,285	0,00000
Factor A*Factor B	3	0,26	0,085	2,543	0,06290
Error	72	2,41	0,033		
Total	79	4,41			

Anexo 6. Análisis de varianza para la variable Índice de calidad de Dickson.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	p-valor
Factor A	1	0,7	0,7031	0,0336	0,8551
Factor B	3	165,26	55,0861	2,6307	0,0565
Factor A*Factor B	3	159,18	53,0585	2,5339	0,0636
Error	72	1507,63	20,9393		
Total	79	1832,77			

Anexo 7. Análisis de varianza para la variable número de hojas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	p-valor
Factor A	1	0,45	0,45	0,379	0,54
Factor B	3	4,05	1,35	1,136	0,341
Factor A*Factor B	3	1,45	0,483	0,407	0,749
Error	72	85,6	1,189		
Total	79	91,55			

Anexo 8. Análisis de varianza para variable área foliar (cm²).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	p-valor
Factor A	1	13625290,5	13625291	2,6767	0,1062
Factor B	3	67014253,8	22338085	4,3883	0,0068
Factor A*Factor B	3	5814592,71	1938198	0,3808	0,7672
Error	72	366508204	5090392		
Total	79	452962341			

Fotografía 1. Inoculación de plantas en el vivero



Método de inoculación directa a las raíces



Inoculación al suelo al momento de la siembra

Fotografía 2. Aplicación del fertilizante MESZ



Recipientes para la aplicación del MESZ



Aplicación del MESZ a las plantas en el vivero

Fotografía 3. Preparación y secado de partes vegetales en la estufa.



preparación de muestra para el secado de las plantas en la estufa



Colocación y secado de muestras para determinar variables de calidad (Indice de calidad de Dickson)