

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, MANAGUA**

Facultad Regional Multidisciplinaria Matagalpa

Departamento de Ciencias, Tecnología y Salud



**MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

**Tema:**

Validación de dos dosis de micorrizas en el desarrollo de las plantas en vivero de café (*Coffea arabica L.*), variedad Caturra en dos localidades del municipio de Jinotega, periodo 2017 – 2018

**Autores:**

Br. Hamilthon Joel Soza Espinoza  
Br. Omnar Antonio Jiménez Alvarado

**Tutor:**

PhD. Francisco Javier Chavarría Aráuz

Matagalpa, Octubre de 2018



## DEDICATORIA

Todo el esfuerzo de la investigación, está dedicado con todo Amor y Cariño:

A ti Dios que me diste la oportunidad de vivir, de regalarme una familia maravillosa y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor

Con mucho cariño principalmente a mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento.

Gracias por todo Papá y Mamá, por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto le agradezco de corazón que estén a mi lado 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.

*Br. Hamilthon Joel Soza Espinoza*

## DEDICATORIA

A Dios. Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi Madre María Elena Alvarado. Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mis Abuelos Luz Marina y Margarito. Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

Al resto de mi Familia. A mi Hermana Aura por ser el ejemplo de una hermana que aunque es menor, de ella aprendí aciertos y de momentos difíciles; a mis tías y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

A mis Maestros. Por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis; a la Ing. Cinthia González por su apoyo ofrecido en este trabajo y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional con ello.

A la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua y en especial a la FAREM Matagalpa y departamento docente por permitirme ser parte de una generación de triunfadores.

¡Gracias a ustedes!

*Br. Omnar Antonio Jimenez Alvarado*

## AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y felicidad.

Le doy gracias a mis Padres Trinidad Soza y Jaqueline Espinoza por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis Hermanos por ser parte de mi vida y representar la unidad familiar. Cristian y Samy Soza por ser una motivación de desarrollo profesional y llenar mi vida de alegrías y amor cuando más lo he necesitado. A mis abuelos Jesús, Socorro y Sara porque siempre estuvieron presentes en mis logros y siempre creyeron en mí hasta el último momento.

Le agradezco la confianza, apoyo y dedicación de tiempo a mis profesores: PhD. Francisco Chavarría, PhD. Julio César Laguna Gámez, Msc. Evelyn Calvo Reyes, PhD. Jairo Emilio Rojas, Msc. Virginia López y Msc. Rosa María Vallejos. Por haber compartido conmigo sus conocimientos y sobre todo su amistad.

Gracias Ingeniera Cinthia Gonzáles por creer en Omnar y en mí, y habernos brindado la oportunidad de desarrollar la monografía en INTA y por el apoyo y facilidades otorgadas en la institución. Por darnos la oportunidad de crecer profesionalmente y aprender cosas nuevas.

A Omnar por haber sido un excelente compañero de monografía y amigo por haber tenido la paciencia necesaria y por motivarme a seguir adelante en los momentos de desesperación.

*Br. Hamilthon Joel Soza Espinoza*

## AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haberme permitido vivir hasta este día, por guiarme a lo largo de mi vida, ser mi apoyo, mi luz y mi camino. Por principalmente darme la fortaleza para seguir adelante en aquellos momentos de debilidad.

Le doy gracias a mi Mamá María Elena, a mis Abuelos Luz Marina y Margarito, por todo el apoyo brindado a lo largo de mi vida. Por darme la oportunidad de estudiar esta carrera. Por promover tanto el desarrollo como la unión familiar en esta nuestra familia.

A mi Hermana Aura por apoyarme en aquellos momentos de necesidad y por ayudar a la unión familiar. Por ser un ejemplo de estudio y un ejemplo de superación, a la vez que ha llenado mi vida de grandes momentos que hemos compartido.

A mis Profesores. Gracias a PhD. Francisco Chavarría, PhD. Julio César Laguna Gámez, Msc. Evelyn Calvo Reyes, PhD. Jairo Emilio Rojas, Msc. Virginia López y Msc. Rosa María Vallejos. Les agradezco por todo el apoyo brindado a lo largo de la carrera, por su tiempo, amistad y por los conocimientos que me transmitieron.

Gracias Ingeniera Cinthia González por creer en Hamilton y en mí, y habernos brindado la oportunidad de desarrollar la Monografía en INTA y por el apoyo y facilidades otorgadas en la institución. Por darnos la oportunidad de crecer profesionalmente y aprender cosas nuevas.

A Hamilton por haber sido un excelente compañero de monografía y amigo por haber tenido la paciencia necesaria y por motivarme a seguir adelante en los momentos de desesperación.

*Br. Omnar Antonio Jimenez Alvarado*

## OPINIÓN DEL TUTOR

A través de la presente en mi calidad de Tutor me permito emitir valoración sobre el trabajo de tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo de los Egresados Hamilthon Joel Soza Espinoza y Omnar Antonio Jiménez Alvarado, con el título “Validación de dos dosis de micorrizas en el desarrollo de las plantas de café (*Coffea arabica L.*), variedad caturra en dos localidades del municipio de Jinotega, periodo 2017 – 2018.

A mi criterio el trabajo en mención cumple con estipulado por la UNAN Managua en el Reglamento de Régimen Académico. Existe coherencia entre su título, planteamiento del problema, sus objetivos, hipótesis, resultados, conclusiones y recomendaciones.

El trabajo realizado por los jóvenes Soza y Jiménez, constituye un importante aporte a la producción sostenible de café, uno de los rubros más importantes de la región Matagalpa y Jinotega.

Para la realización del estudio se contó con el apoyo financiero y asesoría técnica de parte del INTA Matagalpa, dentro del marco de la colaboración mutua. Agradecemos al INTA Delegación Matagalpa, al igual que cada uno de los productores (as) quienes hicieron que este estudio llegara a su feliz término.

Aliento a los colegas Soza y Jiménez a que continúen proponiéndose y alcanzando metas en su formación y en pro del desarrollo de nuestro país.

---

Francisco Javier Chavarría Aráuz

Tutor





# CONTENIDO

# Páginas

<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	5
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.4.1 Objetivo General: .....	6
1.4.2 Objetivos Específicos:.....	6
<b>CAPÍTULO II</b> .....	7
2.1 MARCO REFERENCIAL.....	7
2.1.1 Antecedentes .....	7
2.2 MARCO TEÓRICO O MARCO CONCEPTUAL .....	12
2.2.1 Cultivo de Café .....	12
2.2.2 Variedad Caturra.....	13
2.2.3 Condiciones edáficas – climáticas óptimas para la caficultura .....	13
2.2.3.1 Suelo .....	13
2.2.3.2 Altitud.....	13
2.2.3.3 Precipitación .....	14
2.2.3.4 Temperatura .....	14
2.2.3.5 Humedad relativa .....	14
2.2.3.6 Viento .....	14
2.2.4 Relación entre micorrizas y condiciones edáficas – climáticas .....	15
2.2.5 Micorrizas .....	15
2.2.5.1 Definición.....	15
2.2.5.2 Micorrización en las plantas .....	16
2.2.6 Clases de micorrizas.....	17
2.2.6.1 Ectomicorrizas .....	17
2.2.6.2 Endomicorrizas arbusculares .....	18
2.2.7 Beneficios del uso de micorrizas.....	19

2.2.7.1 Beneficios ambientales.....	19
2.2.7.2 Beneficios agronómicos.....	19
2.2.7.3 Otros beneficios.....	21
2.2.8 Semillero.....	22
2.2.8.1 Definición.....	22
2.2.9 Selección de la semilla: .....	22
2.2.9.1 Semillas anormales .....	23
2.2.9.2 Semillas caracol .....	23
2.2.9.3 Semillas monstruo o elefante .....	23
2.2.9.4 Semillas triángulo .....	23
2.2.9.5 Semillas vanas .....	23
2.2.10 Fases fenológicas del café en la etapa de semillero.....	23
2.2.10.1 Estado de grapa .....	23
2.2.10.2 Estado de fosforito.....	24
2.2.10.3 Estado popa .....	24
2.2.11 Vivero.....	24
2.2.11.1 Definición.....	24
2.2.12 Ventajas que tiene un vivero.....	25
2.2.13 Características que debe tener un terreno para establecer un vivero .	25
2.2.14 Principales componentes del vivero.....	26
2.2.14.1 Sustrato .....	26
2.2.14.2 Bolsas.....	26
2.2.15 Importancia del sistema radicular .....	26
2.2.16 Ventajas de un buen sistema radicular .....	27
2.2.16.1 Anclaje.....	27
2.2.16.2 Extracción de agua .....	27
2.2.16.3 Extracción de nutrientes .....	28
2.3 MARCO LEGAL .....	29
2.4 HIPÓTESIS .....	30
2.4.1 Hipótesis General .....	30
2.4.2 Hipótesis específicas .....	30

<b>CAPÍTULO III</b> .....	31
3.1 DISEÑO METODOLÓGICO O MARCO METODOLÓGICO .....	31
3.1.1 Ubicación del estudio .....	31
3.1.2 Tipo de Estudio .....	33
3.1.2.1 Tipo de enfoque .....	33
3.1.2.2 Según su alcance .....	33
3.1.2.3 Según su corte o momento de investigación .....	33
3.1.3 Diseño experimental .....	34
3.1.4 Tratamientos .....	35
3.1.4.1 Descripción de los tratamientos .....	35
3.1.5 Indicadores medidos .....	36
3.1.5.1 Número de hojas .....	36
3.1.5.2 Numero de cruces .....	36
3.1.5.3 Tamaño de hoja (Largo y Ancho) .....	37
3.1.5.4 Tamaño y grosor del tallo .....	37
3.1.5.5 Altura de la planta .....	37
3.1.5.4 Tamaño de la raíz .....	37
3.1.5.5 Peso de raíz .....	38
3.1.6 Población y muestra .....	38
3.1.7 Análisis Económico .....	38
3.1.8 Operacionalización de variables .....	39
 <b>CAPÍTULO IV</b> .....	 41
4.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	41
4.1.1 Análisis de varianza estadística entre indicadores medidos .....	41
4.1.2 Generalidades de la planta .....	43
4.1.2.1 Número de hojas .....	44
4.1.2.2 Número de cruces .....	45
4.1.2.3 Largo de la hoja .....	46
4.1.2.4 Ancho de la hoja .....	47
4.1.2.5 Tamaño del tallo .....	48

4.1.2.6 Altura de la planta.....	49
4.1.2.7 Tamaño de la raíz.....	50
4.1.2.8 Peso de la raíz.....	52
4.1.3 Contraste de las medias para cada indicador en ambos sitios .....	53
4.1.4 Rentabilidad económica.....	55
5.1 CONCLUSIONES .....	57
5.2 RECOMENDACIONES .....	58
 BIBLIOGRAFÍA .....	 59

## ANEXOS

### ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1</b> Taxonomía o descripción botánica .....	12
<b>Cuadro 2</b> Componentes de un sustrato .....	26
<b>Cuadro 3</b> Tratamientos evaluados.....	35
<b>Cuadro 4</b> Operacionalización de variables .....	40
<b>Cuadro 5</b> Análisis de varianza .....	42
<b>Cuadro 6</b> Comparación entre sitios .....	53
<b>Cuadro 7</b> Materiales y Costos .....	55

### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Finca Rosario, Comunidad Llano de la Cruz, Apanás .....	31
<b>Figura 2</b> San José de Las Latas, INTA.....	32
<b>Figura 3</b> Número de hojas .....	44
<b>Figura 4</b> Número de Cruces .....	45
<b>Figura 5</b> Largo de la hoja (Centímetros).....	46
<b>Figura 6</b> Ancho de la hoja (Centímetros).....	47
<b>Figura 7</b> Tamaño del Tallo (Centímetros).....	48

<b>Figura 8</b> Altura de la planta (Centímetros).....	49
<b>Figura 9</b> Tamaño de la raíz (Centímetros).....	50
<b>Figura 10</b> Peso de la raíz (Gramos) .....	52

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

<b>Anexo 1</b> Datos generales del productor y del sitio	
<b>Anexo 2</b> Plano de campo (distribución de los tratamientos)	
<b>Anexo 3</b> Cronograma de actividades	
<b>Anexo 4</b> Formato para la toma de datos	
<b>Anexo 5</b> Promedios finales (cada medición)	
<b>Anexo 6</b> Presupuesto de Investigación	
<b>Anexo 7</b> limpiezas del terreno	
<b>Anexo 8</b> Elaboración del sustrato	
<b>Anexo 9</b> Establecimiento del semillero	
<b>Anexo 10</b> Recolección de datos	



## RESUMEN

La presente investigación se realizó en dos localidades del Municipio de Jinotega, siendo estas: El Centro de Desarrollo Tecnológico del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (CDT INTA), ubicado en la Comunidad San José de Las Latas y la Finca “Rosario” ubicada en la Comunidad Llano de la Cruz de Apanás, con el objetivo de evaluar el uso de micorrizas en el desarrollo de las plantas en vivero de café (*Coffea arabica L.*), validando dos dosis de 5 y 10 gramos, siendo definidos como tratamientos 1 y 2 respectivamente y nombrando un tercero como testigo con dosis de 15 gramos diluidos de fertilizante sintético 18 – 46 – 00 (decisión del productor). El tiempo de la investigación estuvo comprendido en un lapso de 100 días después de establecerse el vivero en cada una de las localidades descritas, comprendiéndose 4 mediciones partiendo como primera medición el día de establecimiento tomando después en cada una de las mediciones 10 plantas de manera aleatoria por cada uno de los tratamientos incluyendo al testigo y definiendo como indicadores medidos: el número de hojas y número de cruces; el largo y ancho de las hojas; largo y grosor del tallo; altura de la planta, tamaño y peso de la raíz. Llegando a la conclusión, que el tratamiento 2 (10 gramos micorriza/planta) predominó con los promedios más altos en la mayoría de los indicadores evaluados en ambas localidades.

Palabras claves:

- Café
- Micorrizas
- Viveros
- Tratamientos
- Testigo
- Indicadores
- Medición
- Fertilizante.

# CAPÍTULO I

## 1.1 INTRODUCCIÓN

El café arábigo (*Coffea arabica L.*), es un arbusto perenne del trópico. Esta especie se caracteriza por su importancia comercial en la preparación de bebidas estimulantes. Es por esta razón que es muy cultivada en países con clima tropical como Nicaragua, Colombia, Costa Rica, etc.

Según Avilés (2008), el café arábigo es la especie económicamente más importante de café con producciones del 80 al 90% de la producción mundial. En Nicaragua tenemos aproximadamente 180,220 manzanas de café. Se calcula que la actividad cafetalera representa entre el 4% y el 7% del PIB nacional y genera 700 mil empleos de manera directa durante todo el ciclo, de manera indirecta durante la cosecha entre los meses de diciembre a febrero, siendo este cultivo el que más empleos genera en el país.

En el ciclo agrícola 2015 – 2016, se produjo 2.2 millones de quintales oro concentrándose en los departamentos de Jinotega y Matagalpa con una producción de 1, 650,200 de quintales de café oro exportable (INIDE, 2011).

En trabajos de fertilización como el titulado “Producción de almácigos de café en tubetes en tres sustratos y tres tipos de fertilización” propiedad intelectual de Avilés (2008) y “Aplicación de FitoMas – E y Ecomic para la reducción de fertilizantes M en la producción de posturas de cafeto“ de Barroso (2008), se han demostrado bondad de esta práctica mediante la respuesta positiva de los cultivos, sin embargo, los incrementos de rendimiento por el uso de esta práctica han sido muy variable, lo que sugiere se hagan más trabajos en busca de optimizar la capacidad productiva de las cosechas de diferentes cultivos, utilizando la fertilización foliar como un apoyo a la fertilización del suelo.



Arévalo (2008), menciona que un problema de actualidad, es tratar de obtener mayor productividad para satisfacer las necesidades económicas de quienes se dedican a la producción de este rubro, para lo que se hacen grandes aplicaciones de fertilizantes convencionales, lo cual implica altos costos y exceso de nutrientes aplicados, que en lugar de beneficiar cambian las características del suelo y perjudican la nutrición vegetal, al hacer un manejo inadecuado, se deteriora el suelo agrícola y todos los componentes de un agroecosistema (capa freática, ríos, fauna, lagos, etc.).

Es por esta razón que Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) con la cooperación del Proyecto de Adaptación a Cambios en los Mercados y a los Efectos del Cambio Climático en Nicaragua (NICADAPTA), proponen validar tratamiento de agricultura sostenible con enfoque agroecológico y tecnologías que lleguen a equilibrar dinámicamente el suelo y la planta, con esta fórmula multi mineral de bajo costo para los pequeños y medianos productores de la zona. Cabe mencionar que el proyecto NICADAPTA tiene como objetivo principal desarrollar material vegetativo, tecnologías y/o prácticas en manejo agroecológico de los cultivos de café y cacao, adaptadas al cambio climático, para transferirlas a técnicos y productores innovadores,

Esta investigación se realizó en dos localidades del municipio de Jinotega, exactamente en la Finca “Rosario” de la comunidad Apanás y el Centro de Desarrollo Tecnológico CDT San José de Las Latas propiedad del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA).

La presente investigación se basa en evaluar la respuesta de la micorrización en vivero de café y de calcular la relación beneficio – costo que existe, para de esta manera dar a conocer esta alternativa tanto a estudiantes como a productores por medio del INTA, como una tecnología factible y al alcance de la mano del productor, mediante un ensayo experimental en el que se sometieron plántulas de café a tres diferentes tratamientos, siendo estos: 2 en base a dos dosis de micorrizas

arbusculares (5 y 10 gramos respectivamente) y un tratamiento con una dosis de fertilizante edáfico sintético con fórmula 18 – 46 – 00, para así evaluar diferentes indicadores de crecimiento y desarrollo de las plántulas tales como: grosor del tallo, longitud de la raíz, número de hojas, peso de la raíz, etc. Haciendo comparación de los datos obtenidos mediante un análisis de varianza con el programa SPSS versión 22.

## 1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la actualidad para conseguir un aumento en las cosechas y que estas sean económicamente más rentables, se utilizan los fertilizantes, estos productos químicos se encargan de suministrar los minerales ausentes en los suelos, razón por la que son cada vez más utilizados por los agricultores. No obstante se genera una dependencia del uso de ellos para el manejo de una plantación.

Desde la disminución en la producción de algunas cosechas, la fertilización ha sido la primera opción de los productores para regular o sobrepasar esta situación; no obstante la cualidad heterogénea del suelo conlleva a la variabilidad en los rendimientos productivos y por lo tanto este (suelo) precisa distintos niveles de demanda de nutrientes para alcanzar el desarrollo óptimo de las plantas.

Aun así el rubro café hace un uso desmedido de fertilizantes minerales provocando desequilibrios y desbalances en el sistema suelo – planta, por disminución de las actividades microbianas y además se deben tomar en cuenta el efecto residual de los productos químicos.

Tal problemática ha estimulado al rescate de alternativas orgánicas las cuales resultan ser insumos ideales para mantener cosechas sanas, por lo antes mencionado se plantea:

**¿Cuál será el efecto que producirá el uso de micorrizas en el desarrollo de plantas en vivero de café?**

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

Siendo la fertilización una actividad indispensable en el manejo agronómico de una plantación, aun así trae efectos negativos como la degradación del suelo y el desequilibrio en las bases nutricionales del mismo; Arce (2016), menciona que los precios de oferta de café han disminuido en los últimos siete años, esto debido a la calidad del producto. En contraste los costos de producción se han elevado por el alto uso de insumos fertilizantes en las unidades de producción lo cual afecta económicamente al productor.

Es necesario mencionar que Nicaragua aún no está en condiciones de producir en cantidades enormes como países sudamericanos, por el espacio disponible para la práctica de la caficultura que en caso de estos países es sumamente mayor, además, estos presentan condiciones climáticas distintas y diferentes formas de producir (sin sombra).

Por eso con esta investigación se pretende revalidar la micorrización como una práctica orgánica, con el fin de comenzar a cambiar el enfoque del manejo tradicionalista y demostrar con ensayos de muestreo a los productores el papel que esta juega, cuantificando la respuesta a dos dosis de micorrizas en plantas de café tomándolas como muestra y exponiéndolas a la influencia del hongo y sus diferentes efectos notando la diferencia que pueden causar en comparación a un fertilizante sintético, haciendo mediciones en diferentes etapas de desarrollo.

Por último al finalizar la investigación se desea beneficiar al productor innovador mediante la transferencia de conocimientos y despertando el interés en la introducción de esta actividad en su unidad de producción, se beneficiará también a investigadores interesados en esta temática.

## 1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.4.1 Objetivo General:

Evaluar el uso de micorrizas, cuantificando la respuesta en el comportamiento agronómico en la etapa de vivero bajo dos dosis en plantas de café (*Coffea arabica* L.) variedad caturra.

### 1.4.2 Objetivos Específicos:

Determinar el efecto de dos dosis de micorrizas en el comportamiento agronómico de plantas de café en etapa de vivero.

Comparar el desempeño de las micorrizas con respecto a las condiciones climáticas de las zonas en estudio.

Elaborar un análisis económico mediante el índice de rentabilidad (IR), calculada en base al presupuesto parcial obtenido de los costos de aplicación.

## CAPÍTULO II

### 2.1 MARCO REFERENCIAL

#### 2.1.1 Antecedentes

Morera (2001), se planteó evaluar la efectividad del biofertilizante Mycoral en el desarrollo de café en vivero en Zamorano en el periodo entre mayo del 2000 y abril del 2001. Con cuatro tratamientos los cuales fueron: siembra en almácigo o bandeja multiceldas, en un medio tierra: arena: casulla (2:1:0.25) pasteurizado o sin pasteurizar, inoculado o sin inocular con Mycoral, lo que totalizó 8 tratamientos con 4 repeticiones de 10 plantas cada uno en un diseño completamente al azar. Se tomaron datos a los 85 días después de la siembra; resultó en un aumento significativo del peso seco de la planta (25 – 51%), altura de la parte aérea (10 – 20%) y número de raíces secundarias (40 – 50%).

Sánchez (2005), desarrolló un trabajo durante tres campañas de vivero en la localidad El Rincón, Municipio de Manicaragua, Provincia Villa de Cuba a una altura de 340 msnm, con el objetivo de determinar el comportamiento de diferentes especies de hongos formadores de micorrizas vesículo – arbusculares (HMA), sobre la producción de posturas de cafeto en un suelo pardo gleyzoso. Se utilizó un diseño de bloques al azar con 3 réplicas y 16 tratamientos. A los 7 meses de sembradas las posturas se evaluó: altura, diámetro de tallo, número de pares de hojas, área foliar, masa seca aérea, masa seca de la raíz y masa seca total. Se determinó el porcentaje de colonización micorrícica. Los datos se procesaron mediante las técnicas de análisis multivariado, de componentes principales y de análisis jerárquico de conglomerados. Las cepas más eficiente fueron *Glomus fasciculatum* (tratamiento I), *Glomus mosseae* ecotipo I (tratamiento V), *Glomus mosseae* ecotipo II (tratamiento VIII).

Fernández (2008), tuvieron como objetivo evaluar el efecto de la inoculación de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) y las relaciones suelo – humus de lombriz, sobre postura de cafeto en los suelos acrisol, cambisol districo y cambisol eutrico. Se ejecutaron 3 experimentos en condiciones de vivero bajo un diseño factorial completamente aleatorizado, en este evaluaron variables morfológica, fúngicas y nutrimentales. Los resultados demostraron que la inoculación con HMA resultó provechosa, lográndose incrementos en el área foliar entre 6 y 140 % con relación a la plantas no inoculadas. La inoculación micorrícica en los sustratos más adecuados por tipo de suelo incremento significativamente los contenidos nutrimentales, oscilando desde 10 hasta 150 %. Los HMA con mejor respuesta por tipo de suelo fueron: acrisol – cambisol districo (*Glomus clarum*, *Glomus spurcum*) y cambisol eutrico (*Glomus fasciculatum*).

Argueta (2010), en su trabajo titulado “Evaluación de medios de cultivo para vivero de café *Coffea arabica* L. variedad caturra esto en Costa Rica” caracterizó cinco medios de cultivo y un medio testigo, que consistió en la mezcla de suelo, cachaza y aluvión, comúnmente usada para la producción de plantas de cafetos en los viveros. El efecto en el desarrollo de los cafetos se examinó con base en la altura de las plantas, el diámetro de los tallos, número de hojas y el peso fresco y seco del follaje y de raíces. El desarrollo de los cafetos, en la mezcla a base de vermicultura, perlita y musgo, fue similar al obtenido en el medio empleado como testigo. Solo se detectaron diferencias significativas en el diámetro de los tallos y el peso fresco del follaje. El análisis nutricional de las hojas reflejó diferencias significativas para contenido de K, Mg y Mn. En estos dos últimos elementos, la mezcla testigo fue significativamente inferior.

Díaz (2012), desarrolló en la finca comercial de café orgánico y convencional del CATIE, Turrialba, Costa Rica un trabajo con el propósito de evaluar la producción de raíces finas y micorrización en plantas de café bajo diferentes formas de manejo con y sin sombra. Para poder determinar la producción de raíces finas, se utilizó el programa WinRhizo Pro el cual determina la longitud, el diámetro medio, volumen,

clases diamétricas para la longitud y el volumen, número de puntas y cruces. Evaluados con dos profundidades de 0 – 10 centímetros y 10 – 20 centímetros. En la evaluación del porcentaje de micorrizas se hizo la tinción de raíces para poder identificar la presencia o no de micorrizas. El análisis hecho dio como resultado que la mayor producción de raíces finas se encuentra en tratamientos que están a pleno sol y a profundidad de 0 – 10 centímetros, mientras que los tratamientos orgánico y convencionales que poseen árboles de sombra no es significativa. En el caso de porcentajes de micorrizas se demostró que los tratamientos orgánicos son los que mayor colonización presentó, el que mayor efectividad tiene el tratamiento bajo orgánico.

En el vivero de cafeto de la Unidad Empresarial Básica de Puriales, Municipio San Antonio del Sur, Provincia Guantánamo; Barroso (2013), desarrollo 3 experimentos durante 3 campañas de producción de posturas (abril – septiembre/2012, octubre/2012 – marzo/2013, abril – septiembre/2013), con el objetivo de evaluar la aplicación de posturas de cafeto con adecuada calidad agrícola. Los tratamientos por etapa fueron: dosis entre 0.5 y 2 lts ha<sup>-1</sup> de FitoMas, dos sustratos orgánicos con la mejor dosis de FitoMas – E y micorriza simple y combinada, reducciones proporcionales del fertilizante mineral desde un 100% hasta el 25% con la combinación de micorriza y FitoMas – E. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado en parcelas de 1.44 metros cuadrados y muestras de 10 plantas por tratamiento. Se aplicó ANOVA simple, para los experimentos 1 y 3 y ANOVA doble para el experimento 2. Los resultados evidencian el efecto fito estimulante del FitoMas – E sobre crecimiento y desarrollo de postura de cafeto.

Lumbi (2015), realizó una investigación en la comunidad “Los Robles” del municipio de Jinotega titulada “Evaluación del uso de micorrizas en el cultivo de café (*Coffea arábica*) en etapa de producción en la Finca El Peten, tomando como muestra 4 escenarios de 400 metros cuadrados donde el café estaba en asocio con Helequeme + café, guaba + café, poro + café y musáceas + café. Evaluando como variables: uso de micorrizas, nutrición en el suelo de las parcelas, fito sanidad,



rendimientos obtenidos en el cultivo en cuanto a la cantidad de producción, impacto ambiental y relación beneficio – costo. El propósito de la investigación fue evaluar el uso de micorrizas en el cultivo de café usando análisis cromatográfico, el cual es una técnica de análisis cualitativo adaptado de la medicina biodinámica a la agricultura por el doctor Ehrenfried E. P Feiffer (1899 – 1961), para identificar las distintas coloraciones donde se reflejan los minerales, capa húmica, microorganismos, materia orgánica y enzimas presente en el suelo; concluyendo que el uso de micorrizas tienen relación con la salud biológica y fertilidad del suelo ayudan a que haya una simbiosis entre minerales – planta – suelo. De igual forma se pudo constatar que al escenario de Helequeme es al cual mejor se adaptan.

García (2015), en su tema: “Potencialidad de biofertilizantes de micorrizas arbusculares en cultivos ecológicos de invernaderos”, concluyó que el implementar el uso de hongos micorrizas es una de las prácticas más eficientes y amigables con el ambiente, de hecho que es muy económica. El experimento se realizó en invernaderos de cultivos ecológicos como verduras, coles y pepinos aplicando una única dosis de 25 gramos/planta a la mitad del vivero usando la misma fertilización que en el cultivo testigo, se tomaron en cuenta variables de crecimiento y se llevó a nivel de laboratorio para medir las variables de difícil percepción para la vista y el tacto; las cuales afirman que en si las micorrizas propician un mayor aprovechamiento de los fertilizantes y nutrientes del suelo, favorecen una mayor captación de agua, estimulan el crecimiento aéreo y radical de los cultivos, es por esto que se afirma la teoría del autor siendo las micorrizas una opción futurista, amigable en cuanto al ambiente y la producción.

En un ensayo realizado por Goldense (2015), titulado “Uso de micorrizas arbusculares”, elaborado por el mismo, explica la importancia de los hongos micorrizas para la agricultura moderna, y así ha proporcionado una abundante información de la que, para dar idea, basta señalar que son una muy buena alternativa para la obtención de minerales y elementos poco móviles como el fósforo. Este elemento es esencial principalmente para el desarrollo del sistema

radicular de las plantas y otros aspectos a tomar en cuenta según las fases fenológicas del vegetal (fructificación y maduración) es por ello que se aplicaron dosis diferentes de estos hongos a diferentes cultivos en suelos con cantidades variables de fósforo para calcular por medio de análisis de follaje y radículas la cantidad del nutriente absorbido gracias al efecto de la micorrización. El investigador concluyó que las micorrizas o igualan o amplían los rendimientos hasta 70%. De manera correspondiente, se redujo la necesidad de aplicaciones de fertilizantes a base de fósforo hasta 50% menos.

El Instituto Canario de Investigación Agropecuaria, lanzó la primera versión de una guía llamada “Micorrizas arbusculares” tristemente solo se recopiló información de una de ellas por el hecho de no haber continuidad en los estudios por parte del ICIA. La guía explica la necesidad que hay en buscar nuevas alternativas para disminuir el uso de fertilizantes sintéticos y bajar los costos de producción, por ello se implementa la aplicación de hongos micorrizas y de esta manera explicar al público de la región, el rol que estos desempeñan en las plantas (en este caso del cultivo de aguacate) en aspectos de absorción de minerales y los resultados en comparación a cultivos que aún se tratan con una agricultura dependiente de los agro insumos (Vega, 2016).

## 2.2 MARCO TEÓRICO O MARCO CONCEPTUAL

### 2.2.1 Cultivo de Café

El cafeto es un arbusto o árbol pequeño, perennifolio, de fuste recto que puede alcanzar los 10 metros en estado silvestre; en los cultivos se los mantiene normalmente en tamaño más reducido, alrededor de 3 metros. Las hojas son elípticas, oscuras y coriáceas. Florece a partir del tercer o cuarto año de crecimiento, produciendo inflorescencias axilares, fragantes, de color blanco o rosáceo; algunas especies, en especial *Coffea arabica* L., son capaces de auto fertilización, mientras que otras, como *Coffea robusta*, son polinizadas por insectos. El fruto es una drupa, que se desarrolla en unas 15 semanas a partir de la floración; el endospermo comienza a desarrollarse a partir de la duodécima semana, y acumulará materia sólida en el curso de varios meses, atrayendo casi la totalidad de la energía producida por la fotosíntesis. El mesocarpio forma una pulpa dulce y aromática, de color rojizo, que madura en unas 35 semanas desde la floración (WCR, 2016).

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Gentianales
Familia	Rubiaceae
Subfamilia	Ixoroideae
Tribu	Coffeae
Género	Coffea
Especie	Arabica L.

#### Cuadro 1

#### Taxonomía o descripción botánica

Fuente: (WCR, 2016)

### 2.2.2 Variedad Caturra

Variedad encontrada en Minas Gerais, Brasil, posiblemente originada como una mutación de un gene dominante del café Bourbon. El Caturra se caracteriza por ser de porte bajo, tiene entrenudos cortos, tronco grueso y poco ramificado, y ramas laterales abundantes, cortas, con ramificación secundaria, lo que da a la planta un aspecto vigoroso y compacto. Con respecto al Bourbon, en la variedad Caturra las hojas son más grandes, anchas y oscuras, los frutos son también de mayor tamaño, el sistema radical está muy bien desarrollado y es de mayor extensión y densidad.

La adaptabilidad de esta variedad es muy amplia, particularmente en cuanto a altitud y el potencial productivo es muy sobresaliente, ya que a pesar de su tamaño pequeño la cualidad de presentar entrenudos muy cortos y ramificación secundaria abundante, posibilita su alta productividad. Se puede sembrar a una densidad de 5.000 plantas por hectárea, aunque en condiciones muy favorables para el cultivo, la densidad puede ser un poco mayor (WCR, 2016).

### 2.2.3 Condiciones edáficas – climáticas óptimas para la caficultura

#### 2.2.3.1 Suelo

El café prospera en un suelo profundo, bien drenado, que no sea ni demasiado ligero ni demasiado pesado. Los limos volcánicos son ideales. La reacción del suelo debe ser más bien ácida. Una variación del pH de 4,2 - 5,1 se considera lo mejor para el café arábigo en Brasil y para café robusta en el África Oriental (ICAFE, 2014).

#### 2.2.3.2 Altitud

Incide en forma directa sobre los factores de temperatura y precipitación. La altitud óptima para el cultivo de café se localiza entre los 500 y 1,700 msnm. Por encima

de este nivel altitudinal se presentan fuertes limitaciones en relación con el desarrollo de la planta (ICAFE, 2014).

#### 2.2.3.3 Precipitación

La cantidad y distribución de las lluvias durante el año son aspectos muy importantes, para el buen desarrollo del cafeto. Con menos de 1,000 mm anuales, se limita el crecimiento de la planta y por lo tanto la cosecha del año siguiente; además, un período de sequía muy prolongado propicia la defoliación y en última instancia la muerte de la planta. Con precipitaciones mayores de 3,000 mm, la calidad física del café oro y la calidad de taza puede comenzar a verse afectada; además el control fitosanitario de la plantación resulta más difícil y costoso (ICAFE, 2014).

#### 2.2.3.4 Temperatura

La temperatura promedio anual favorable para el cafeto se ubica entre los 17 a 23 grados centígrados. Las temperaturas inferiores a 10 grados centígrados, provocan clorosis y paralización del crecimiento de las hojas jóvenes (ICAFE, 2014).

#### 2.2.3.5 Humedad relativa

Cuando alcanza niveles superiores al 85%, se propicia el ataque de enfermedades fungosas que se ven notablemente favorecidas (ICAFE, 2014).

#### 2.2.3.6 Viento

Fuertes vientos inducen a la desecación y al daño mecánico de tejido vegetal, así mismo favorecen la incidencia de enfermedades. Por esta razón es conveniente escoger terrenos protegidos del viento, o bien establecer rompe vientos para evitar la acción de éste (ICAFE, 2014).

## 2.2.4 Relación entre micorrizas y condiciones edáficas – climáticas

Todas las condiciones edáficas y climáticas mencionadas son las adecuadas para el buen desarrollo del café (*Coffea arabica L.*); pero se debe tomar en cuenta como afectaran estas condiciones al funcionamiento o efecto de las micorrizas sobre el cultivo. Para ello, es necesario mencionar que las micorrizas se presentan en aproximadamente el 90% de las plantas, por lo que se ubica en todos los ecosistemas del mundo y en aquellos que viven en suelos ácidos (pH cercano a 4), en suelos silicosos no calcáreos, bien aireados y ricos en humus (Valles, 2015).

Los encontramos desde las dunas en las líneas costeras, hasta ambientes secos, como los desiertos o los muy húmedos como las selvas lluviosas, así como en los bosques de coníferas.

Las micorrizas pueden ser alteradas por factores externos como el agua (por inundación prolongada), por efecto de las altas temperaturas y acciones toxicas a causa de herbicidas, insecticidas y fungicidas (Valles, 2015).

## 2.2.5 Micorrizas

### 2.2.5.1 Definición

Las micorrizas son una asociación entre algunos hongos del suelo (Zigomicetos) y la raíz de la mayoría de las plantas (90%). La unión entre estos hongos y las raíces tiene la particularidad de que ambos se benefician, esto es una simbiosis, ya que la raíz aprovecha los nutrimentos que el hongo toma del suelo y se los traslada a la planta y a su vez, el hongo toma de la planta el carbono necesario para su desarrollo (Valles, 2015).

En si lo que ocurre es una relación inter – específica entre la planta y el hongo, la cual es meramente simbiótica ya que ninguno de los involucrados es afectado por

el otro, es más se facilitan la obtención de alimento y nutrientes favoreciendo su desarrollo.

El proceso de germinación se inicia cuando las esporas de micorrizas están presentes en el suelo, y las raíces envían la señal. El crecimiento de las hifas o micelio antes de la “infección” a las plantas es el paso siguiente. Al penetrar a las raíces, se forma una estructura llamada apresorio, con la cual se sostienen en las raíces, y posteriormente se inicia la penetración en raíces, el crecimiento de micelios, y la formación de los arbusculos y vesículas (esporas); de tal manera que al existir condiciones adecuadas para las micorrizas, éstas se establecen y ayudan a una mejor absorción de nutrientes en las plantas (Valles, 2015).

En el caso del fósforo inorgánico, este nutriente es obtenido al avanzar la hifa de las micorrizas (área de mayor exploración en el suelo debido a lo extenso de los micelios), la cual lo introduce a la raíz que a su vez lo transfiere a la parte aérea.

#### 2.2.5.2 Micorrización en las plantas

Las plantas deberán ser evaluadas después de que ha pasado el proceso de endurecimiento. Durante las fases de rápido crecimiento juvenil, la nutrición mineral, especialmente con nitrógeno, es extremadamente alta. Esta elevada disponibilidad de fertilizante soluble puede inhibir la mayoría de los hongos en alguna medida. Es común observar la proliferación de micelios y la formación de micorrizas durante el inicio de la etapa de endurecimiento de las plantas. El momento en que se realice la evaluación de la micorrización fuertemente influenciará marcadamente la cantidad de micorrizas observadas (Mina, 2003).

Por tanto, una raíz muy joven no permitirá apreciar el funcionamiento de la micorriza en ella ya que posee altos niveles de nitrógeno y su desarrollo aún está en etapa inicial, luego de la madurez del sistema radicular estos niveles descenderán y se podrá notar si la concentración es alta o baja.

## 2.2.6 Clases de micorrizas

Aproximadamente unas 5,000 especies de hongos con carpóforos (principalmente Basidiomycetes) están asociadas a árboles forestales en regiones boreales y templadas, estableciendo un tipo de micorrizas. Las raíces de los árboles de las selvas tropicales, de los árboles frutales, y de casi la totalidad de las demás plantas verdes están asociadas a hongos inferiores, la mayoría microscópicos y que no producen carpóforos típicos. Estos hongos, aunque presentes en casi todo el planeta, asociados con casi todas las plantas verdes, establecen otro tipo de micorrizas y no pertenecen más que a 6 géneros y alrededor de un centenar de especies. Los dos tipos más comunes, más extendidas y más conocidas son las ectomicorrizas y las endomicorrizas. Cada tipo se distingue sobre la base de la relación de las hifas del hongo con las células radicales del hospedador (Vallés, 2015).

La diferencia entre las endo y ectomicorrizas es la simple penetración en la raíz por parte del hongo en el caso de las endomicorrizas, es de ahí donde derivan sus nombres.

### 2.2.6.1 Ectomicorrizas

Estas se caracterizan por una modificación morfológica de la raíz que pierde sus pelos absorbentes y generalmente los extremos se ramifican profusamente y se acortan ensanchándose.

El extremo de una raíz ectomicorrizada típicamente está cubierta por un manto de hifas, como una vaina, que puede ser desde una capa floja hasta pseudo – parenquimática. Desde este manto se extiende una red de hifas entre las primeras capas de células de la corteza radical y rara vez llegan hasta la endodermis, pero sin entrar en el interior de las células, de aquí el nombre de ectomicorrizas. Esta red se llama "red de Hartig", donde las hifas también pueden tener muy variadas formas.



Desde el manto hacia afuera se extiende la red micelial, incluso llegando a formar cordones especializados en la conducción de sustancias.

Las ectomicorrizas están ampliamente dispersas en la naturaleza y se estima que el 10% de la flora mundial presenta este tipo de asociación. Principalmente las familias Pináceas, Betuláceas, Fagáceas, y también Ericáceas y algunas Mirtáceas, Juglandáceas y Salicáceas.

Los hongos que forman estas micorrizas son en general los conocidos hongos de sombrero, como "amanitas" y "boletos". Solo en Norte América y América Central son más de 2.000 especies, en su mayoría Basidiomycetes y algunos Ascomycetes (trufas).

Muchos de estos hongos pueden ser cultivados en cultivo puro, aislados de su planta huésped (Gómez, 2007).

#### 2.2.6.2 Endomicorrizas arbusculares

El tipo de asociación hongo – raíz más extendido en la naturaleza tal vez sea la llamada endomicorrizas o micorriza arbuscular, formada por ciertos zigomicetos, los cuales no desarrollan red de Hartig y colonizan intracelularmente la corteza de la raíz por medio de estructuras especializadas denominadas arbusculos, que actúan como órganos de intercambio de nutrimentos entre la célula vegetal y el huésped. Algunos géneros de estos hongos forman también otro tipo de estructuras llamadas vesículas, compuestas principalmente por lípidos. Estas vesículas están presentes intercelularmente en la corteza de la raíz y se consideran reservorios de nutrimentos para el hongo. La presencia tanto de arbusculos como de vesículas dio lugar a que la simbiosis se conociera originalmente como vesícula arbuscular (VA), sin embargo, no todas las especies de hongos forman vesículas, por lo que en la actualidad la asociación se conoce como micorriza arbuscular (MA) (Gómez, 2007).

## 2.2.7 Beneficios del uso de micorrizas

### 2.2.7.1 Beneficios ambientales

Para obtener éxito en la simbiosis entre el hongo y la planta, es indispensable hacer una selección de la especie micorrícica a inocular, ya que las diversas especies tienen comportamientos diferentes, dependiendo del hospedante con el que se asocie. Debido a esto, es importante conocer los hongos micorrícicos de agroecosistemas específicos para reintroducirlos en dichos hábitats y promover el crecimiento vegetal, sobre todo en suelos que presentan grados de disturbio.

El uso de este tipo de inoculantes permite disminuir el uso de fertilizantes, satisfaciendo las exigencias ambientales con una relación costo – beneficio viable. Las posibilidades de explotar hongos micorrícicos nativos aislados individualmente o en consorcios, son un beneficio para la agricultura a través de las prácticas de “amigos ecológicos”, que incluyen la manipulación de prácticas agrícolas, rotación de cultivos, buenas prácticas sanitarias y la aplicación de inóculo de grupos nativos, que han sido validadas y recomendadas para el uso integral de la producción agrícola (Abud, 2011).

El uso de micorrizas es parte de las buenas prácticas agrícolas por el hecho de contribuir a la reducción de los efectos negativos al ambiente, utilizando insumos externos generalmente químicos, sino que reducen los costos de producción ya que el propio productor las puede obtener.

### 2.2.7.2 Beneficios agronómicos

Las micorrizas absorben azúcares de la raíz de las plantas e introducen nutrimentos como el fósforo, nitrógeno, potasio, calcio, azufre, zinc, entre otros en su sistema vascular. Presentan un papel decisivo en la absorción del fósforo mineral, el cual es poco asimilable.

Diferentes microorganismos tienen efectos positivos en el crecimiento y desarrollo de distintos cultivos (ej. *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Frankia*, *Azotobacter*, etc.), como alternativa para la nutrición de las plantas, la defensa de los suelos contra la degradación y la protección fitosanitaria de los cultivos, entre otros (Abud, 2011).

Por los beneficios anteriores, las micorrizas son microorganismos que tienen un efecto positivo ante el estrés en las plantas.

Cuando los cultivos están bajo condiciones de estrés hídrico se observa un mayor contenido de proteínas. De ésta forma se comprueba que ante una situación de estrés se produce un adelanto en la síntesis de proteínas de alto peso molecular en las plantas no micorrizadas. Por tanto el patrón proteico de determinadas proteínas puede verse alterado en estadíos tempranos del desarrollo de frutos, por ejemplo, en plantas micorrizadas se frena este efecto.

La micorrización podría atenuar las alteraciones provocadas por la falta de agua y mejorar la capacidad de resistencia al estrés. Es importante, además mencionar que las micorrizas tienen una función en la mejora de absorción de agua y nutrientes por las plantas. Estas ventajas se logran con las micorrizas gracias a que facilitan una adecuada evapotranspiración de la planta y un mejor funcionamiento fisiológico de ésta al aumentar la ramificación y crecimiento de las raíces, alargar las células (mayor eficiencia), e incrementar la superficie de exploración de las raíces, ya que la combinación de millones de hifas es muy superior a la de una planta no micorrizada (Abud, 2011).

Las micorrizas hacen más eficiente el sistema radical de las plantas, pues son capaces de alcanzar, a mayor distancia, nutrimentos y agua en lugares donde las raíces no podrían llegar. Este beneficio hace que las plantas sean más eficientes antes situaciones de estrés hídrico. Gracias a la mayor asimilación ya no solo de agua, sino de nutrimentos (minerales, sales, etc.) facilita un aumento en la producción y una mayor calidad biológica (Abud, 2011).

El uso de micorrizas en los cultivos provoca en éstos, de manera general, un marcado incremento en los procesos de absorción y translocación de nutrimentos. Además, estos microorganismos en el suelo tienen la capacidad de movilizar una gran cantidad de nutrimentos que antes no estaban disponibles para las plantas. En términos muy generales, las micorrizas ayudan a mejorar la fertilidad de los suelos (Abud, 2011).

### 2.2.7.3 Otros beneficios

Las micorrizas son deseables en suelos afectados por metales pesados, ya que se ha comprobado que en suelos afectados por estos metales, las plantas micorrizadas poseen mayor resistencia, gracias a la capacidad que obtiene para inmovilizar los metales en la raíz, con lo cual impiden que dichos metales pasen a la parte aérea de la planta (INTAGRI, 2001).

En pocas palabras todos los beneficios mencionados anteriormente están ligados a la práctica del trasplante de las plántulas a un campo definitivo, porque es en este momento donde la planta estará bajo el diferente estrés y la adaptación a un nuevo terreno. Una planta micorrizada tendrá mayor capacidad de sobrepasar esta situación, además que tendrán mejor protección ante daños mecánicos en la raíz.

Las micorrizas también tienen un efecto favorable en las plantas ante situaciones de estrés biótico, es decir, cuando las plantas están sufriendo algún daño por algún otro organismo en el suelo, o incluso otras plantas están interfiriendo en el crecimiento de la planta micorrizada. Por todos los beneficios mencionados anteriormente, entonces, las micorrizas hacen a las plantas mucho más eficientes y competitivas en un mismo medio. Las micorrizas mejoran la resistencia de las plantas a enfermedades, pues al estar mejor nutridas se promueve una mayor resistencia frente a organismos patógenos, mejorando su salud sin la aplicación de agroquímicos.

Algunos hongos producen antibióticos que inhiben a los patógenos de la raíz, otros generan hifas, creando así una barrera física que ofrece una protección al huésped ante patógenos, entre otros mecanismos (INTAGRI, 2001).

## 2.2.8 Semillero

### 2.2.8.1 Definición

Se le llama así al área de terreno preparado y acondicionado, especialmente para colocar las semillas, con la finalidad de inducir la germinación con las mejores condiciones y cuidados a objeto de que pueda crecer sin dificultad hasta que la planta esté lista para el trasplante en bolsa o a campo definitivo.

Este debe estar situadas en una zona con condiciones agroecológicas y edáficas favorables para su establecimiento, al igual que ubicado en un área donde no haya encharcamiento ni riesgos de contaminación a través de aguas superficiales.

La duración óptima para el trasplante del semillero debe ser de 45 a 60 días.

Se debe garantizar que al trasplantar la plántula en estado de fosforito o popa, esta posea un sistema radicular completo, bien formado y sano (MIFIC, 2014).

### 2.2.9 Selección de la semilla:

Según MIFIC (2014), la selección de la semilla se realiza manualmente en zarandas, de esta manera se eliminan las semillas no aptas para el establecimiento del semillero, entre éstos tipos de semillas se encuentran:

#### 2.2.9.1 Semillas anormales

Son llamadas así las malformaciones físicas que presenta la semilla de café en un lote determinado (MIFIC, 2014).

#### 2.2.9.2 Semillas caracol

Es la semilla de café verde de forma casi oval, resultante del desarrollo de una sola semilla en el fruto (MIFIC, 2014).

#### 2.2.9.3 Semillas monstruo o elefante

Es el conjunto generalmente de dos semillas resultantes de una falsa poliembrionía (MIFIC, 2014).

#### 2.2.9.4 Semillas triángulo

Es la semilla de tres caras (MIFIC, 2014).

#### 2.2.9.5 Semillas vanas

Toda semilla que carece de endosperma y durante el proceso de acondicionamiento no pasa la prueba de flotación (MIFIC, 2014).

#### 2.2.10 Fases fenológicas del café en la etapa de semillero

##### 2.2.10.1 Estado de grapa

Se refiere a una plántula al comienzo de la germinación antes de que los cotiledones emerjan a la superficie exhibiendo parte del talluelo de manera encorvada, esto ocurre entre los 35 y 45 días después de la siembra (MIFIC, 2014).

### 2.2.10.2 Estado de fosforito

Estadío siguiente al estado de grapa donde la plántula emergida aun no presenta las hojas cotiledóneas, esto ocurre entre los 45 y 55 días después de la siembra.

### 2.2.10.3 Estado popa

La plántula presenta las hojas cotiledonales completamente expandidas, esto ocurre entre los 55 y 60 días después de la siembra (MIFIC, 2014).

## 2.2.11 Vivero

### 2.2.11.1 Definición

El vivero es un conjunto de instalaciones que tiene como propósito fundamental la producción de plantas. Como hemos visto, la producción de material vegetativo en estos sitios constituye el mejor medio para seleccionar, producir y propagar masivamente especies útiles al hombre (MIFIC, 2014).

Con el propósito de lograr que un mayor número de plantas sobreviva a esta etapa se utilizan instalaciones especiales en las que se manejan los requisitos ambientales y se proporcionan las condiciones de crecimiento más favorables para que las nuevas plantas continúen su desarrollo y adquieran la fortaleza necesaria para trasplantarlas al lugar en el cual pasarán el resto de su vida (Tórrez, 2003).

En síntesis, un vivero es el lugar que proporciona temporalmente las condiciones adecuadas y favorables para el desarrollo vegetativo de las plantas para luego estas ser establecidas en el campo libre o en el campo productivo.

El desarrollo de viveros de café en bolsa es una opción para producir plantas en menor tiempo y con características que le permiten soportar mejor el estrés

asociado al trasplante en el campo. Esta tecnología permite un uso más intensivo de los recursos involucrados en la producción como son, riego, terreno e insumos (Piñuela, 2013).

#### 2.2.12 Ventajas que tiene un vivero

Existe una cantidad considerable de ventajas al crear un vivero con diferentes fines (productivos y de atracción), como anteriormente se mencionó provee condiciones adecuadas para el crecimiento y nutrición vegetal.

- Intensificación de la producción
- Aumento de los rendimientos
- Menores costos de producción
- Uso eficiente de los productos
- Posibilidad de cultivar todo el año
- Mayor control de plagas y enfermedades (MSC invernaderos<sup>®</sup>, 2017).

#### 2.2.13 Características que debe tener un terreno para establecer un vivero

Piñuela (2013), señala que el terreno debe reunir las siguientes características:

- Condiciones climáticas, similares a las del sitio de plantación.
- Terrenos planos y con buen drenaje. Cuando son terrenos con pendiente se deben construir terrazas.
- Fuente de agua cercana, ya que se requiere abundante agua para el riego de las plantas y el lavado de las herramientas de trabajo.
- Vías de acceso cercanas, a fin de facilitar la salida de las plantas y el ingreso de insumos y materiales. Esto es muy importante cuando se producen grandes cantidades de plantas.
- Cercanía al sitio de plantación, de la vivienda y de algún poblado para facilitar el acceso de la mano de obra.



- Sombra, sin exceso.

## 2.2.14 Principales componentes del vivero

### 2.2.14.1 Sustrato

- El sustrato debe garantizar una buena nutrición inicial de la planta y tener condiciones físicas que permitan un buen desarrollo del sistema radical.
- El sustrato que se recomienda debe estar constituido por suelo bien suelto, granza de arroz y abono orgánico bien descompuesto mezclados en las proporciones que se indican en el cuadro adjunto (Fertilab, 2014).

Suelo	50% del volumen
Abono orgánico (Lombriz compost)	25% del volumen
Granza de arroz	25% del volumen

#### **Cuadro 2**

##### **Componentes de un sustrato**

Fuente: (Fertilab, 2014).

### 2.2.14.2 Bolsas

El tamaño de la bolsa debe estar en función del clima de la zona y de la duración de la planta en el vivero. Para almácigos de 9 meses se puede utilizar tamaños de 15.2 centímetros x 20.32 centímetros (6 x 8 pulgadas) y de 13.97 centímetros x 16.51 centímetros (5.5 x 6.5 pulgadas) (Fertilab, 2014).

## 2.2.15 Importancia del sistema radicular

La mitad oculta de las plantas, su sistema radical es el encargado de satisfacer diferentes requerimientos, como su anclaje en el sustrato, la adquisición y el transporte de los recursos del suelo (agua y nutrientes esenciales), además del

almacenamiento de los mismos. La nutrición mineral de las plantas está en buena medida bajo control genético porque la arquitectura de la raíz determina el volumen de suelo disponible para la extracción de agua, nutrimentos y porque el funcionamiento de los transportadores en las membranas de las células radicales representa un proceso fisiológico altamente regulado por la actividad de los genes e influenciado por múltiples factores ambientales (Fertilab, 2014).

En cuanto al sistema radicular, este facilita la entrada principal de la nutrición para las plantas, además de mantenerlas rígidas y ancladas al suelo. Hablar de la raíz es referirse a una de las más importantes partes del cuerpo vegetal por el hecho de ser multifuncional.

#### 2.2.16 Ventajas de un buen sistema radicular

Un buen sistema radicular, con muchos pelos absorbentes es la base imprescindible para una buena cosecha. Del sistema radicular y su potencial de renovación depende la asimilación de los nutrientes para un constante y continuo desarrollo vegetativo, que permita llegar a cabo una cosecha óptima y de alta calidad (INTAGRI, 2001).

##### 2.2.16.1 Anclaje

Considerada como una de las funciones principales al explorar grandes profundidades. Se establece una red de sostén que puede soportar el crecimiento de la planta y condiciones adversas como vientos fuertes (INTAGRI, 2001).

##### 2.2.16.2 Extracción de agua

La presencia de agua al igual que con muchos organismos es fundamental, sirve como vehículo para el transporte de nutrientes y funciona como medio para la mayoría de reacciones bioquímicas en la planta (INTAGRI, 2001).

### 2.2.16.3 Extracción de nutrientes

Es la vía por donde las plantas toman todos los nutrientes minerales que necesitan para su crecimiento y desarrollo (INTAGRI, 2001).

Para asegurar que las plantas a comercializar o a manipular para diversas actividades son de calidad, estas deben de tener un muy buen sistema radicular, éste mismo en un estado vigoroso proporciona las funciones antes mencionadas a una manera excepcional, por lo cual los resultados serán visibles y muy satisfactorios en cuanto a las plantas.

## 2.3 MARCO LEGAL

Esta investigación fue realizada conforme a lo establecido en:

La Ley No. 765, Reglamento de la Ley de fomento a la producción agroecológica” u orgánica, aprobada en enero de 2012, da a conocer su reglamento y procedimientos que faciliten y aseguren la correcta aplicación de dicha ley, creando un registro de los productores agroecológicos u orgánicos del país que cumplan los debidos requisitos para la obtención de un sello que de constancia que los productos provienen de fincas agroecológicas u orgánicas creando distinción en ellas.

La Ley No. 217, (Ley general del medio ambiente y los recurso naturales), que tiene como objetivo establecer las normas para la conservación, protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente y los recursos naturales que lo integran, fomentando el uso racional de la cuencas hídricas y a conservación y no degradación del suelo.

NTON 11 045 – 14, (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense de certificación de semilla sexual de café) la cual da a conocer los procedimientos, requisitos, especificaciones fito sanitarias y de calidad que se deben cumplir en la producción, acondicionamiento, almacenamiento, distribución y comercialización para la certificación de semilla sexual. Aplicando a toda persona natural o jurídica, pública o privada que realice actividades de producción de semilla de café, quedando la aplicación y vigilancia de esta norma a cargo del Instituto de Protección y Seguridad Agropecuaria (IPSA), a través del departamento de semillas.

## 2.4 HIPÓTESIS

### 2.4.1 Hipótesis General

Ho: Las plantas micorrizadas no presentarán diferencia significativa en cuanto a los indicadores de crecimiento en comparación al testigo (18 – 46 – 00).

H1: Las plantas micorrizadas presentarán diferencia significativa en cuanto a los indicadores de crecimiento en comparación al testigo (18 – 46 – 00).

### 2.4.2 Hipótesis específicas

Ho: El tratamiento 2 (10 gramos/planta) presentará mejores resultados en cuanto a los indicadores de crecimiento, todo ello en comparación al tratamiento 1 (5 gramos/planta).

H1: El tratamiento 1 (5 gramos/planta) presentará mejores resultados en cuanto a los indicadores de crecimiento, todo ello en comparación al tratamiento 2 (10 gramos/planta).

Ho: Ambas zonas presentarán resultados parecidos en cuanto al desempeño de las micorrizas en base a los comportamientos de las plantas de café.

H1: Las zonas presentarán resultados diferentes en cuanto al desempeño de las micorrizas en base al comportamiento de las plantas de café.

Ho: El Índice de rentabilidad mediante el presupuesto parcial en esta investigación será rentable para un pequeño productor.

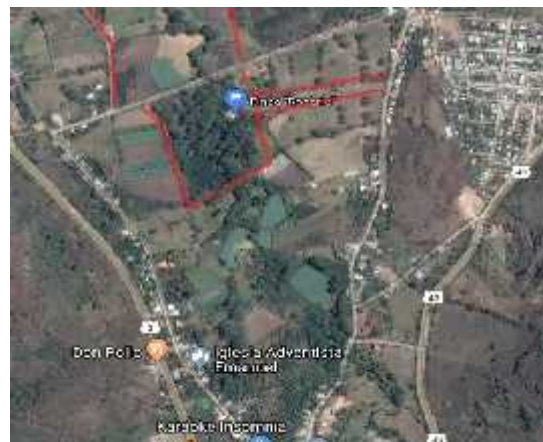
H1: El Índice de rentabilidad mediante el presupuesto parcial en esta investigación no será rentable para un pequeño productor.

## CAPÍTULO III

### 3.1 DISEÑO METODOLÓGICO O MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1.1 Ubicación del estudio

El estudio se titula “Validación de dosis de micorrizas en el desarrollo de plantas en vivero de café”, se realizó en dos localidades del municipio de Jinotega, exactamente en la Finca “Rosario” de la Comunidad Llano de la Cruz, en Apanás y el Centro de Desarrollo Tecnológico (CDT) en San José de las Latas, propiedad del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). Ambos sitios en el municipio de Jinotega, Departamento de Jinotega.



**Figura 1**

**Finca Rosario, Comunidad Llano de la Cruz, Apanás**

Fuente: Google Maps by Google Inc.

La Finca Rosario se encuentra en las coordenadas 13°08'00.8" Latitud Norte (LN) y 86°00'36.1" Longitud Oeste (LW).

La Finca Rosario al ubicarse en la Comunidad Llano de la Cruz, Apanás, es de fácil acceso ya que el sitio se ubica a unos 6 km de la cabecera departamental.

Posee un clima tropical de altura, que corresponde a zonas localizadas en altura superior a los 1,000 msnm. Se trata de una región en la que están presentes las modificaciones originadas por la altitud, aunque se pueden reconocer las características del clima zonal, las precipitaciones aumentan y las temperaturas se sitúan entre 10 grados centígrados en la época lluviosa y 25 grados centígrados en el verano (WeatherOnline, 2018).



**Figura 2**

**San José de Las Latas, INTA**

Fuente: Google Maps by Google Inc.

El Centro de Desarrollo Tecnológico (CDT), se encuentra en las coordenadas 13°03'10.6" LN y 85°56'15.5" LW, ubicado en la Comunidad de San José de Las Latas Km 145 carretera Matagalpa – Jinotega.

La Estación se encuentra a 1,200 msnm, con un clima tropical de altura, 8 meses de lluvia, un promedio de 1,800 mm por año y temperaturas entre los 15 y 18 grados centígrados en la época lluviosa y hasta 22 grados centígrados en el verano, apropiado para hortalizas de altura como zanahoria, lechuga, remolacha y la práctica de la caficultura (INTA, 2015).

Debido a la altura del lugar se presentan ráfagas de viento promedio de entre 12 y 16 km/h. Por el hecho de poseer un clima tropical de altura muy húmedo en el invierno se presentan de igual manera porcentajes de humedad relativa de hasta un 65% (WeatherOnline, 2018).

### 3.1.2 Tipo de Estudio

#### 3.1.2.1 Tipo de enfoque

Es del tipo cuali – cuantitativo porque es una investigación experimental en la cual se evaluaron un conjunto de indicadores mediante la metodología de un diseño experimental de un bloque completamente al azar con unidades pareadas.

#### 3.1.2.2 Según su alcance

Se realizó un estudio analítico – predictivo, en primera instancia porque se pretendió cuantificar y determinar la respuesta de las plantas de café en el vivero sometidas a diferentes dosis de micorrizas y al mismo tiempo se establecieron relaciones entre indicadores del cultivo. En segundo lugar predictivo, con el objetivo de predecir la dirección futura de los eventos investigados ya que se formularon hipótesis de acuerdo a cada uno de los objetivos que se pretendían comprobar con esta investigación.

#### 3.1.2.3 Según su corte o momento de investigación

La investigación es de corte transversal porque se estudió el fenómeno en un tiempo determinado el cual comprende el periodo entre Diciembre del 2017 y Mayo del 2018.



### 3.1.3 Diseño experimental

El estudio se llevó a cabo con unidades experimentales pareadas (igual tamaño de área y manejo agronómico), cada localidad representa una repetición, con el objetivo de comparar los resultados de las tecnológicas alternativas versus la del productor en los diferentes ambientes a evaluar.

Se utilizó el modelo de adaptabilidad ambiental y análisis de riesgo, propuesto por Russell (1996) que según ellos: El análisis de la adaptabilidad, es un procedimiento para el diseño, análisis, e interpretación de ensayos realizados a nivel de finca que tengan el objetivo de evaluar nuevas tecnologías además de difundir las recomendaciones resultantes.

Este método participativo, puede servir como base para un programa completo de extensión e investigación en la finca. El análisis de adaptabilidad, proporciona una metodología para resolver los problemas en tecnología agrícola a todas las categorías de agricultores en cualquier comunidad con la finalidad de determinar la relación entre el rendimiento y el ambiente de cada cultivar.

Esta metodología permitió la presentación comparativa de los indicadores definidos en resultados gráficos. También se realizó el respectivo análisis de varianza (ANDEVA) usando como herramienta de cálculo el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS versión 22).

### 3.1.4 Tratamientos

Tratamientos	Dosis Aplicados
tratamiento 1 (T1)	5 gramos micorriza p/planta
tratamiento 2 (T2)	10 gramos micorriza p/planta
tratamiento 3 o testigo (T3)	testigo del Productor (18 – 46 – 00)

#### **Cuadro 3**

##### **Tratamientos evaluados**

Fuente: Asignada para esta investigación por dirección del INTA

En el cuadro anterior se muestran las dosis elegidas para realizar el experimento, cabe mencionar que para tomar la decisión de evaluar las dosis se consultó y se compararon diferentes ensayos relacionados con la temática. Entre los trabajos consultados resalta MYCOSYM (2014), el cual recomienda dosis entre 6 y 12 gramos/planta para la etapa de vivero de café ya que al incrementar las dosis conllevaría a un aumento en los costos y ya no sería factible para los productores. De igual manera el precio del kilogramo de micorriza ya inoculada puede ser muy alto en el mercado nacional encontrándose desde los \$ 12.50, aunque la inoculación propia por parte del productor es más rentable pocos poseen el conocimiento para llevarlo a cabo.

Por lo antes mencionado se llegó a la conclusión de que una dosis acercada a la de la metodología antes mencionada es la mejor para esta investigación.

#### 3.1.4.1 Descripción de los tratamientos

Los insumos necesarios para llevar a cabo esta investigación fueron proporcionados por el laboratorio de Agro – Biotecnología del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA sede central).

Se realizaron aplicaciones de micorrizas manteniendo las mismas dosis estipuladas (5 gramos/planta para el tratamiento 1 y 10 gramos/planta para el tratamiento 2), cada quince días durante cuatro meses para un total de 8 aplicaciones. Cabe mencionar la primera aplicación se realizó al momento del establecimiento del vivero.

En cuanto al tratamiento 3 (testigo), este consiste en el fertilizante que comúnmente utiliza el productor (18 – 46 – 00) este fue aplicado en una dosis de 15 gramos/planta, durante los cuatro meses en etapa de vivero con la misma frecuencia de 15 días.

### 3.1.5 Indicadores medidos

Se programaron cuatro mediciones para este experimento, cada una en un intervalo de tiempo de 30 días, esto empezándose a contar desde el día de establecimiento del vivero hasta los cien días después de establecido. En cada una de las mediciones se consideraron 10 plantas de manera aleatoria por cada uno de los tratamientos incluyendo al testigo en ambas localidades para un total de 30 plantas por sitio.

#### 3.1.5.1 Número de hojas

Se contabilizó la cantidad de hojas verdaderas desde su aparición hasta la finalización del experimento.

#### 3.1.5.2 Numero de cruces

Se contabilizó el número de par de hojas verdaderas desde su aparición hasta la finalización del experimento.

### 3.1.5.3 Tamaño de hoja (Largo y Ancho)

Se tomó la medida de cada una de las hojas de las planta seleccionadas, tanto el ancho como el largo de la misma desde la base hasta el peciolo. La herramienta de trabajo utilizada para esta labor fue un Vernier Caliper metálico de 30 centímetros de largo.

### 3.1.5.4 Tamaño y grosor del tallo

Se tomaron la medida del tallo, tanto longitudinal (largo) como diametral (grosor), para una mejor comprensión al comparar un tratamiento con otro. La herramienta de trabajo utilizada para esta labor fue un Vernier Caliper metálico de 30 centímetros de largo.

### 3.1.5.5 Altura de la planta

Medir el crecimiento de las plantas es un procedimiento muy sencillo que puede hacerse en poco tiempo, para ello se utilizó como herramienta de medición un Vernier Caliper metálico de 30 centímetros de largo, procurando que empiece desde cero a nivel del suelo hasta el último extremo del follaje.

### 3.1.5.4 Tamaño de la raíz

Para esta medición se trató de extender lo más posible el sistema radicular de la planta sobre una superficie plana y con un fondo adecuado en color para distinguir la medida exacta de este. La herramienta de trabajo utilizada para esta labor fue un Vernier Caliper metálico de 30 centímetros de largo.

### 3.1.5.5 Peso de raíz

En cuanto a este indicador solo se hizo una medición durante cada levantamiento de datos del experimento (a los 35, 65 y 100 días después del trasplante del semillero al vivero). Para tomar datos concretos de este indicador, las raíces se limpiaron para evitar alteraciones en el peso por partículas de sustrato.

### 3.1.6 Población y muestra

La población estuvo constituida por las plantas de café en bolsa de vivero que se establecieron en ambos sitios como parte del experimento. La muestra fueron las plantas (10 por cada tratamiento, 30 por sitio de estudio, para un total de 60 en ambos experimentos) con un tipo de muestreo al azar en el cual todos elementos de la muestra tenían la probabilidad de ser seleccionados.

### 3.1.7 Análisis Económico

El análisis económico consistió en utilizar el presupuesto parcial propuesto; en este análisis económico, se registraron los costos de las actividades del manejo agronómico haciendo contraste en los diferentes escenarios tomando como referencia ambos tratamientos micorrícicos y el testigo con fertilizante sintético, en base a una producción de 10,000 plántulas.

### 3.1.8 Operacionalización de variables

Objetivo	Variable Conceptual	Subvariable	Indicador	Técnica
Determinar el efecto de dos dosis de micorrizas en el comportamiento agronómico de plantas de café en etapa de vivero.	Cultivo de café	Condiciones Edáficas – Climáticas	Suelo	Recopilación de documentos web  Libros y revistas (Bibliotecas)
			Altitud	
			Precipitación	
			Temperatura	
			Humedad	
			Viento	
	Micorriza	Variedad	V. caturra	
			Definición	
		Clases	Ectomicorrizas	
			Endomicorrizas	
		Beneficios	Ambientales	
			Agronómicos	
	Económicos			
	Vivero	Definición	-	
			Ventajas	
			Características	
Importancia				

Comparar el desempeño de las micorrizas con respecto a las condiciones climáticas de las zonas en estudio.	Micorrización	Condiciones climáticas	Resultados de las variables a medir	-
Elaborar análisis económico mediante el índice de rentabilidad (IR), calculada en base al presupuesto parcial obtenido de costos de aplicación.	Análisis económico	Índice de rentabilidad	-	Presupuesto parcial obtenido

**Cuadro 4**

**Operacionalización de variables**

## CAPÍTULO IV

### 4.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En esta investigación se logró cuantificar el efecto de dos dosis de micorrizas en cuanto al comportamiento agronómico en café caturra en etapa de vivero en dos localidades diferentes, correspondientes al Centro de Desarrollo Tecnológico CDT San José de Las Latas (sitio 1) y Finca “Rosario”, Apanás (sitio 2).

Las repeticiones experimentales (viveros) se establecieron de la manera más homogénea posible para así facilitar su comparación, para esto se tomaron como indicadores el comportamiento agronómico de las plantas influenciadas por los diferentes tratamientos evaluados. Tales tratamientos fueron: tratamiento 1 (5 gramos micorriza), tratamiento 2 (10 gramos micorriza), tratamiento 3 (Testigo del productor 18 – 46 – 00), y los indicadores medidos y comparados fueron: número de hojas, número de cruces, largo y ancho de la hoja, longitud y grosor del tallo, altura de la planta, tamaño y peso de la raíz.

#### 4.1.1 Análisis de varianza estadística entre indicadores medidos

		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Número de Hojas	Entre grupos	.200	2	.100	.103	.902
	Dentro de grupos	26.100	27	.967		
	Total	26.300	29			
Números de cruces	Entre grupos	.067	2	.033	.130	.878
	Dentro de grupos	6.900	27	.256		
	Total	6.967	29			



Largo de la Hoja	Entre grupos	1.765	2	.882	.918	.411
	Dentro de grupos	25.952	27	.961		
	Total	27.717	29			
Ancho de la Hoja	Entre grupos	.583	2	.292	1.514	.238
	Dentro de grupos	5.201	27	.193		
	Total	5.784	29			
Longitud del Tallo	Entre grupos	.401	2	.200	.873	.429
	Dentro de grupos	6.194	27	.229		
	Total	6.595	29			
Grosor del Tallo	Entre grupos	.000	2	.000	.000	1.000
	Dentro de grupos	.000	27	.000		
	Total	.000	29			
Altura de la Planta	Entre grupos	1.393	2	.696	1.423	.259
	Dentro de grupos	13.214	27	.489		
	Total	14.607	29			
Tamaño de la Raíz	Entre grupos	1.629	2	.814	.126	.882
	Dentro de grupos	174.770	27	6.473		
	Total	176.399	29			
Peso de la Raíz	Entre grupos	.019	2	.009	.176	.839
	Dentro de grupos	1.428	27	.053		
	Total	1.447	29			

#### Cuadro 5

#### Análisis de varianza

Fuente: Elaborado en SPSS Versión 22

Finalizado el periodo propuesto para la evaluación de las dosis micorrícicas, en ambos sitios, se analizaron estadísticamente los promedios de cada uno de los indicadores antes mencionados, obteniendo como resultados con una significación (Sig.) mayor al 0.05 ( $P > 0.05$ ) en cada uno de los indicadores descritos; de esta

manera se acepta la hipótesis general nula; por lo tanto las plantas micorrizadas no presentaron diferencia estadística significativa en cuanto a los indicadores de crecimiento en comparación al testigo (18 – 46 – 00).

Cabe mencionar, que al no encontrarse diferencia significativa estadística, para una mejor comprensión se compararon aritméticamente los resultados de los tratamientos y sitios mediante gráficos basados en las medias que representan las variaciones existentes entre cada uno de ellos.

#### 4.1.2 Generalidades de la planta

A continuación se muestran los resultados promedios, provenientes de la última medición de cada uno de los indicadores elegidos para esta investigación:

Para este análisis se etiquetaron los tratamientos de la siguiente manera:

- Como T1: tratamiento 1 (5 gramos micorriza/planta)
- Como T2: tratamiento 2 (10 gramos micorriza/planta)
- Como T3: tratamiento 3 o testigo (18 – 46 – 00 15 gramos/planta)

De igual manera se etiquetaron los sitios como:

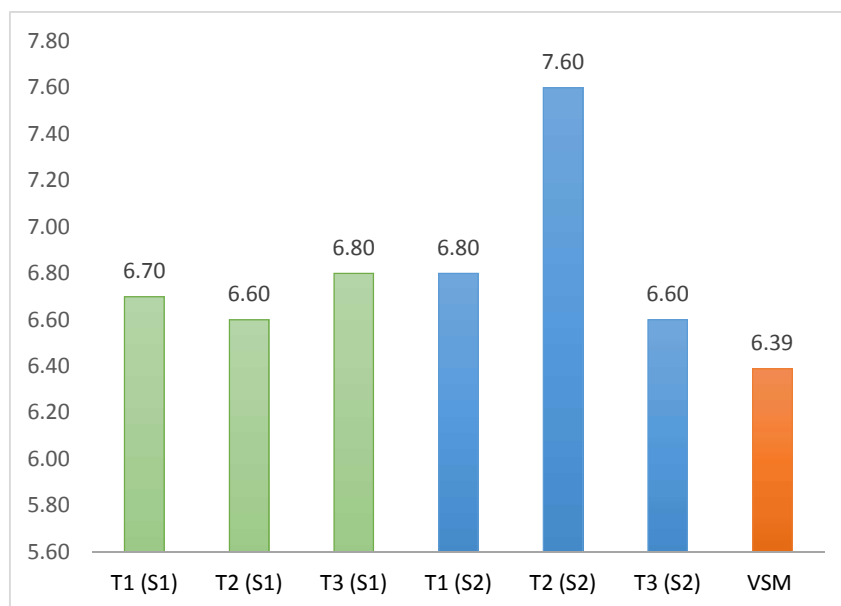
- S1: Centro de desarrollo tecnológico CDT San José de Las latas
- S2: Finca Rosario

A la vez se otorgaron colores en los gráficos para estos, siendo el color verde para el sitio 1 y azul para el sitio 2 respectivamente.

De igual manera se compararon todos los valores obtenidos para esta investigación con los valores reales que debería tener una plántula de café en condiciones similares, estipuladas en los estudios realizados por Pérez & Gutiérrez (2011),

Hernández, Sevilla, & Pineda (2014) y Aguilar (2002); estos fueron etiquetados en los gráficos como VSM (Valor según metodología).

#### 4.1.2.1 Número de hojas



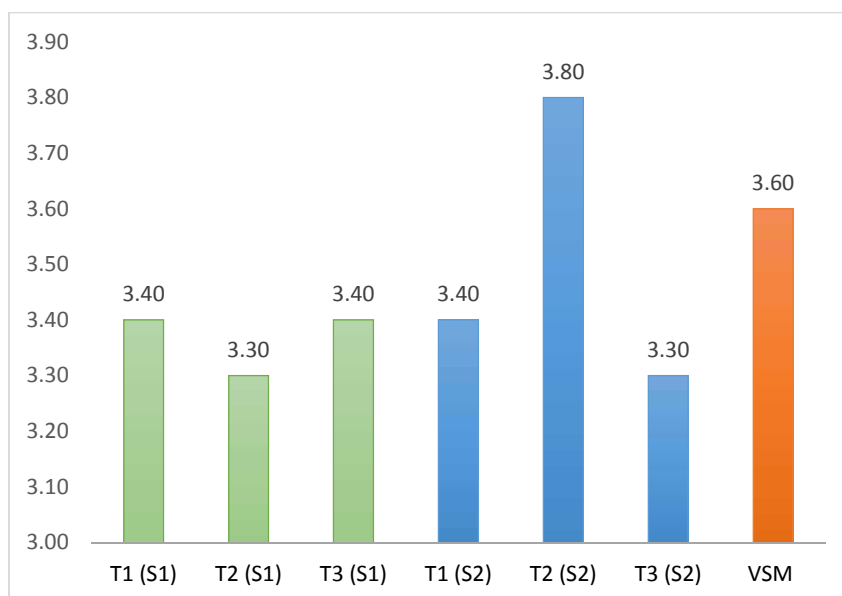
**Figura 3**  
**Número de hojas**

Las hojas de una planta son las responsables de tres importantes funciones: Respiración, Fotosíntesis y Transpiración, es por esto que este indicador, es importante para el comportamiento agronómico no solo en la etapa de vivero sino para la sobrevivencia o el desarrollo de las plantas.

La figura 3, representa las medias correspondiente al número de hojas que presentaron las plantas de café en cada tratamiento, se puede notar que la cantidad máxima de hojas se presentaron en las plantas del tratamiento 2 del sitio 2, en cambio su homólogo (tratamiento 2 del sitio 1) no pudo superar el valor alcanzado por el Testigo, notándose que los valores del sitio 1 presentaron homogeneidad en contraste a los del sitio 2.

En diferentes estudios realizados por Pérez & Gutiérrez (2011), Hernández, Sevilla, & Pineda (2014) y Aguilar (2002), se establece que el valor en cuanto a la cantidad de hojas promedio es de 6.39, cien días después de establecimiento del vivero; es decir, que los resultados de los tratamientos sin importar el sitio superaron esta condición.

#### 4.1.2.2 Número de cruces



**Figura 4**  
**Número de Cruces**

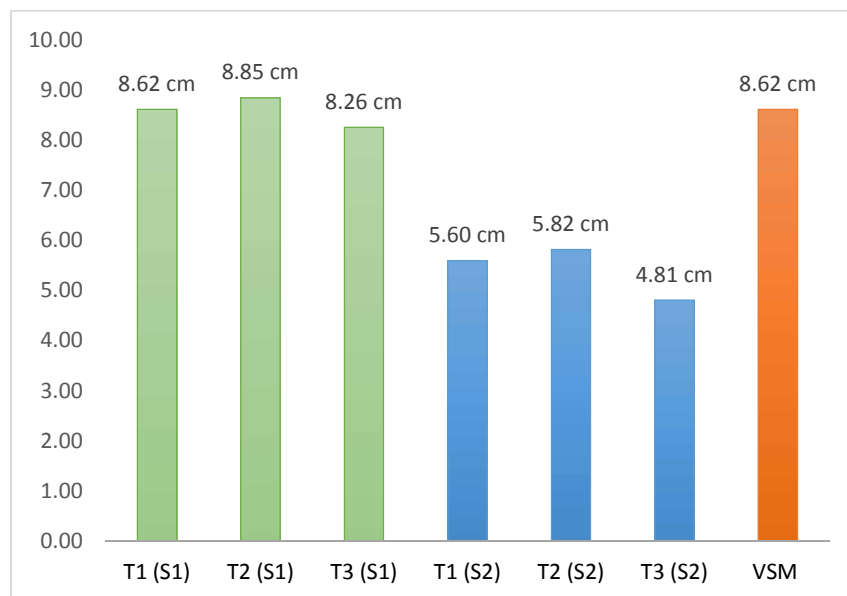
El número de cruces o ramas pares (en este caso par de hojas por la edad del cultivo) constituye un factor determinante en la evaluación. Además de ser un indicativo de rendimientos productivos en plantas en edad de cosecha, en la etapa de vivero indican que una planta es vigorosa y elegible para el establecimiento en campo definitivo.

Por la relación que posee este indicador con el número de hojas por planta los rendimientos o respuestas de los tratamientos fueron similares, dominando el

tratamiento 2 en el sitio 2 con un valor máximo de 3.80 centímetros; pero siendo el menor en el sitio 1 aunque esto haya sido por poca diferencia.

Poca diferencia también existe entre los promedios de los tratamientos y el parámetro encontrado en los estudios de Pérez & Gutiérrez (2011), Hernández, Sevilla, & Pineda (2014) y Aguilar (2002), que representan este dato en las hojas en diferentes edades de las plántulas durante la etapa de vivero.

#### 4.1.2.3 Largo de la hoja



**Figura 5**  
**Largo de la hoja (Centímetros)**

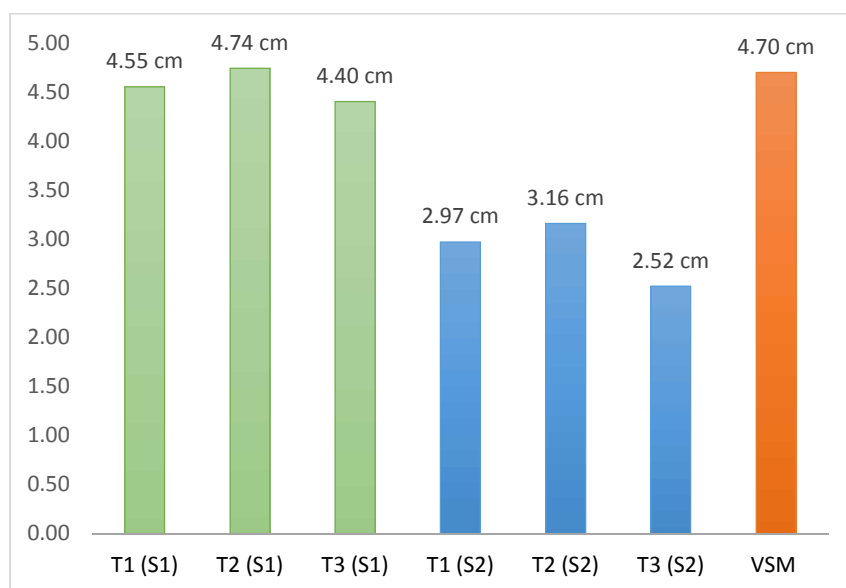
Este indicador es sumamente importante en la planta, ya que en conjunto con el ancho de la hoja determinan el área foliar. El tener mayor área foliar representa una gran oportunidad de captación de energía u otros compuestos útiles para mejorar la actividad fotosintética siendo importante para la planta.

Con respecto al promedio del largo de las hojas, encontrados en la medición correspondiente a los 100 días después del establecimiento, se nota superioridad

en los resultados del sitio 1 en todos los tratamientos en comparación al sitio 2; no obstante en cada sitio el superior en lo que respecta a tratamiento contra tratamiento el tratamiento 2 presentó promedio más alto en ambos sitios.

Según Pérez & Gutiérrez (2011), Hernández, Sevilla, & Pineda (2014) y Aguilar (2002), los 8.62 centímetros de longitud de la hoja se tomaría como un promedio positivo a alcanzar en la generalidad de las plántulas; por su parte todo el sitio 1 presentó resultados por debajo de este, pero siendo aceptables en cuanto a su proximidad ya que si se compara con los valores del sitio 2 estos otros están por debajo del límite permisible.

#### 4.1.2.4 Ancho de la hoja

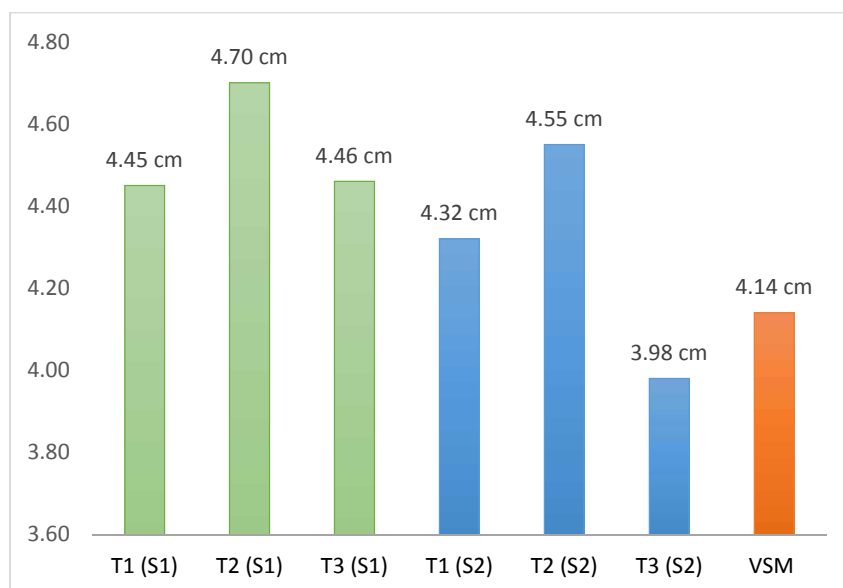


**Figura 6**  
**Ancho de la hoja (Centímetros)**

La gran relación que tiene con el largo de la hoja hace que este indicador tenga la misma importancia por el hecho de pertenecer a la misma estructura (hoja).

Sin duda en ambos sitios el tratamiento 2, presentó mejores resultados en cuanto a este indicador, con respecto al testigo bajo la influencia del fertilizante sintético los resultados fueron menores y en contraste con los estudios realizados por Pérez & Gutiérrez (2011), Hernández, Sevilla, & Pineda (2014) y Aguilar (2002), solo el valor máximo (tratamiento 2, sitio 1) se asemeja a los valores encontrados por los autores.

#### 4.1.2.5 Tamaño del tallo



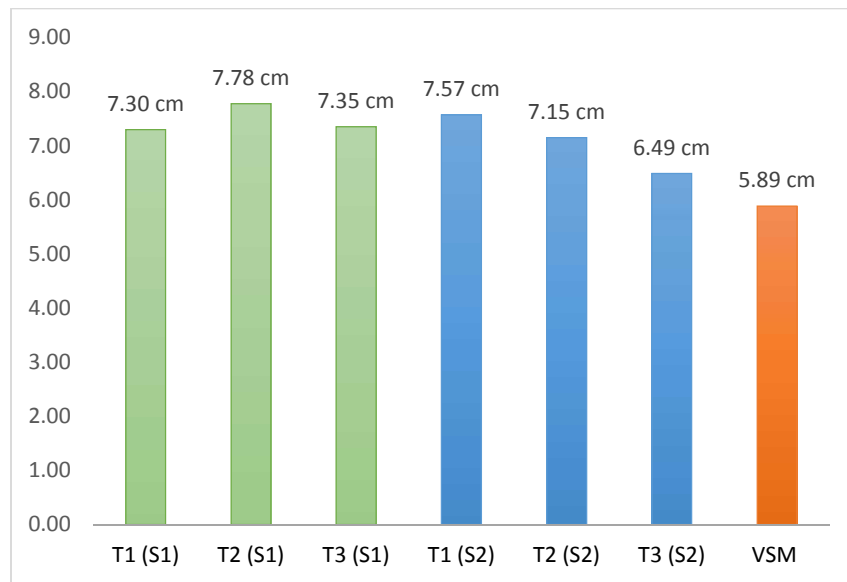
**Figura 7**  
**Tamaño del Tallo (Centímetros)**

El tamaño del tallo para una planta en vivero juega un papel importante, con ello se puede referir o caracterizar a una planta más sana y vigorosa en comparación a las demás para una selección por parte del productor.

En la figura 7, se observan los valores máximos equivalentes a 4.70 y 4.55 centímetros correspondiente a cada uno de los tratamientos 2 del sitio 1 y sitio 2 respectivamente; por otra parte del tratamiento 1 solo fue superior al testigo en el sitio 2 ya que en el sitio 1 el testigo superó ligeramente al tratamiento 1.

Con respecto al valor según la metodología (VSM) de Pérez & Gutiérrez (2011), Hernández, Sevilla, & Pineda (2014) y Aguilar (2002), los resultados de los tratamientos de ambos sitios lograron superar esta condición exceptuando, al testigo del sitio 2.

#### 4.1.2.6 Altura de la planta



**Figura 8**  
**Altura de la planta (Centímetros)**

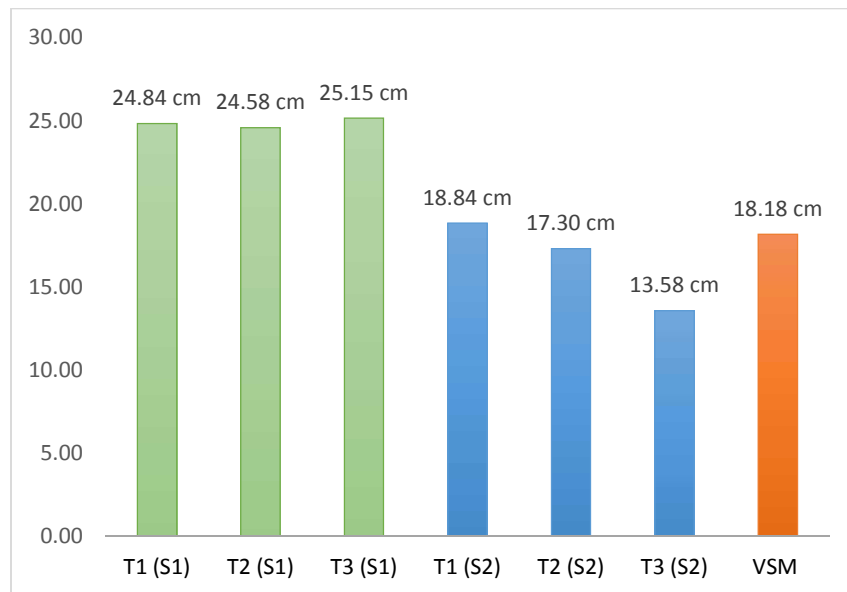
Al igual que la altura del tallo representa el potencial físico de una planta, no obstante la altura abarca parte del follaje conocido como cogollo; razón que facilita la identificación de plantas superiores.

La figura 8, representa la media de altura de plántulas de café, la cantidad máxima de altura la obtuvieron las plántulas correspondientes al sitio 1 siendo el tratamiento 2 el que obtuvo el mayor valor. En el caso del sitio 2 el tratamiento que obtuvo mejores resultados fue el tratamiento 1.



Ambos tratamientos obtuvieron mejores resultados en cuanto a su testigo, al igual que sobrepasaron los valores descritos por Pérez & Gutiérrez (2011), Hernández, Sevilla, & Pineda (2014) y Aguilar (2002), de acuerdo al tamaño que presentaron en edad de vivero.

#### 4.1.2.7 Tamaño de la raíz



**Figura 9**  
**Tamaño de la raíz (Centímetros)**

Además, de la función de anclaje y sostén de las plantas, las raíces en conjunto facilitan la obtención de líquidos y nutrientes (en este caso tratamientos) disponibles en el sustrato o terreno definitivo. Cabe destacar que a mayor longitud radicular tendrán mayor alcance y un óptimo aprovechamiento de estos recursos.

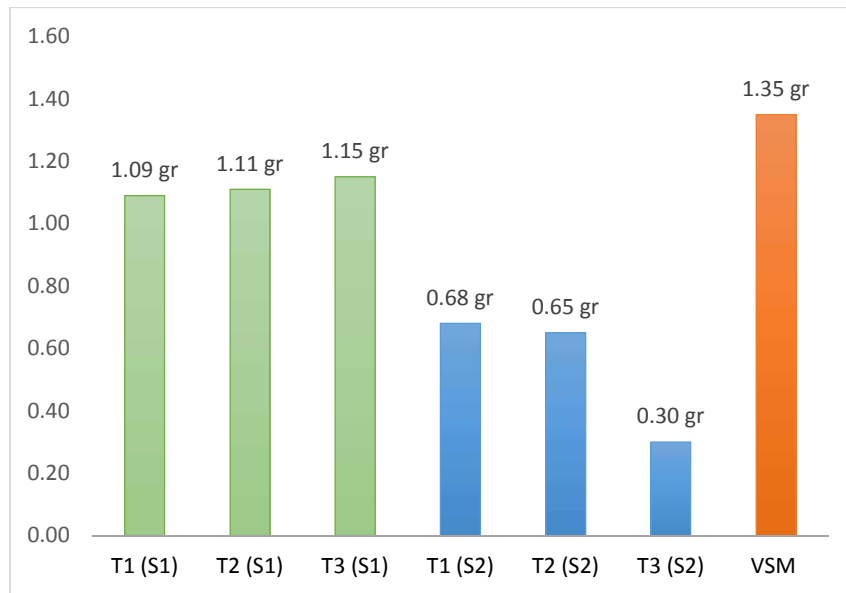
Como se refleja en el gráfico siete, es notable el dominio de los tratamientos del sitio 1 en comparación a los de sitio 2, encontrándose como valor máximo el Testigo (25.15 centímetros) y el tratamiento 1 (18.84 centímetros) respectivamente.

Para el indicador largo de la raíz, en el sitio 1 los tratamientos y el testigo presentaron valores muy próximos en cuanto a un valor numérico, siendo de aproximadamente 0.41 centímetros la diferencia entre cada uno de los tratamientos. En el caso de los tratamientos del sitio 2, se presentó el mayor valor para este indicador en el tratamiento 1 y una diferencia de más de 2 centímetros promedio en comparación a los demás tratamientos de este sitio.

En cuanto a los valores propuestos en las investigaciones de Pérez & Gutiérrez (2011), Hernández, Sevilla, & Pineda (2014) y Aguilar (2002), para la longitud de raíz, las plántulas del sitio 1 sin importar el tratamiento superaron en más de 6 cm al valor propuesto, a diferencia de las del sitio 2 donde solo el tratamiento 1 sobrepasó por escasos 0.66 centímetros.

Adecuándose al indicador anterior (altura de la planta) y según Müller (2013), el valor numérico para longitud de la raíz puede desde triplicar hasta sextuplicar el valor de la altura de la planta.

#### 4.1.2.8 Peso de la raíz



**Figura 10**

#### **Peso de la raíz (Gramos)**

Si una planta presenta abundancia de raíces y pelos radiculares, es capaz de absorber una mayor cantidad de nutrientes, generalmente, será más vigorosa y productiva. El peso de la raíz se ve influenciado por la abundancia de las mismas, a más cantidad de raíces mayor peso.

Para este indicador así como presenta la figura 10, la altura media dominante está representada con mayores valores en el sitio 1, siendo dominante el testigo (1.15 gramos) aunque cabe destacar que el desempeño de los tratamientos fue muy similar siendo de 0.03 gramos la diferencia entre cada uno de ellos.

Para los tratamientos del sitio 2 el valor máximo lo obtuvo el tratamiento 1, con un 0.03 gramos, superior al tratamiento 2 y 0.30 gramos mayor a su testigo.

El valor correspondiente al peso de la raíz presentado en ambos sitios por parte de cada uno de los tratamientos fue inferior en comparación a lo descrito en los

estudios de Pérez & Gutiérrez (2011), Hernández, Sevilla, & Pineda (2014) y Aguilar (2002) que mencionan a los cien días de establecimiento del vivero el valor promedio del peso de raíz es equivalente a 1.35 gramos.

#### 4.1.3 Contraste de las medias para cada indicador en ambos sitios

Indicadores	Valor		Unidad de medida
	sitio 1	sitio 2	
Numero de hojas	6.65	7.20	Unidad
Numero de cruces	3.35	3.60	Unidad
Largo de la hoja	8.74	5.71	Centímetros
Ancho de la hoja	4.65	3.07	Centímetros
Largo del tallo	4.58	4.44	Centímetros
Grosor del tallo	0.2	0.2	Centímetros
Altura de la planta	7.54	7.36	Centímetros
Tamaño de la raíz	24.71	18.07	Centímetros
Peso de la raíz	1.10	0.67	Gramos

**Cuadro 6**  
**Comparación entre sitios**

En el cuadro anterior, se muestran las medias de los resultados de los tratamientos para cada uno de los indicadores en cada uno de los sitios. De los nueve indicadores evaluados para el comportamiento agronómico de las plántulas de café, la mayoría (seis indicadores), se presentan en el sitio 1, y con respecto al indicador número de hojas y número de cruces, la diferencia fue mínima; con esto se puede notar que el rendimiento o funcionalidad de los hongos micorrícicos fue más propicio bajo las condiciones climáticas que presento el Centro de Desarrollo Tecnológico CDT, ubicado en la Comunidad San José de Las Latas sienta estas una altura a 1,200 msnm, con un clima tropical de altura, 8 meses de lluvia, un promedio de 1,800 mm

por año y temperaturas entre los 15 - 18 grados centígrados en la época lluviosa y hasta 22 grados centígrados en el verano.

La densidad de las esporas y el grado de colonización de hongos micorrizas son afectados por las condiciones climáticas. Generalmente en época de sequía se tiende a encontrar un promedio mayor en el conteo de las esporas con respecto a los que se presentan en épocas lluviosas, mientras que en ambientes más húmedos favorece la germinación de esporas y mantienen un sistema de infección alta por mayor actividad fotosintética de la planta (Montaño,2009).

Por lo antes descrito, y lo encontrado en CLIMATE (2018), las condiciones propicia pertenecen a un clima tropical, el cual se presenta en ambas localidades.

Aun así en ambos sitios, las micorrizas pudieron competir con el fertilizante sintético, dato que es importante para la investigación, por ello se procedió a identificar la rentabilidad económica que supone la introducción de esta práctica a las unidades de producción.

#### 4.1.4 Rentabilidad económica

Insumos	U/M	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total		
				T1	T2	T3
Semilla de café	lb	6.5	\$ 12.50	\$ 81.22	\$ 81.22	\$ 81.22
Carbendazim	lts	3	\$ 5.94	\$ 17.81	\$ 17.81	\$ 17.81
Klamic	kg	0.5	\$ 93.72	\$ 46.86	\$ 46.86	\$ 46.86
Cal	qq	2	\$ 26.55	\$ 53.11	\$ 53.11	\$ 53.11
Arena de río	m <sup>3</sup>	2	\$ 24.99	\$ 49.98	\$ 49.98	\$ 49.98
Fertilizantes	lb	330	\$ 0.25			\$ 82.47
Micorrizas	kg	100	\$ 12.50	\$ 624.80	\$ 1,249.61	
Materiales ferreteros	u	-	\$ 15.31	\$ 15.31	\$ 15.31	\$ 15.31
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 889.10</b>	<b>\$ 1,513.90</b>	<b>\$ 346.77</b>

#### Cuadro 7

##### Materiales y Costos

\* Los valores están dados en Dólares Estadounidenses (\$)

El presupuesto presentado en el cuadro, fue elaborado en base a 10,000 plantas para una mejor comprensión a nivel de producciones mayores, esta investigación se realizó en base a aproximadamente 399 plantas (133 plantas por tratamiento).

Se utilizaron los mismos precios de insumos adaptados a las cantidades utilizadas en cuanto al número de plantas antes descritas (10,000), cabe destacar que este presupuesto se elaboró tomando como referencia todos los tratamientos, al igual que se comparó con el testigo experimental (Costo total T3).

Nótese que la diferencia entre costos totales es significativa por parte de la aplicación de micorrizas en comparación a la del fertilizante, para un pequeño

productor; pero este valor llega a ser nulo ya que lo que se pretende es orientar la propia inoculación de los hongos micorrícicos desde la misma unidad de producción, teniendo como consecuencia un costo accesible a los gastos de producción ya que lo único que se necesita es la transferencia de este conocimiento. Opinamos que la mejor tecnología (efectividad, costo, beneficio, impactos) es la que ha tenido al productor como participante durante todo el proceso de generación de dicha tecnología. Estas tecnologías son adoptadas en poco tiempo por el agricultor, se generalizan o sea se vuelven común en el manejo de una plantación y perduran.

## CAPITULO V

### 5.1 CONCLUSIONES

En cuanto al uso de micorrizas y la respuesta de las plántulas de café la dosis sugerida es 10 gramos/planta equivalente al tratamiento 2 de esta investigación, aunque en el análisis de varianza no se encontró diferencias estadísticas significativas, aritméticamente si se observaron.

Los tratamientos 1 y 2 (5 y 10 gramos/planta respectivamente) presentaron un efecto superior con respecto al testigo (18 – 46 – 00); siendo el tratamiento 2 el que presentó los mejores resultados

El clima tropical, la altura entre 1,000 – 1,200 msnm, con temperaturas de 18 – 22 grados centígrados y un promedio de 1,800 mm de lluvia anual resultaron propicios para el buen desempeño de los hongos micorrícicos.

El costo de la tecnología resulta no rentable, se sugiere reproducirla a nivel de finca y así dichos costos no se reflejarían de esta manera.



## 5.2 RECOMENDACIONES

Por lo descrito en la investigación, presentando los mejores resultados se recomienda una dosis de 10 gramos micorriza/planta para viveros de café.

En cuanto al sustrato se recomienda que este debe ser desinfectado para evitar plagas, enfermedades y semillas de malas hierbas, debe ser fácil de mezclar al igual que tiene que ser lo más homogéneo posible para evitar sesgos debido a su composición. Con un sustrato homogéneo podemos garantizar una buena retención de agua y nutrientes.

También este sustrato debe estar constituido por las mismas proporciones o cantidades de cada uno de sus componentes en cada uno de los sitios donde se desee experimentar.

Como Ingenieros, Técnicos de campo y Estudiantes, la transferencia del conocimiento a pequeños productores acerca de micorrizas tanto su uso, aplicación y reproducción por ser una tecnología costosa de introducción; pero necesaria por ser amigable con el medio ambiente.

Se sugiere para investigaciones futuras tomar en cuenta dosis mayores o variedades de café (*Coffea arabica* L.) diferentes a la variedad caturra para la comparación entre resultados.

Se propone la previa capacitación de los productores sobre esta práctica no sólo para ampliar sus experiencias y conocimientos sino la introducción de la micorrización en sus procesos productivos.

Por ser un tema con poca información instamos a los centros de estudio y experimentales, construir parcelas demostrativas para una mejor comprensión de esta tecnología.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abud, Y. C. (2011). Beneficios de los hongos micorrizicos arbusculares en la agricultura. *Saber Más*, 43.
- Aguilar, M. A. (2002). Interacción de plantas de cafe fertilizadas con fósforo e inoculadas con hongos micorrizicos arbusculares y *Phoma costarricensis* Echandi. En M. A. Aguilar. Tecoman, Colombia. Recuperado el 10 de Junio de 2018
- Arce, R. (Septiembre de 2016). *Competitividad y sostenibilidad del cafe en Nicaragua*. Recuperado el 3 de Marzo de 2018, de <http://expoapen.apen.org.ni/wp-content/uploads/2016/09/7.-Competitividad-y-Sostenibilidad-del-Caf%C3%A9-en-Nicaragua.pdf>
- Arevalo, G. (Noviembre de 2008). Calidad y Manejo de Suelos en la zona de Chinandega y León, Nicaragua. *Calidad y Manejo de Suelos*, 34. Recuperado el 12 de Marzo de 2018
- Argueta, F. d. (Junio de 2010). *Evaluación de medios de cultivo para vivero de café Coffea arabica L. variedad caturra*. Recuperado el 12 de Marzo de 2018, de Evaluación de medios de cultivo para vivero de café Coffea arabica L. variedad caturra: <http://www.mag.go.cr>
- Avilés, J. L. (Noviembre de 2008). Producción de almácigos de café en tubetes en tres sustratos y tres tipos de fertilización. *Producción de almácigos de café en tubetes en tres sustratos y tres tipos*, 20. Recuperado el 12 de Marzo de 2018
- Byerlee, D. (1998). La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. En D. Byerlee, *Manual metodológico de evaluación económica*

(pág. 68). Mexico DF, Mexico DF, Mexico: CIMMYT. Recuperado el 12 de Marzo de 2018

Ciro Sanchez, E. M. (2005). *Comportamiento de 15 cepas de hongo micorrizogenos (HMA) sobre el desarrollo de posturas de cafeto en un suelo pardo gleyzoso*. Manicaragua, Villa de Cuba. Recuperado el 10 de Marzo de 2018

CLIMATE, D. (2018). *CLIMATE - DATA*. Obtenido de CLIMATE - DATA: <https://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/>

Diaz, L. T. (2012). *Producción de raíces finas y micorrización en café cultivado bajo sistema convencional y orgánico en Turrialba, Costa Rica*. Turrialba. Recuperado el 10 de Marzo de 2018

Fernandez, F. (2008). *Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares y diferentes relaciones suelo : humus de lombris sobre el crecimiento de cafeto catuai bajo la etapa de vivero*. San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba. Recuperado el 10 de Marzo de 2018

Fertilab. (2014). *Importancia del sistema radicular de las plantas*. Obtenido de Importancia del sistema radicular de las plantas: <https://www.fertilab.com.mx/sitio/Vista/sistema-radical.php>

García, A. G. (Mayo de 2015). Potencialidad de biofertilizantes de micorrizas arbusculares en cultivos ecológicos de invernaderos. *Potencialidad de biofertilizantes de micorrizas arbusculares en cultivos ecologicos de invernaderos*, 7. Recuperado el 15 de Enero de 2018, de [www.agroecologia.com.es](http://www.agroecologia.com.es)

Goldense, D. (7 de Noviembre de 2015). Uso de Micorrizas en el suelo. 7. Recuperado el 15 de Enero de 2018, de [www.hortalizas.com.mx](http://www.hortalizas.com.mx)

Gómez, L. A. (Noviembre de 2007). Micorrizas arbusculares. *CIENCIA ergo sum*.  
Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/104/10414307.pdf>

Hernández, J. V., Sevilla, G. C., & Pineda, J. A. (2014). Efectos de tres fertilizantes foliares orgánicos en el desarrollo vegetativo de plántulas de café, V pacamara. En J. V. Hernández, G. C. Sevilla, & J. A. Pineda, *Efectos de tres fertilizantes foliares orgánicos en el desarrollo vegetativo de plántulas de café, V pacamara*. Jinotega. Recuperado el 30 de Mayo de 2018

ICAFFE. (Junio de 2014). Instituto del Café de Costa Rica. *Manejo del cultivo de café*. Heredia, Heredia, Costa Rica. Recuperado el 17 de Enero de 2018, de <http://www.icafe.cr/>

INIDE/MAGFOR. (16 de Junio de 2011). IV Censo Nacional Agropecuario CENAGRO. *IV Censo Nacional Agropecuario CENAGRO*, 70. Recuperado el 12 de Marzo de 2018

INTA. (20 de Mayo de 2015). *Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuaria*. Recuperado el 27 de Septiembre de 2018, de Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuaria: <http://www.inta.gob.ni/index.php/es/80-sample-data-articles/articulos?start=15>

Intagri. (2001). *Beneficios de las Micorrizas sobre el Estrés en Plantas*. Obtenido de Beneficios de las Micorrizas sobre el Estrés en Plantas: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/beneficios-de-las-micorrizas-sobre-el-estres-en-plantas>

Lumbi, N. Z. (2015). *Evaluación del uso de micorrizas en el cultivo de café (Coffea arabica) en etapa de producción en la finca El Petén comunidad Los Robles-Jinotega, Nicaragua, primer semestre 2015*. Jinotega.

Luperio Barroso, M. A. (2013). *Aplicación de FitoMas- E y Ecomic para la reducción del consumo de fertilizante M en la producción de posturas de cafeto*. Guantánamo. Recuperado el 11 de Marzo de 2018

MIFIC. (28 de Agosto de 2014). Certificación de la semilla asexual y establecimiento de semilleros y viveros de café. *Norma Técnica Obligatoria Nicaraguense 11 045 - 14, 14*. Recuperado el 12 de Marzo de 2018

Mina, J. (2003). *Patología forestal*. Obtenido de Patología forestal: [http://www.patologiaforestal.com/descargas/Micorrizas\\_Generalidades.pdf](http://www.patologiaforestal.com/descargas/Micorrizas_Generalidades.pdf)

Morera, J. L. (2001). *Efecto del biofertilizante Mycoral (micorriza arbuscular) en el desarrollo del café (Coffea arábica) en el vivero en Zamorano, Honduras*. Zamorano. Recuperado el 11 de Marzo de 2018

MSC invernaderos. (27 de Enero de 2017). *Grupomsc*. Obtenido de Grupomsc: <http://grupomsc.com/6-ventajas-del-cultivo-invernadero/>

Müller, M. S. (2013). Crecimiento y relación Raíz - Tallo en plántones de cinco especies forestales durante la fase de vivero en Tingo María. En M. S. Müller, (pág. 63). Tingo María, Perú, Perú. Recuperado el 14 de Junio de 2018

MYCOSYM. (2014). *Mycosym.com*. Obtenido de Plants Vitalising Systems: [www.mycosym.com](http://www.mycosym.com)

Pérez, M. C., & Gutiérrez, O. G. (2011). Evaluación de sustratos para la producción de las plántulas de café. En M. C. Pérez, & O. G. Gutiérrez, Managua. Recuperado el 19 de Abril de 2018

Piñuela, A. (Julio de 2013). *Researchgate*. Obtenido de Researchgate:  
[https://www.researchgate.net/publication/278679789\\_GUIA\\_PARA\\_EL\\_ES  
TABLECIMIENTO\\_Y\\_MANEJO\\_DE\\_VIVEROS\\_AGROFORESTALES](https://www.researchgate.net/publication/278679789_GUIA_PARA_EL_ES_TABLECIMIENTO_Y_MANEJO_DE_VIVEROS_AGROFORESTALES)

Russell, H. &. (1996). Enfoque integrado de investigación y extensión en sistemas agropecuarios. AGRIS.

Torréz, G. (2003). *Biblioteca virtual*. Obtenido de Biblioteca virtual:  
[http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/s  
ec\\_7.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/sec_7.htm)

Vallés, L. (5 de Junio de 2015). Micorrizas. *MEFFCA*. Obtenido de  
<http://cdoc.economiafamiliar.gob.ni/2015/06/05/concepto-de-micorrizas/>

Vega, M. J. (2016). Micorrizas Arbusculares. En M. J. Vega, *Aplicaciones practicas de micorrizas sobre aguacates* (Vol. 1, pág. 15). Las Palmas de Gran Canaria, Islas Canarias, España: ICIA. Recuperado el 15 de Enero de 2018, de [www.ICIA.es](http://www.ICIA.es)

WCR. (2016). Las variedades de café de Mesoamerica y El Caribe. En W. C. Research, *Historia del Cafe* (pág. 70). Houston, Texas, USA: 5728 John Kimbrough College station. Recuperado el 17 de Enero de 2018, de [www.worldcoffeeresearch.org](http://www.worldcoffeeresearch.org)

WeatherOnline. (27 de Septiembre de 2018). *WeatherOnline*. Recuperado el 27 de Septiembre de 2018, de WeatherOnline:  
<https://www.weatheronline.mx/weather/maps/city>

**ANEXOS**

Anexo 1 Datos generales del productor y del sitio

No.	Nombre del productor	Departamento	Municipio	Comunidad	Responsable
1					
2					

Altitud (msnm)		
Área del vivero		
Datos pluviométricos		
Coordenadas Geográficas	LN:	LW:

Anexo 2 Plano de campo (distribución de los tratamientos)

<b>Tratamiento 1</b>	<b>Tratamiento 2</b>	<b>Testigo</b>
<b>5 gramos/micorriza</b>	<b>10 gramos/micorriza</b>	<b>Aplic. 18 - 46 - 00</b>
		<b>15 gramos/diluido/foliar</b>







Anexo 4 Formato para la toma de datos

Identificación	TTO	Indicador								
		AP (cm)	TT (cm)	DT (cm)	TR (cm)	PR (gr)	NH (u)	NCZ (u)	TH	
									LH	AH
P.1										
P.2										
P.3										
P.4										
P.5										
P.6										
P.7										
P.8										
P.9										
P.10										

AP: Altura de la Planta

TT: Tamaño del Tallo

DT: Diámetro del Tallo

TR: Tamaño de la Raíz

PR: Peso de la Raíz

NH: Número de Hojas

NC: Número de Cruces

TH: Tamaño de Hojas

LH: Largo de la Hoja

AH: Ancho de la Hoja

P: Planta

TTO: tratamiento

cm: Centímetros

gr: Gramos

u: Unidad

Anexo 5 Promedios finales (cada medición)

Fecha	Indicadores	Unidad de medida	Promedio
	Altura de la planta	Centímetros (Cm)	
	Tamaño del tallo	Centímetros (Cm)	
	Numero de hojas	Unidad	
	Numero de cruces	Unidad	
	Diámetro del tallo	Centímetros (Cm <sup>3</sup> )	
	Peso de la raíz	Gramos	
	Tamaño de la Raíz	Centímetros (Cm)	
	Largo de la Hoja	Centímetros (Cm)	
	Ancho de la Hoja	Centímetros (Cm)	

Observaciones generales

---

---

---

---

---

---

---

---

## Anexo 6 Presupuesto de Investigación

### Memoria de Calculo

Línea de investigación: Manejo Agronómico

Temática: Validación de dos dosis de micorrizas en el desarrollo de las plantas en vivero de café (*Coffea arabica L.*), variedad Caturra en dos localidades del municipio de Jinotega, periodo 2017 – 2018

Nombre comercial	Unidad de medida y presentación	Cantidad	Costo Unitario \$	Costo total \$
<b>Semilla</b>				
Semilla de café certificado	libra	1	\$ 12.50	\$ 12.50
Variedad Caturra				
Sub total semilla				\$ 12.50
<b>Insumos</b>				
Fertilizantes				
Nutriente verde (foliar)	litro	2	\$ 15.00	\$ 30.00
Sub total Fertilizantes				\$ 30.00
Fungicidas				
Carbendazim	litro	2	\$ 5.94	\$ 11.88
Sub total fungicidas				\$ 11.88
Nematicidas				
Klamic	caja de 250 gramos	2	\$ 23.43	\$ 46.86
Sub total Nematicidas				\$ 46.86
Sub total Insumos				\$ 88.74
<b>Materiales de campo</b>				
Micorrizas	bolsa de 100 gramos	8	\$ 12.50	\$ 100.00
Cal	quintal	1	\$ 26.56	\$ 26.56
Sub total materiales de campo				\$ 126.56

<b>Materiales de ferretería</b>				
Arena de rio	metro	1	\$ 25.00	\$ 25.00
Regadera metálica	unidad	2	\$ 14.06	\$ 28.12
Sub total materiales de ferretería				\$ 53.12
<b>Materiales plásticos</b>				
balde plástico	unidad	2	\$ 4.53	\$ 9.06
bolsas para vivero	unidad	1,000	\$ 0.005	\$ 5.00
Sub total materiales plásticos				\$ 14.06
<b>Ferretería</b>				
Palin cafetero	Unidad	2	\$ 7.50	\$ 15.00
Pala	Unidad	2	\$ 6.87	\$ 13.74
Carretilla de mano	Unidad	2	\$ 50.00	\$ 100.00
Machete	Unidad	2	\$ 6.87	\$ 13.74
Sub total ferretero				\$ 142.48
<b>Viajes</b>				
Sub total				\$ 84.35
<b>Alimentación</b>				
Sub total				\$ 57.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 578.81*</b>

\* Los valores están dados en Dólares Estadounidenses (\$)

Anexo.7 limpieza del terreno



**Fotografía 1**

**Limpieza en el Centro Experimental San José de Las Latas**



**Fotografía 2**

**Semilleros establecidos en el Centro Experimental San José de Las Latas**

## Anexo 8 Elaboración del sustrato



**Fotografía 3**

**Sustrato elaborado para el llenado de bolsas**



**Fotografía 4**

**Desinfección del sustrato y remoción del mismo**



## Anexo 9 Establecimiento del semillero



**Fotografía 5**  
**Establecimiento del semillero en la Finca Rosario, Apanás**



**Fotografía 6**  
**Tapado del semillero una vez establecido (Finca Rosario)**



**Fotografía 7**

**Establecimiento del semillero en el Centro experimental San José de Las Latas**



**Fotografía 8**

**Tapado del semillero una vez establecido (CDT San José de Las Latas)**

## Anexo 10 Recolección de datos



**Fotografía 9**

**Toma de datos en el vivero del Centro Experimental San José de Las Latas**



**Fotografía 10**

**Medición de la longitud de la raíz**



Fotografía 11

Plantas seleccionadas al azar para la toma de datos