

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

Facultad Regional Multidisciplinaria Matagalpa



**Monografía para optar al título de Ingeniería Agronómica**

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

**Autores:**

Br. Daniel Hernán Lumbí Pérez  
Br. Nehisy Marcela Zeledón Ortiz

**Tutora:**

MSc. Virginia López Orozco

**Asesores:**

Ing. Byron Corrales Martínez.  
Ing. Luis Valles.

Matagalpa, agosto 2015.

## **DEDICATORIA**

**A Dios** por darme la vida, la sabiduría, inteligencia y fortaleza para culminar uno de mis sueños y el de mi familia de ser un profesional.

**A mi madre** Luz Elena Pérez García (q.e.p.d) por ser la inspiración de todos mis sacrificios y esfuerzos.

**A mi esposa e hijo**, Leticia Martínez y Daniel Alessandro Lumbí Martínez por ser quienes me llevaron a esforzarme cuando tuve problemas en el transcurso de la elaboración de este trabajo.

**A mis hermanos** Lenin Francisco Lumbí Pérez y Martha Valentina Lumbí Pérez por brindarme su apoyo, amor y paciencia en momentos que los necesité.

**A la familia** González Pérez por ser una familia para mí, por brindarme su apoyo y consejos que me ayudaron a ser mejor cada día.

***Br. Daniel Hernán Lumbí Pérez.***

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo monográfico a **Dios todo poderoso**, por permitirme la salud, la fuerza, discernimiento, sabiduría para llegar a culminar mis estudios, porque sin él no podemos hacer nada.

A mis padres **José Jesús Zeledón y Aura Emilia Ortiz**, por su apoyo incondicional en todo momento, por darme la mejor educación, por sus buenos consejos, por todo su amor que me han brindado a lo largo de mi vida, por enseñarme que todas las cosas hay que valorarlas, trabajarlas y luchar para lograr los objetivos de la vida.

A mis hermanos **Emilson José Zeledón e Isolieth Zeledón** quienes me motivan a continuar para cumplir mis metas.

A **Familia Picado Ortiz**, por demostrarme su apoyo, quienes han sido parte y han contribuido para que pueda terminar mis estudios universitarios.

***Br. Nehisy Marcela Zeledón Ortiz***

## **AGRADECIMIENTO**

**A Dios Padre** por darme la vida, fuerza, inteligencia y sabiduría para terminar mis estudios.

**A mi compañera de tesis** Nehisy Marcela Zeledón Ortiz por ser mi amiga y compañera durante todo el transcurso de la carrera, por soportar todas las adversidades que tuvimos en la elaboración del trabajo.

**A Lic. Karla Yanae Castillo Alemán** por ser la persona que nos impulsó a realizar esta investigación.

**A nuestra tutora** MSc Virginia López por su paciencia, apoyo, consejos y conocimientos en la realización de la investigación.

**A los Ingenieros** Byron Corrales y Luis Valles por brindarnos su apoyo y conocimientos sobre el uso de las micorrizas y cromatografía de suelos.

**A las docentes** de la UNAN FAREM Matagalpa Indra Martínez Pon y Amada Urbina por sus consejos y apoyo durante todos estos años.

***Br. Daniel Hernán Lumbí Pérez.***

## **AGRADECIMIENTO**

**A Dios padre**, por sobre todas las cosas quien me dio la vida y me ha acompañado durante mis estudios por estar conmigo en cada paso que doy, dándome inteligencia y salud.

**A mi amigo** Daniel Hernán Lumbí por la disposición de trabajo, paciencia, amistad, su apoyo en la elaboración de la monografía.

**A mi familia**, quienes me han brindado su apoyo todo el tiempo, quienes han sido el cimiento esencial para mi vida, y han contribuido para mi formación como profesional.

**A nuestra tutora** MSc. Virginia López Orozco, por sus valiosos aportes profesionales, quien a través de sus conocimientos hemos podido culminar el trabajo investigativo, nos ha guiado, por demostrar paciencia al transmitir los conocimientos, que demostró más que una maestra una amiga por la calidad de persona.

**A Lic. Karla Yanae Castillo**, quien motivo para la realización de este trabajo y mostró su esfuerzo para llevarlo a cabo.

Al ingeniero Byron Corrales e Ingeniero Luis Valles, por su contribución, disposición, y transferir sus conocimientos tan valiosos, su asesoría para desarrollar y elaborar este trabajo monográfico

***Br. Nehisy Marcela Zeledón Ortiz***

## OPINIÓN DE LA TUTORA

El. **Br. Daniel Hernán Lumbí Pérez y la Br. Nehisy Marcela Zeledón Ortiz**, han concluido la monografía para optar al título de Ingeniería Agronómica con el tema: a **“Evaluación del uso de Micorrizas en el cultivo de café, etapa de producción finca el Petén, Los Robles Jinotega, primer semestre 2015.”**

Con el trabajo los bachilleres **Lumbí y Zeledón** están fortaleciendo científicamente los conocimientos sobre el uso de micorrizas en el cultivo de café, con el fin de aumentar la producción y calidad de café.

El trabajo ha sido el resultado de los autores, atendiendo a corregir las observaciones en función de mejorar la calidad científica del trabajo.

Como tutora de la investigación, considero que cumple con los requisitos establecidos en la normativa de la UNAN Managua.

Deseándoles Éxito en sus funciones futuras.

M.sc. Virginia López Orozco.  
**Tutora**

## Resumen

La presente investigación se realizó en la comunidad Los Robles departamento de Jinotega, durante el año 2015, la muestra se constituyó con cuatro escenarios de 400 m<sup>2</sup> donde los socios fueron helequeme (*Erythrina fusca*) más café, guaba (*Inga edulis*) más café, poro (*Erythrina poeppigiana*) más café, y musáceas (*Musas acuminata*) más café. Evaluándose como variables: uso de micorrizas, nutrición en el suelo de las parcelas en estudio, fitosanidad, rendimientos obtenidos en el cultivo de café en cuanto a cantidad de producción, impacto ambiental, relación beneficio - costo. El propósito de la investigación fue evaluar el uso de micorrizas en el cultivo de café en la finca El Petén comunidad Los Robles - Jinotega durante el I semestre del 2015. El tipo de estudio empleado es de carácter descriptivo, cuali – cuantitativo porque cualifico y cuantifico las características de las plantas, altura media, número medio de bandolas, porcentaje de biomasa, número de hojas enfermas, sanas y con ataque de plagas, concluyendo con la validación de la hipótesis general, se obtuvieron alturas entre 180 cm y 230 cm, el número de bandolas oscilo entre 69 a 26 por planta, el pH del suelo oscilo entre 7.24 – 7.6, las texturas fueron arcilloso en el escenario de helequeme (*Erythrina fusca*) y poró (*Erythrina poeppigiana*), franco arenosos en el escenario de guaba (*Inga edulis*) y en el de musáceas (*Musas acuminata*) la textura fue franco arcilloso, los valores de biomasa oscilaron entre 160 kg a 292.8 kg por escenario, entre las enfermedades la que más ataco fue el ojo de gallo y la plaga que más prevaleció fue el minador de la hoja, siendo el escenario de las musáceas el más afectado, en el análisis biológico de cromatogramas el suelo que se encuentra en mejor estado es el helequeme (*Erythrina poeppigiana*) presentando tonalidades rojo, verde y azul, en cuanto a cantidad de producción los rendimientos en las dos cosechas anteriores oscilan entre 14.23 y 17.03 quintales por manzana de café pergamino.

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	Páginas
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	iii
OPINIÓN DE LA TUTORA.....	v
RESUMEN.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
III. JUSTIFICACIÓN.....	5
IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
Pregunta General.....	9
Pregunta Específicas.....	9
V. OBJETIVOS.....	10
Objetivo general.....	10
Objetivos específicos.....	10
VI. HIPÓTESIS.....	11
Hipótesis General.....	11
Hipótesis Específica.....	11
1) Micorriza.....	11
2) Nutrición.....	11
3) Fitosanidad.....	11
4) Cantidad.....	11
5) Impacto ambiental.....	11
6) Relación beneficio – costo.....	11
VII. MARCO TEÓRICO.....	12
7.1 Conceptos generales.....	12
7.1.1 Concepto de Inoculación.....	12
7.1.2 Concepto de Micorrizas.....	12
7.2 Reseña histórica de las micorrizas.....	13
7.2.1 Descubrimiento de la micorriza.....	13

7.3 Cuadro 1. Descripción taxonómica de las micorrizas.....	14
7.4 Cepas de micorrizas .....	15
7.5 Plantas en la que se establecen las micorrizas.....	16
7.6 Métodos de inoculación de micorrizas .....	17
7.7. Modo de aplicación de micorrizas .....	17
7.8. Colonización.....	19
7.8.1 Tiempo que tarda la micorriza en colonizar .....	19
7.9. Momento del año que se aplican las micorrizas.....	19
7.10. Edad de la planta para la aplicación de micorrizas .....	19
7.12. Tiempo que tarda en observar los efectos .....	21
7.13. Tiempo que dura una micorriza en el suelo .....	21
7.14. Ventajas de aplicar micorrizas en tiempos de sequía .....	22
7.15. Beneficios al suelo .....	23
7.16. Beneficios a la planta .....	24
7.17. Beneficios ambientales .....	26
7.17.1. Biomasa .....	26
7.17.2. Textura .....	26
7.17.3. pH del suelo .....	26
7.18. Relación beneficio - costo .....	26
7.18.1. Costos directos .....	27
7.18.2. Materias primas .....	27
7.18.3. Costos de aplicación de micorrizas.....	28
7.18.4. Mano de obra de la técnica de inoculación de micorrizas.....	28
7.18.5. Costos indirectos .....	29
7.19. Cromatografía de suelo.....	29
7.20. Cultivo del café.....	31
7.20.1 Taxonomía.....	31
7.20.2. Importancia del café para Nicaragua .....	32
7.20.3. Productores y áreas de café .....	32
7.20.4. Zonas de producción .....	33
7.20.5. Variedades de café .....	33
7.20.6. Producción Nacional.....	33
7.21. Fitosanidad.....	34

7.21.1 Enfermedades del cultivo de café .....	35
7.21.2 La roya.....	35
7.21.3 La antracnosis.....	36
7.21.4. Ojo de Gallo .....	37
7.21.5. Mancha de hierro .....	37
7.21.6. Mal de hilachas .....	38
7.22. Plagas más comunes del cultivo de café .....	39
7.22.1. La broca.....	39
7.22.2. El minador de la hoja .....	39
7.22.3. Vaquita del café ( <i>Lachnopus coffeae</i> ).....	40
7.22.4. Cochinilla ( <i>Dactylopius coccus</i> ) .....	41
7.23. Cantidad de producción .....	41
7.23.1. Rendimientos obtenidos .....	41
7.23.2. Bandolas de café .....	43
VIII. DISEÑO METODOLÓGICO.....	44
8.1 Zona de estudio .....	44
8.2. Ubicación de la finca de estudio.....	44
8.3. Tipo de estudio.....	45
8.4. Población y muestra.....	45
8.5. Tipo de muestreo .....	46
8.5.1. Distribución de la muestra .....	47
8.6 Técnicas de recolección de la información .....	48
8.7. Descripción de la metodología utilizada en campo y laboratorio.....	48
8.8. Procesamiento y análisis de la información .....	51
8.9. Manejo agronómico que reciben las parcelas en estudio .....	51
8.10. Cuadro 3: Operacionalización de las variables .....	53
IX. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	56
9.1 Nutrición y cromatografía del suelo.....	56
9.2 Generalidades de la planta .....	58
9.2.3. Número de bandolas.....	59
9.3. Diagnóstico de enfermedades.....	61
9.4. Diagnóstico de plagas.....	63
9.5. Cantidad de producción .....	64

9.6. Biomasa por escenario en kg.....	65
9.7 Textura, pH de los suelos de las parcelas de estudio .....	66
9.8 Relación beneficio - costo de la implementación de micorrizas .....	67
X. CONCLUSIONES .....	69
XI. RECOMENDACIONES .....	70
XII. BIBLIOGRAFÍA.....	71
ANEXOS.....	
Anexo 1: Ficha de observación.....	
Anexo 2: Cuadro de producción .....	
Anexo 3: Muestreo de enfermedades.....	
Anexo 4: Diagnóstico de plagas.....	
Anexo 5: Cronograma de actividades.....	
Anexo 6: Fotografías de actividades.....	

## ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Páginas.
Cuadro 1: Clasificación taxonómica de las micorrizas.....	15
Cuadro 2: Distribución de la muestra.....	47
Cuadro 3: Operacionalización de variables.....	53
Cuadro 4: Resultados de cromatogramas.....	56
Cuadro 5: Diagnóstico de hojas afectadas con plaga.....	62

Cuadro 6: Producción del plantío la botija.....	63
Cuadro 7: Porcentaje de biomasa expresado en Kg.....	64
Cuadro 8: Textura, pH y de los suelos de las parcelas.....	65
Cuadro 9: Beneficio – Costo de la implementación de micorrizas.....	66

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Contenido</b>	<b>Páginas</b>
Gráfico 1: Altura promedio de las plantas de las parcelas de estudio.....	57
Gráfico 2: Número promedio de bandolas por planta.....	59
Gráfico 3: Diagnóstico de enfermedades.....	60

## I. INTRODUCCIÓN

El uso indiscriminado de productos químicos ha provocado grandes trastornos ecológicos en los agro sistemas siendo esta una de las causas de que en los últimos años se ha incrementado el interés en el campo de la microbiología del suelo, cobrando un especial énfasis el empleo de los hongos micorrizógenos por la contribución que estos realizan en la nutrición de las plantas (ICAFE, 2011).

Las micorrizas son asociaciones simbióticas mutualistas que se establecen entre las raíces de las plantas y ciertos hongos del suelo. Su principal efecto consiste en promover el crecimiento y desarrollo de las plantas al aumentar su área de exploración radical y facilitar la absorción de diferentes nutrimentos como: N, K, Ca, Mg, B, Fe y en especial el ion fosfato (Bernaza, 1986).

La palabra micorriza, se formó a partir del término griego Mycos (hongo) y del vocablo latín Rhiza (raíz). Define la simbiosis entre el hongo y la raíz de una planta, como en otras relaciones simbióticas ambos participantes obtienen beneficio (Harrison, 2005). Son órganos formados por la raíz de una planta y el micelio de un hongo. Funcionan como un sistema de absorción que se extiende por el suelo y es capaz de proporcionar agua y nutrientes (nitrógeno y fósforo principalmente) a la planta y protege a las raíces contra algunas enfermedades. El hongo por su parte recibe de la planta azúcares provenientes de la fotosíntesis, básicamente almidón (Janerette, 1991).

Cuando la infección interna está bien establecida, las hifas del hongo pueden crecer externamente desde la raíz de la planta hacia el suelo y explorar un volumen de suelo inaccesible a las raíces; con ello la planta aumenta considerablemente su superficie de absorción de 100 a 1000 veces y por tanto su capacidad de captación de nutrientes y agua (Harley y Smith, 1993).

La inoculación de micorrizas retribuye al suelo beneficios como: mejor estructura, aireación, esto ayuda a que las raíces lleguen con mayor facilidad a los nutrientes.

El presente estudio es descriptivo porque se mencionan los beneficios que aporta la micorriza al suelo y a la planta, así como al productor económicamente, transeccional, porque se recolectaron datos en un solo momento, en un tiempo único, y se describieron las variables, se analizó su incidencia e interrelación en un momento dado, el propósito fue evaluar el efecto del uso de micorrizas en el de cultivo de café en etapa de producción , (uso de micorrizas, nutrición de la planta, fitosanidad, cantidad de producción, beneficios ambientales y relación de costo), en la finca El Petén comunidad los Robles del departamento de Jinotega, Nicaragua, I Semestre del 2015.

La finca cuenta con 67 plantíos inoculados con micorrizas, con dimensiones de 1 manzana (equivalente a 0.7ha) la densidad de siembra es de 3500 plantas por manzana y están asociados a un sistema agroforestal que se ha ordenado por especies, estos son arboles de helequeme (*Erythrina fusca*) guaba (*Inga edulis*) poro (*Erythrina poeppigiana*) banano (*Musas acuminata*), en todo el plantío se implementan bloques con cada uno de esto tipos de sistemas agroforestales.

Para llevar a cabo la investigación se utilizó el muestreo probabilístico, es un proceso que brinda a todos los individuos de la población la misma oportunidad de ser seleccionados, se usó el muestreo aleatorio simple, en este tipo de muestreo cualquier planta está en condición de ser seleccionada, él investigador se asegura de que todos los miembros de la población sean incluidos en la lista para el estudio, esto para una mejor homogenización de las plantas y así se obtuvieron resultados confiables.

## II. ANTECEDENTES

A nivel mundial se han venido realizando trabajos donde se han utilizado micorrizas en café para obtener plantas con mayor vigor híbrido y así aumentar los rendimientos. Existen trabajos en el continente africano que describen los resultados obtenidos en café de la variedad robusta donde las plantas micorrizadas se encuentran en mejor disposición para soportar condiciones ecológicas adversas tales como: severidad del clima, elevación de la temperatura en el suelo, presencia de agentes contaminantes, estrés del trasplante, entre otros (Martínez, 2005).

Estudios realizados en Alemania en hortalizas como repollo, lechuga y cultivos como café en etapa de vivero, han concluido que el gasto de inocular con micorrizas es bajo, comparado con los beneficios que se obtiene cuando el hongo se encuentra establecido y en asociación con las raíces de la planta (Harrison, 2005).

En Brasil han experimentado la simbiosis de las micorrizas y el café se han realizado en almácigos y se ha encontrado que la ausencia de las micorrizas restringe el desarrollo de las plántulas, aún con dosis de superfosfato. También en este mismo país se ha trabajado con plantas cosecheras donde se muestran incrementos en altura de 200cm – 240cm, en la producción de grano entre 6 y 17%, frente a plantas no micorrizadas (Saggin, 2001).

La Federación de Cafeteros de Colombia tiene varios trabajos al respecto, realizados en Chinchiná, Caldas. En estos estudios se refleja la incapacidad de la planta de café para tomar el fósforo (P) del suelo y del fertilizante fosforado en ausencia de la simbiosis, es decir, que las micorrizas ayudan en la absorción de fósforo los cuales ayudan a la energía de la planta así como el crecimiento radicular (Parra, 1990).

En Venezuela se realizó ensayo que consistió en un experimento para la evaluación de la inoculación del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* (agente causal de antracnosis) y *Cercospora coffeicola* causante de mancha de hierro

sobre plantas de café (*Coffea arabica*. Cv *Catuaí*) con cinco tipos de micorrizas. En el trabajo en mención se evaluó la relación existente entre la asociación micorrizica y la severidad de la enfermedad causada por *Colletotrichum gloeosporioides* en plantas de café. La investigación se llevó a cabo en una finca cafetalera, con temperatura media anual de 20° C, pluviosidad de 1900 – 1300 msnm, cuya zona de vida corresponde al bosque húmedo pre montano, ubicada en el caserío “La Cruz” del municipio Andrés Eloy Blanco, Sanare, Estado de Lara, Venezuela (Colmenares, 2006).

En Honduras se realizó trabajo con el objetivo de evaluar la efectividad de las micorrizas en plántulas de café ‘Lempira’ en vivero. El experimento se realizó entre mayo 2000 y abril 2001. Los tratamientos fueron: siembra en almácigo o bandeja multiceldas, en un medio tierra, arena, casulla inoculado o sin inocular con micorrizas lo que totalizó ocho tratamientos con cuatro repeticiones de 10 plantas cada una, en un Diseño Completo al Azar. Se tomaron datos a los 85 días después de siembra y ocho meses después de siembra. A los 85 días la micorriza, sobre todo en la bandeja multicelda, resultó un aumento significativo en la altura de la parte aérea (10-20%) y número de raíces secundarias (40-50%), ya que la planta estaba aislada en una celda y tenía más disponibilidad de nutrientes. La longitud de la raíz pivotante en la siembra en almácigo aumentó 35-50% lo que contribuye a una mejor exploración de suelo, dándole lugar a las raíces de las plantas de llegar a lugares más bajos del suelo en busca de nutrientes (Rodríguez, 2001).

En Nicaragua desde el año 2000 se han realizado investigaciones con micorrizas en el cultivo de café, el análisis de resultado ha llegado desde etapas de vivero, trasplante a campo y primeras producciones en café obteniéndose mayor resistencia a enfermedades, mejor desarrollo y aprovechamiento de nutrimentos, y mayor producción por unidad de área en los que se han obtenido resultados alentadores en mejoras de producción y control de enfermedades. En café la incidencia y severidad de *cercósphora* dan una evidencia del uso de micorrizas seleccionadas como una alternativa en el manejo integral para control de enfermedades (Rodríguez, 2001)

### III. JUSTIFICACIÓN

El café es el rubro de mayor importancia en el sector agrícola de Nicaragua, ocupa el sexto lugar del Producto Interno Bruto. Es el principal producto de exportación del país y se estima que a finales del 2008, el valor de sus exportaciones alcanzó los 200 millones de dólares, genera más de 300,000 de empleos directos e indirectos, asociado con agro sistemas forestales genera varios beneficios ambientales entre ellos aporte de biomasa, mejor fertilidad, regenera el suelo . Las perspectivas del mercado mundial, con precios estables y tendencia al alza, constituyen buenas oportunidades para el café nicaragüense y en particular para sus cafés diferenciados (MAGFOR, 2008).

El uso de herbicidas, de abonos nitrogenados, de insecticidas y nematicidas, empieza poco a poco a deteriorar la calidad del suelo. La microflora y microfauna edáfica desaparecen o se ven severamente disminuidas. Las fuentes de agua se empiezan a ver contaminadas por las sustancias utilizadas en los cafetales, la salud humana en general desmejora y toda aquella biodiversidad abundante del cafetal desaparece para darle espacio al escenario del monocultivo (Monge, 1999)

Después de más de dos décadas de producir químicamente, la caficultura toma conciencia de que sus costos de producción son cada vez mayores y no así la rentabilidad de su sistema de producción. El principal problema no es la resistencia que han generado plagas, enfermedades y malezas a los plaguicidas, ni las equivocaciones con la selección de variedades mejoradas, el principal problema ha sido el uso irracional que hemos hecho del suelo (Monge, 1999).

Por el tipo de crecimiento poblacional, hemos tenido que sembrar café, ya no en los planos y fértiles valles, convertidos hoy en complejos urbanísticos o ciudades, sino en laderas y pendientes sin tomar en cuenta la conservación de nuestro principal recurso productivo, el suelo, es por eso que pretendemos entonces, sembrar en suelos más malos y con más pendiente de una manera idéntica a como lo hacíamos en las partes planas y fértiles. Los suelos

cafetaleros permanecen desnudos y expuestos a la erosión la mayor parte del año. Este problema crece cada vez más, peores suelos, mas insumos, menor vida, menor fertilidad, menor rentabilidad, menor calidad (Monge, 1999).

La situación descrita anteriormente y los años de bajos precios internacionales del café durante los inicios de los 80, obligan a muchos productores a buscar formas alternativas de producción, con menor inversión en insumos y con mejor utilización de los recursos de la finca. Esta necesidad coincide con el movimiento ecologista y así nace el sistema orgánico de producción de café, en el cual básicamente no se utilizan insumos de síntesis química, ni nitrógenos ureicos, ni amoniacales. En este sistema se busca recuperar las antiguas prácticas de cultivo sin dejar de lado los nuevos conocimientos (Monge, 1999).

En la caficultura orgánica, el principal recurso de producción es el suelo y como tal, los programas de manejo van enfocados a su conservación y mejoramiento. Se tiene conciencia que las enfermedades del café están estrechamente ligadas al estado nutricional de la planta y que no son solamente un problema sanitario. Se sabe que los efectos de las acciones a tomar para el mejoramiento de su fertilidad se verán mayoritariamente a mediano y largo plazo, pero que tendrán un efecto más permanente que la simple adición de una sustancia química para la corrección casi inmediata pero momentánea de una deficiencia específica (Monge, 1999).

El café orgánico viene a ser la respuesta ante los problemas cada vez mayores de contaminación de fuentes de agua por el uso de abonos nitrogenados, a la disminución de la biodiversidad del cafetal y a las necesidades económicas de los pequeños y medianos productores quienes habían sido mayormente afectados por la crisis mundial de precios del café (Monge, 1999).

La importancia de la investigación radica en que las micorrizas son una alternativa para aumentar los rendimientos en las cosechas y de igual modo una alternativa para la adaptación al cambio climático, ya que este hongo ayuda a la planta en todo momento, en época seca, ayuda a guardar humedad

y en época lluviosa ayuda a infiltrar el agua, además es una técnica que reduce los costos de inversión en fertilización y ayuda a prevenir enfermedades.

La investigación pretende beneficiar a productores de café, para que adopten el modelo de una agricultura amigable con el medio ambiente, así mismo mejoren la calidad de vida de sus familias y la economía del país por medio de las exportaciones de este rubro. Este estudio es conveniente realizarlo debido a que muchas personas no tienen conocimiento sobre los hongos benéficos, la simbiosis que pueden hacer con los cultivos ayudando a mejorar la productividad, de igual manera producir frutos de mayor calidad, con menos grado de contaminación por productos sintéticos.

El impacto de la investigación se espera sea positivo ya que es una técnica de gran valor porque implementa un modelo de agricultura amigable con la salud de las personas y el medio ambiente, además traerá a la UNAN- FAREM, Matagalpa, gran relevancia debido a que la investigación está a disposición como material de apoyo en la biblioteca de la universidad y será publicada en foros, jornadas científicas, congresos, etc. Lo que traerá como resultado que productores y estudiantes tengan conocimiento de que los hongos no solo causan daños a los cultivos sino que también hay algunos que aportan beneficios.

#### **IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El café y su cultivo, representan para muchos países una actividad económica altamente significativa, siendo una fuente que genera empleo a una cantidad considerable de personas tanto en la recolección del grano como en el mantenimiento de la plantación (Rodríguez, 2001).

Si bien es cierto que el café es una fuente de ingreso tanto para el productor como para el país, en los últimos años se ha presentado una disminución en el rendimiento de los productores pequeños, como consecuencia de la degradación del suelo y el uso escaso de tecnología, a esto se une el bajo precio de los mercados internacionales y los altos precios de los insumos, lo que obliga al productor a descuidar sus plantaciones y en el peor de los casos, a hacer un mínimo de labores porque sus rendimientos no le cubren los costos entrando en un círculo vicioso (Rodríguez, 2001).

Como una alternativa para aumentar la producción en cultivos como frutales, café, banano, hortalizas y pastos, en algunas partes del mundo se estudian las micorrizas. El término micorriza se debe al botánico alemán Frank que en 1885 lo utilizó para describir la existencia de raíces de plantas vasculares colonizadas con hongos. Las micorrizas tienen la propiedad de aumentar el crecimiento de un gran porcentaje de plantas, al mejorar su nutrición mineral, especialmente si el nutriente obtenible del suelo es escaso, también pueden mejorar la absorción de agua en condiciones de poca disponibilidad (Rodríguez, 2001).

## **Pregunta General**

¿Qué efecto produce el uso de micorrizas en el de cultivo de café en la finca El Petén comunidad Los Robles - Jinotega, Nicaragua, I semestre 2015?

## **Pregunta Específicas**

¿Cuál de los sistemas es el apropiado para desarrollo de micorrizas?

¿Qué efecto produce el uso de micorrizas en la nutrición del suelo?

¿Qué efecto produce el uso de micorrizas en el cultivo de café en cuanto a fitosanidad, altura de planta y número de bandolas?

¿Qué efecto produce el uso de micorrizas en el cultivo de café en cuanto a rendimientos en cantidad de producción?

¿Cuál es el impacto ambiental que tiene el uso de micorrizas en el cultivo de café?

¿Cuál es el costo del uso de micorrizas en el cultivo de café?

## **V. OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar el uso de micorrizas en el de cultivo de café en la finca El Petén comunidad Los Robles - Jinotega durante el I semestre del 2015.

### **Objetivos específicos**

Determinar la nutrición en el suelo de las parcelas estudiadas, así como el mejor sistema agroforestal para el desarrollo de micorrizas en café.

Determinar si el uso de micorrizas influye en la fitosanidad, altura de planta y número de bandolas del café.

Describir el efecto del uso de micorrizas en los rendimientos obtenidos en el cultivo de café en la cantidad de producción.

Estimar el impacto ambiental del uso de micorrizas en el cultivo del café.

Estimar la relación beneficio – costo del uso de micorrizas en el cultivo de café.

## **VI. HIPÓTESIS**

### **Hipótesis General**

El uso de micorrizas es una alternativa agroecológica que contribuye a mejorar los plantíos de café y estructura del suelo en la finca El Petén, Los Robles Jinotega.

### **Hipótesis Específica**

#### **1) Micorriza**

Se considera que en algunos tipos de sistema agroforestales las micorrizas se hospedan y se desarrollan mejor que en otros.

#### **2) Nutrición**

Las micorrizas participan en la nutrición del suelo de las parcelas estudiadas.

#### **3) Fitosanidad**

Las micorrizas influyen en la fitosanidad, altura de plantas y número de bandolas del cultivo de café en las parcelas estudiadas.

#### **4) Cantidad**

Las micorrizas contribuyen al aumento de los rendimientos y cantidad de producción del cultivo de café.

#### **5) Impacto ambiental**

El uso de micorrizas genera un impacto ambiental positivo en la finca estudiada en cuanto a biomasa, pH y tipo de suelo.

#### **6) Relación beneficio – costo**

Las micorrizas reducen los costos de producción y generan beneficios en el cultivo de café en las parcelas estudiadas.

## **VII. MARCO TEÓRICO**

### **7.1 Conceptos generales**

#### **7.1.1 Concepto de Inoculación**

Del latín *inoculare*, injertar.

Introducción de microorganismos vivos, muertos o atenuados, en un organismo de forma accidental o voluntaria (Bernaza, 1986).

La palabra inoculación significa injertar o introducir un ser vivo dentro de otro para brindarle mejores condiciones de vida a uno u otro y en algunas ocasiones ambos se benefician mutuamente (Barreno, 1991).

En Nicaragua este término está siendo muy utilizado en lo que es la agricultura, es una técnica que permite el desarrollo de un ser vivo con la ayuda de otro, este tipo de tecnología se ha venido implementando para obtener aumento en los rendimientos de las cosechas, pero también para hacerle frente al cambio climático.

#### **7.1.2 Concepto de Micorrizas**

La palabra Micorriza, se formó a partir del término griego *Mycos* (hongo) y del vocablo latín *Rhiza* (raíz). Define la simbiosis entre el hongo y la raíz de una planta, como en otras relaciones simbióticas ambos participantes obtienen beneficio (Harrison, 2005)

Las micorrizas establecen una asociación benéfica mutua (simbiosis) con las raíces de la planta, como en toda relación simbiótica los dos organismos de distintas especies tienen una relación estrecha, la simbiosis es una interacción que existe entre los organismos, hay mutualismo entre planta y hongo, es decir, ambos obtienen beneficios, la planta obtiene beneficios del hongo y así mismo el hongo también se beneficia de la planta.

Las micorrizas son órganos formados por la raíz de una planta y el micelio de un hongo. Funcionan como un sistema de absorción que se extiende por el suelo y es capaz de proporcionar agua y nutrientes (nitrógeno y fósforo principalmente) a la planta y proteger las raíces contra algunas enfermedades.

El hongo por su parte recibe de la planta azúcares provenientes de la fotosíntesis, básicamente almidón (Janerette, 1991).

Según Selosse (2006), las micorrizas, son relación simbiótica que se establece entre un hongo y las raíces de una planta superior en la cual la planta suministra carbohidratos al hongo y este a su vez contribuye a la absorción de agua y nutrientes de la primera.

Comparando información del autor las micorrizas viven en simbiosis entre planta y hongo, la planta recibe del hongo nutriente, mineral y agua y el hongo obtiene de la planta vitaminas como piridoxina o B6, vitamina "K" y "E" e hidratos de carbono que necesita para desarrollarse.

## **7.2 Reseña histórica de las micorrizas**

### **7.2.1 Descubrimiento de la micorriza**

En 1831 Vittadini publicó las observaciones sobre la manera en que diferentes especies de frutas (hongos comestibles de gran importancia económica en Europa), que pertenecen al género *Elaphomyces*, se asociaban con las raíces de algunas especies de encinos (*Quercu ssp.*) y otras plantas vasculares, luego Hartig ilustró claramente lo que hoy conocemos como una ectomicorriza, y Tulasne describe como las hifas (filamentos tubulares que son la base estructural de los hongos) del hongo *Elaphomyces* se asocian a pequeñas raíces secundarias de ciertos árboles envolviéndolas completamente. Sin embargo, todas las observaciones fueron interpretadas como una forma de parasitismo, pues aún no se tenía idea alguna del proceso ni su función. En 1842 Vittadini nuevamente mencionó que esta pequeñas raíces eran nutridas por las hifas del hongo *Elaphomyces* (Blanco, 1997).

Posteriormente se presentaron algunos reportes más detallados que confirman que desde esa época se realizaron las primeras observaciones de micorrizas y aunque aún no se acuñaba el termino, ya se iniciaba cierta idea del sentido de esta asociación (Guerra, 2008).

La micorriza a través de la historia ha sido estudiada, pero algunos estudios se tomaron como parasitismo, se creía que los hongos solo producían a la planta daños y perjuicios, se desconocía que algunos hongos formaban una simbiosis con las plantas, donde las plantas le brindaban condiciones para sobrevivir y el hongo le ayudaba a que la absorción de nutrientes fuera eficaz.

En Nicaragua estudios realizados por distintas instituciones como CECOCAFEN, MAGFOR (ensayos de control de broca en café usando *Bauveria bassiana*, reduce la aplicación de Endosulfán) han determinado que los hongos se dividen en hongos benéficos y hongos perjudiciales, los hongos perjudiciales son los que ocasionan problemas al agricultor, mucho de estos persisten en sus cultivos como parásitos provocándoles enfermedades y muerte progresiva a las plantaciones, antes de que se estudiara el reino (fungí) se creía que los hongos eran solo perjudiciales, con investigaciones y experimentos se ha logrado determinar que hay hongos que sirven como controladores biológicos de plagas como broca, zompopos, así como hongos que ayudan a la absorción de nutrientes, como es el caso de la micorriza (Corrales, 2015)

### 7.3 Cuadro 1. Descripción taxonómica de las micorrizas

Reino	Orden	Sub Orden	Familia	Género
Fungí	Glomales	Glomineae	Glomaceae	Glomus
				Sclerosystis
			Acaulosporaceae	Acaulospora
				Entrophospora
			Archaesporaceae	Archaespora
				Paraglomaceae
	Paraglomus	Gigasporinae	Gigasporaceae	Gigaspora
				Scutellospora

Fuente: Rodríguez, 2001.

En la actualidad se encuentran descritas 150 especies de hongos, las cuales pueden formar simbiosis con más de 300,000 especies vegetales diferentes lo cual avala su gran extensión y poca especificidad.

#### **Fotografía 1. La Micorriza desarrollada en una raíz**



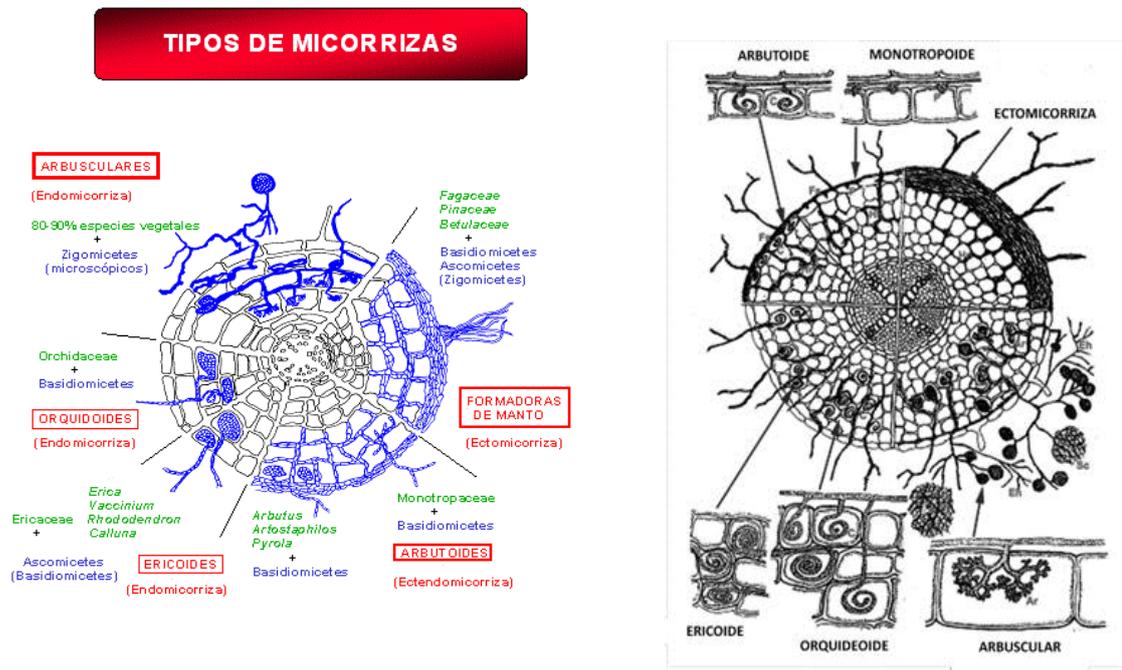
Fuente: (Chavarria, 1999).

#### **7.4 Cepas de micorrizas**

Existen tres tipos de asociaciones micorrízicas de mayor importancia y que son vigentes hasta nuestros días, tomando en consideración sus características morfo anatómicas y ultra estructurales y se clasifican en: Endomicorrizas, Ectomicorrizas y Ectoendomicorrizas (Peyronel, 1969).

Las micorrizas se dividen en tres grupos de asociaciones que tienen grandes semejanzas tanto morfológicamente, anatómicamente, como estructural, que permiten que se cree una simbiosis con una planta. Cabe mencionar que estos tres tipos de micorrizas según la tabla de clasificación están distribuidos en 2 órdenes, 2 sub órdenes, 4 familias y 8 géneros (Rodríguez, 2001).

## Fotografía 2. Micorrizas formando simbiosis con las raíces de una planta



Fuente: (Blanco, 1997)

### 7.5 Plantas en la que se establecen las micorrizas

Las asociaciones micorrizicas se producen sobre casi todas las plantas vasculares con algunas excepciones como las familias Crucíferas, Quenopodiáceas, Ciperáceas, Cariofiláceas y Juncáceas y también se establecen en Briofitas y Pteridofitas, aunque existe poca información sobre estas simbiosis con plantas no vasculares. Entre las plantas vasculares colonizadas por «micorrizas» se encuentran todas las especies leñosas de interés forestal (Fabáceas, Betuláceas, Pináceas, etc.), todas las especies de interés hortícola (Solanáceas, Gramíneas, etc.) y muchas familias de importancia ornamental (Orquidáceas, Rosáceas). Esto da una clara idea de la importancia ecológica y económica de las micorrizas (López, 1995).

Las micorrizas se pueden asociar con varias especies de plantas, pero estas deben ser de tipo vascular como especies de interés forestal como los pinos, además estudios realizados en Colombia reflejan aumento en rendimientos obtenidos de inocular micorrizas tanto en especies leñosas como café, pero

también se han realizado investigaciones en la parte de hortalizas (Chavarria, 1999).

En Nicaragua el café es uno de los principales rubros de exportación y conociendo que las micorrizas pueden formar simbiosis con la planta por ser de tipo leñosa, sería ideal que productores del país conozcan más acerca de este tema y adopten la técnica de inocular micorrizas en sus plantaciones de café y otras especies de tipo leñosa.

## **7.6 Métodos de inoculación de micorrizas**

Según Harrison (2005), las micorrizas pueden encontrarse comercialmente en presentaciones líquidas y sólidas.

Aunque hay formas artesanales de hacerlo, en la finca El Petén se realiza una técnica sencilla, a continuación se explica:

Primero se extrae la micorriza de su medio natural, tomando porciones de suelo y raíz del árbol hospedero hasta completar 50 libras, luego se tamiza la muestra extraída y se procede a revolver con otros ingredientes como semolina (50 libras) y melaza (hasta que se humedezca la semolina), una vez mezclado se introduce en un recipiente herméticamente cerrado y se deja reposar por 20 días, pasado ese tiempo se puede aplicar ya sea mezclado con otros preparados orgánicos o de forma directa en la semilla, el suelo se obtuvo de la base del árbol de helequeme (*Erythrina fusca*), es decir, del medio natural donde se desarrollan las micorrizas (Corrales, 2015).

## **7.7. Modo de aplicación de micorrizas**

Se puede aplicar en varias etapas de la vida de las plantas:

Al sembrar semillas, esquejes o estacas, se debe colocar el producto debajo de estas para favorecer su contacto con las raíces al momento de emerger.

Cuando las plantas se llevan del semillero a la bolsa el producto se debe aplicar debajo del pilón o raíces, procurando su contacto con las mismas.

También se puede aplicar en plantaciones establecidas de frutales, forestales y otras especies perennes (Harrison, 2005)

Para inocular las micorrizas se necesita hacer hoyos angostos alrededor del perímetro de la base del árbol. Se debe profundizar hasta encontrar raíces pequeñas y finas, aplicar el producto sobre estas y luego rellenar el hueco con tierra (Harrison, 2005).

Las micorrizas por lo general se implementan de forma que haga contacto con la raíz de la planta ya que el contacto directo del sistema radicular de la planta con el hongo permite una rápida colonización de la raíz al momento de que va a establecer un plantío, al sembrar semillas una onza, en estacas una onza, se hace la inoculación debajo de estas para que haya un contacto directo con las raíces al momento de la emergencia (Blanco, 1997)

En Nicaragua la inoculación se realiza cuando el café está en fosforito, es la transformación del embrión de la semilla en una nueva planta, el proceso tiene una duración entre 45 y 60 días. Los productores usan la incorporación del hongo en las bolsas en la parte baja para que el fosforito haga contacto con el hongo, también toman la opción de inocular en el agujero que se hace para establecer la planta en el terreno definitivo, profundizando el hongo para que haga contacto con el sistema radicular (Corrales, 2015)

Se han desarrollado diferentes productos comerciales basados en los hongos micorrizicos arbusculares (HMA) (Micofer, Ecomic, Biocas, entre otros) utilizándose con éxito en diferentes cultivos como: pasturas de cafeto, cítricos y frutales, semilleros de hortalizas, leguminosas, raíces y tubérculos, plátanos y bananos, entre otros. Para el funcionamiento de las hifas que recorren los suelos procedentes de esporas o de otros propágulos, se ponen en contacto con las raicillas y forman la estructura conocida como “apresorio” (Carvajal, 2006).

Según Harrison (2005), se puede aplicar en varias etapas de la vida de las plantas, así tenemos que: Al sembrar semillas, esquejes o estacas, se debe colocar el producto debajo de estas para favorecer su contacto con las raíces al momento de emerger. Para que haya una mayor simbiosis la inoculación debe de realizarse tal como lo menciona el autor.

## **7.8. Colonización**

### **7.8.1 Tiempo que tarda la micorriza en colonizar**

El tiempo que tarda la micorriza en colonizar las raíces es un corto período que puede estar entre los 5 y 12 días (Paez, 2006).

Las micorrizas colonizan las raíces de una planta en un corto periodo de tiempo, haciendo que esta técnica sea muy rápida en mostrar sus beneficios al productor, demostrando así que es una alternativa viable y factible para la agricultura sostenible (Blanco, 1997).

## **7.9. Momento del año que se aplican las micorrizas**

No hay un momento específico del año en que se tengan que aplicar las micorrizas, siempre van a actuar muy bien. Sin embargo, se recomienda que se apliquen sobre todo cuando las raíces están creciendo, es decir, en la época húmeda. Si se aplica en otro tiempo colonizará la raíz, aunque tal vez más lentamente (Guerrero, 1997).

La mayor parte de los productores de café realizan un buen manejo en sus almácigos, esta plántula será la base de su producción, con respecto a la inoculación de micorrizas los productores lo hacen cuando elaboran sus almácigos, para que la planta crezca en simbiosis con el hongo, obteniendo resultados como mejor sistema radicular, mayor número de hojas, mayor altura (Corrales, 2015).

## **7.10. Edad de la planta para la aplicación de micorrizas**

La regla de oro es cuanto más jóvenes sean las plantas, mejor aceptan las micorrizas y más inmediatos son los efectos. Cuanto más tiempo tengan las plantas más grandes se harán y más le costará a la micorriza establecerse por toda la raíz (Hernández, 2000).

En plantas jóvenes las micorrizas se colonizan más rápido que en plantas viejas es por esta razón que se recomienda establecer la inoculación cuando las planta estén jóvenes, incluso hay expertos que recomiendan la técnica de

inocular las semillas, esto porque a medida que la planta crece también crece la raíz (Rodríguez, 2001).

En Nicaragua todavía no hay datos que registren la inoculación de micorrizas en semilla, pero si hay datos en vivero y plantas semi adultas y adultas establecidas, los resultados se hacen notar más rápido en las plantas jóvenes, esto porque las plantas se desarrollan desde las primeras etapas fenológicas con la micorriza dándose una excelente simbiosis entre ambos organismos, lo que le ayuda a la planta a mostrar los cambios a medida que se desarrolla (Corrales, 2015).

Mediante la información citada se constata que la edad óptima para inocular micorrizas en una planta es cuando esta se encuentra en su etapa joven y sus raíces se están desarrollando, las micorrizas penetran mejor en raíces jóvenes que en raíces vieja

#### **7.11. Intervalo de tiempo para repetir la inoculación de micorrizas**

En general no hay que inocular varias veces micorrizas, ya que cuando el hongo entra en la raíz se queda en ella, mientras que la planta esté viva. Sólo en casos muy especiales, en que las plantas o los suelos hayan sufrido algún tipo de estrés muy grande (grandes heladas, contaminaciones químicas, etc.), o en suelos muy agotados habría que re inocular. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la micorriza va en general con la planta, por tanto si al cosechar las plantas se quiere introducir nuevas micorrizas habría que inocular de nuevo. A pesar de que parte de las micorrizas se quedan en el suelo y ayudan a recuperarlo, es más rápido si se inocula al mismo tiempo que se planta (Bernaza, 1986).

Las plantas necesitan la reintroducción de especies micorrízica eficientes en situaciones como ausencia o baja población de micorrizas nativas, en suelos erosionados, degradados, contaminados o en suelos con especies micorrízicas ineficientes, de lo contrario con una vez que se inocule será suficiente (Gonzalez, 1998).

Los autores coinciden en que la inoculación solo se debe de realizar en casos extremos como es el caso de los ejemplos antes descritos, si tanto las plantas como el suelo están en buenas condiciones bastará con una sola inoculación.

### **7.12. Tiempo que tarda en observar los efectos**

Esto depende de cuándo se instale la micorrizas en el interior de la raíz. Por ejemplo, en el caso de añadir micorrizas a semillas se ha visto que hay un efecto de acelerar la germinación, de manera que los efectos son muy inmediatos; en el caso de que las plantas sean de crecimiento rápido, los efectos se suelen empezar a observar a los dos meses de crecimiento. En plantas de crecimiento lento (Mango, aguacate y mamón) los efectos pueden tardar en observarse desde tres meses hasta un año (Malloch, 1986).

Los efectos de las micorrizas tardan en observarse dependiendo el tipo de planta que sea micorrizada, es decir, que unas plantas son más rápidas en crecer que otras y estará de acuerdo a la fisiología de la planta, sin embargo, hay otro factor que incide mucho en el tiempo que tarden los efectos en las plantas y depende de cuando se instale la micorriza (Bidwell, 1980).

Según las bibliografías consultadas reflejan que la los efectos de uso de micorrizas serán más rápido en plantas de crecimiento rápido, en comparación a las que son más tardías y dependerá de cuando se alojen las micorrizas a la raíz.

### **7.13. Tiempo que dura una micorriza en el suelo**

Las micorrizas dependen absolutamente de vivir dentro de una raíz de planta viva para seguir viviendo; por lo tanto, en suelos donde no hay plantas les será imposible sobrevivir. Para resistir lo más posible hasta que la raíz de alguna planta se “cruce” en su camino las micorrizas producen unas formas de resistencia que se llaman esporas y son microscópicas. Estas esporas tienen paredes muy fuertes, así las micorrizas son capaces de resistir hasta varios años. Sin embargo, después de ese tiempo sin encontrar una raíz que las acoja mueren (Miller, 2002)

La micorriza es un hongo que forma una simbiosis con las plantas es necesario para ellas que exista una raíz para sobrevivir, en caso que no exista una raíz la micorriza crea una resistencia para esperar en el suelo la llegada de una raíz, en este periodo de espera puede ser de 3 -5 años, en caso de que no obtengan una raíz morirán, por lo tanto se podría inocular cuando se prepara el terreno para la siembra (INCA, 1998).

En tiempos más recientes, numerosos hallazgos fósiles han permitido determinar que el origen y presencia de las micorrizas son enormemente antiguos, han llegado a encontrar esporas de micorrizas en estratos de hasta 460 millones de años de antigüedad, pertenecientes al periodo Ordovícico (Reilly, Darlan, López, 2004).

Los autores aciertan que las micorrizas permanecen por mucho tiempo en el suelo hasta encontrar una raíz para habitar y han estado en el mundo desde tiempos remotos.

#### **7.14. Ventajas de aplicar micorrizas en tiempos de sequía**

Está ampliamente demostrado por numerosos estudios científicos realizados en el continente africano que las micorrizas ayudan a las plantas a resistir las situaciones de sequía. Esto lo hacen fundamentalmente a través de la red que la micorriza forma en el suelo alrededor de la planta (la “tela de araña” de las micorrizas) que actúa como verdaderas cañerías de agua que son transportadas hasta el interior de la raíz. Por lo tanto las micorrizas están especialmente indicadas en situaciones de sequía o suelos salinos y calizos (Peyronel, 1969).

Algunos productores del país establecen los plantíos de café sin sombra, debido a condiciones de altura, humedad relativa, variedad, poca o nula sombra, al realizar la técnica de inoculación en las plantas, cuando están en viveros o establecidas ayudan a que la planta no sufra estrés hídrico por falta de humedad, de igual manera ayuda a que la planta no pierda turgencia, cabe mencionar que esta técnica la llevan a cabo al inicio del verano, para prevenir pérdidas por las altas temperaturas, otros productores aplican la técnica donde

se les presenta problemas de salinidad en los suelos, el agua ayuda en el proceso de asimilación de los nutrientes y corrige el problema de salinidad (Chavarria, 1999)

El hongo, coloniza la raicilla y llega a ser parte integrante de ella, desarrollando un filamento micélico (micelio o conducto extenso, compuesto por muchas hifas), que ha modo de sistema radical y altamente efectivo, ayuda a la planta a adquirir diversidad de nutrientes y agua del suelo. También el hongo, al extender el área radical, facilita que la planta incremente su capacidad de sostenerse físicamente en dicho suelo, mejorando la resistencia y adaptabilidad (Bolan, 2005).

La información anterior manifiesta que las micorrizas le sirven a la planta a la conservación de la humedad, ayudando a solucionar problemas de estrés hídrico en las plantas.

#### **7.15. Beneficios al suelo**

Muchos son los beneficios que las micorrizas le retribuyen al suelo como es el mejoramiento en la estructura, a la planta le ayuda al momento del desarrollo y también el crecimiento del sistema radicular. Las hifas del hongo ayuda a mejorar la aireación del suelo, se refiere al abastecimiento de oxígeno para el buen desarrollo de los microorganismos y de las raíces de las plantas (Selosse, 2006).

Se ha observado en los plantíos de café en época seca la planta llega a tolerar estrés hídrico. La presencia de micorrizas en el suelo moviliza nutrientes que antes no estaban disponibles a la planta aumentando la fertilidad de los suelos, además mejora la capacidad productiva de los suelos, mejora la fertilidad y la estructura y además permite la retención de la humedad (Blanco, 1997).

La investigación científica y tecnológica en las últimas décadas ha permitido el estudio de organismos del suelo (bacterias u hongos) que favorecen el desarrollo de las plantas. Entre estos organismos están las micorrizas (hongos benéficos del suelo) las cuales se asocian en las plantas en los ambientes naturales, con la inoculación de micorrizas se logran muchos objetivos beneficiosos a la planta y el suelo como es el mejoramiento de fertilidad,

disminución de erosión, el hongo ayuda a retener partículas de suelo disminuyendo la erosión hídrica (Perrin, 1990).

Los efectos benéficos de las micorrizas en el suelo están muy relacionados con sus efectos sobre las plantas por estar (suelo-planta), estrechamente relacionados. Sin embargo, se declara que las micorrizas, realizan varias funciones en el suelo, incrementan su potencial agro productivo y sus posibilidades de sostén y mantenimiento de las diferentes especies vegetales, movilización de nutrientes (Bernaza, 1986). A modo de resumen estos son los siguientes efectos:

- a) Las micorrizas prolongan el sistema radical de las plantas, facilita una mayor retención física de partículas del suelo, limitando los efectos dañinos de la erosión causada por el agua.
- b) Son las micorrizas regeneradoras de suelos degradados, facilitan el mejoramiento de la estructura de éste, se incrementa las posibilidades de retención de humedad, aireación, fertilidad y descomposición de la materia orgánica.
- c) También en cuanto a la prolongación del sistema radicular de las plantas hay mayor absorción de agua lo que ayuda a tolerar el estrés hídrico.

Las dos literaturas consultadas aciertan en lo que se refiere a los beneficios al suelo como las micorrizas ayudan a la respiración o abastecimiento de oxígeno en el suelo, los microorganismos se desarrollan con mayor facilidad, ocurriendo lo contrario afectaría y disminuiría el crecimiento de las raíces y la absorción de nutrientes.

#### **7.16. Beneficios a la planta**

Las micorrizas reciben de la planta los nutrientes necesarios para desarrollarse y así poder sobrevivir, siendo estos en su mayoría carbohidratos. A cambio de esto, las micorrizas le retribuyen a las plantas los siguientes beneficios (Reilly, Darlan, López, 2004).

- a) Mayor cantidad de hojas y crecimiento de las raíces.
- b) Alta absorción de fósforos y otros nutrientes.

- c) Tolerancia a enfermedades del suelo y al ataque de parásitos.
- d) Mejor tolerancia a la falta de agua.
- e) Producción de hormonas estimulantes para el crecimiento.

Una mayor tolerancia de las plantas frente a muchos factores de estrés: sequía, desequilibrios en el pH, altos contenidos de sales, exceso de viento, entre otros.

Esto se debe a que facilita una adecuada evapo-transpiración de la planta y un mejor funcionamiento fisiológico de éstas en sentido general (Reilly, Darlan, López, 2004).

La planta aumentan su follaje para satisfacer la demanda del hongo, requiere de los carbohidratos para alimentarse; en cuanto a la absorción de fósforos y otros nutrientes, esto se consigue gracias a la estructura del hongo facilitando la absorción de nutrimentos, otro beneficio importante mencionado anteriormente es que estimula la producción de hormonas especialmente las citoquininas que estimulan el crecimiento (Barreno, 1991).

El principal beneficio que realizan las micorrizas está relacionado con la nutrición de las plantas. Este proceso de la nutrición por medio de las micorrizas está, extremadamente difundido entre los vegetales, tiene notable importancia porque permite la vida de las plantas en determinadas condiciones y facilita la toma de los alimentos por parte de las plantas superiores, en competencia con microflora del suelo.

La inoculación de las plantas con hongos micorrizógenos provoca, de manera general, un marcado incremento en los procesos de absorción y traslocación de nutrientes como: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Hierro (Fe), Manganeso (Mg), entre otros (Carvajal, 2006)

Un aspecto de gran interés en el empleo de las micorrizas es lo relacionado a la nutrición del fósforo (P). Éstas desempeñan un importante papel en la toma del fósforo presente en los suelos principalmente en las zonas tropicales donde las cantidades de fósforo asimilables a las plantas son frecuentemente bajas (Paez, 2006).

El autor manifiesta que el hongo benéfico le confiere una gran ventaja a la planta, permite explorar sustratos a los cuales no podrían alcanzar sin la asociación del hongo. Gracias a la micorrización la planta es capaz de explorar más volumen de suelo del que alcanzan con sus raíces al sumársele las hifas del hongo, también capta con mayor facilidad ciertos elementos y agua del suelo, al nutrirse las plantas, promueve una mayor resistencia frente a organismos patógenos, mejorando su vigor sin la aplicación de productos tóxicos.

## **7.17. Beneficios ambientales**

### **7.17.1. Biomasa**

Biomasa se define como el total de materia orgánica seca o el contenido almacenado de energía de los organismos vivos (Connolly, 2007).

### **7.17.2. Textura**

La textura del suelo es la proporción relativa por tamaños de partículas de arena, limo y arcilla; las cuales al combinarse permiten categorizar al suelo en una de las 12 clases texturales (Muñoz, 2000).

### **7.17.3. pH del suelo**

El pH es una propiedad química del suelo que tiene un efecto importante en el desarrollo de los seres vivos (incluidos microorganismos y plantas). La lectura de pH se refiere a la concentración de iones hidrógeno activos ( $H^+$ ) que se da en la interface líquida del suelo, por la interacción de los componentes sólidos y líquidos. La concentración de iones hidrógeno es fundamental en los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo.

El valor del pH es el logaritmo del recíproco de la concentración de iones hidrógeno, que se expresa por números positivos del 0 al 14. Tres son las condiciones posibles del pH en el suelo: la acidez, la neutralidad y la alcalinidad (Muñoz, 2000).

## **7.18. Relación beneficio - costo**

Para que la inoculación sea económica el equivalente monetario de la respuesta adicional (en comparación con no inocular) tiene que superar los

costos del proceso de inoculación. Los beneficios de la inoculación se expresan por la obtención de más rendimiento del producto comercial. Mas biomasa, más calidad del producto por ahorro de insumos agronómicos (costo de fertilización, aplicación de foliares y plaguicidas) (Wang, 2006).

La relación costo y beneficio siempre van de la mano, para que una técnica sea rentable debe haber ganancias en su implementación, al haber ganancias hay beneficios en cuanto al rendimiento obtenido, es decir, en la producción o en el vigor que adopta la planta, una técnica en la cual se invierta debe ser para mantener sana la planta para asegurar buenas cosechas y así suplir los costos implementados.

El manejo de las micorrizas por las comunidades indígenas permitiría implementar tecnologías novedosas y de bajo costo, al mismo tiempo contribuir a la conservación del ambiente (Jeffrey y Barea, 2001)

Los productores han observado que la técnica de inocular micorrizas en café brinda un vigor grande a la planta, lo cual es de mucha utilidad, una planta sana será más resistente a plagas y enfermedades, siendo eso de gran importancia porque les reduce costo en la compra de fertilizante y mano de obra (Blanco, 1997).

Los autores reflejan en sus estudios que la inoculación es una técnica de bajo costo y ofrece grandes beneficios no solo económicos sino ambientales, por lo que se concuerdan que la técnica de inoculación de micorrizas es viable tanto para el productor como para el medio ambiente.

#### **7.18.1. Costos directos**

#### **7.18.2. Materias primas**

Dentro de las materias primas utilizadas en la producción de inóculos de hongos está la planta hospedera, el sustrato y la cepa es lo más importante en el proceso de producción encontrándose de forma natural en plantas como robles, eucaliptus, pinos y erythrinas (Smith, 1997)

En lo que es el sustrato se pueden usar gramíneas, suelo virgen, la materia prima no es difícil de conseguir y sus costos son bajos, se encuentran de forma natural (Guerra, 2008).

En Nicaragua, en el departamento de Jinotega inoculan las plantaciones de café, utilizando las cepas de micorrizas que extraen de plantas como elequemes como *Erythrina fusca* y *Erythrina poeppigiana*, en la finca El Petén se extraen las micorrizas de tipo ectomicorriza de árboles aledaños (Corrales, 2015).

### **7.18.3. Costos de aplicación de micorrizas**

De acuerdo Martínez (2002), el empleo de las micorrizas significa un ahorro de insumos y con mejor protección del medio ambiente, ya que aumenta la absorción de muchos nutrientes y con esto se disminuiría la utilización de productos tóxicos, además el efecto directo, sobre el crecimiento de las plantas, el favorecimiento en la absorción del fósforo, aumenta el crecimiento de las raíces y la fijación de Nitrógeno. También con el uso del hongo se evitan enfermedades del suelo, ya que actúa indirectamente como barrera protectora de la raíz, a su vez alcanzan mayor área de suelo facilitando el transporte de agua hacia la planta.

### **7.18.4. Mano de obra de la técnica de inoculación de micorrizas**

La mano de obra para la inoculación de micorrizas en café tiene un costo igual a cualquier actividad realizada en su manejo agronómico, (esta actividad puede ser realizada por trabajadores de la finca y ser pagada como día trabajado), es decir, se realiza dentro del manejo agronómico, con el fin de prepararlo para futuras cosechas, estas técnicas se pueden incluir en el cronograma de actividades (Itinerario técnico, ITK) y el precio está de acuerdo a lo que estipule el Ministerio de Trabajo (Bateman, 2003).

En las fincas cafetaleras de Nicaragua los salarios de los obreros se basan en lo que estipula el Ministerio de Trabajo, cuyo precio en el año 2012 y 2013 osciló entre 80–100 córdobas el día trabajado de 8 horas, incluyendo los tres tiempos de comida y brindándole una mejora en la alimentación una vez por

semana, cabe mencionar que este precio es variable, es decir, solo se paga este valor en tiempo que no hay cosecha de este rubro, en tiempo de cosecha se paga un poco mejor (120 – 150 córdobas el día).

La información recopilada que la técnica de inoculación se puede incluir en el planeamiento de actividades de manejo que se le da al cultivo de café y puede ser realizada por el personal que labora en la finca, se paga igual que cualquier actividad siempre y cuando el salario sea lo estipulado por la ley.

Con el microorganismo se aproveche al máximo, aunque tienen la ventaja de que si en algunos plantíos no han realizado esta técnica la pueden realizar y la micorriza siempre actuará aunque un poco más lento (Carvajal, 2006).

Las literaturas consultadas afirman que las micorrizas se pueden establecer en la planta en cualquier mes del año, se recomienda en época húmeda.

#### **7.18.5. Costos indirectos**

Son aquellos que afectan el proceso productivo, el costo indirecto proviene de los gastos técnicos y administrativos que se tiene necesidad de realizar para la elaboración de un proceso productivo, estos pueden ser, alquileres, costos técnicos, capacitación, imprevistos y traslado de personal.

#### **7.19. Cromatografía de suelo**

La cromatografía de suelos es una técnica de análisis cualitativa adaptada de la medicina biodinámica a la agricultura por el doctor Ehrenfried E. Pfeiffer (1899-1961), (Corrales, 2015).

Es un método para hacer análisis cualitativo de suelos, frutas y composts etc. Puede ser realizado por los agricultores de forma rápida, en cualquier lugar, y con bajo costo (Corrales, 2015).

Mediante la cromatografía se obtiene un dibujo en color del sustrato. De una manera cualitativa, permite identificar la salud de un suelo y poder reconocer si el suelo está bien estructurado, si los minerales presentes están disponibles

para las plantas y si existe una buena integración entre las diferentes fases del suelo que lo hacen fértil.

La cromatografía ayuda a campesinos y campesinas a profundizar en el conocimiento de sus suelos, sus cultivos y a hacer responsables de sus decisiones de manejo.

Los materiales necesarios para esta técnica son:

1. Hidróxido de sodio al 1% (NaOH).
2. Nitrato de plata al 0.5% (AgNO<sub>3</sub>).
3. Papel filtro Watman número 5.
4. Muestras de suelo secadas a 75°C.
5. Agua destilada.
6. Cámara oscura (caja de cartón).

Los instrumentos de laboratorio utilizados en la técnica son:

1. Horno esterilizador.
2. Bandejas de secado.
3. Beaker de 250 ml.
4. Beaker de 100ml.
5. Beaker de 50ml.
6. Balanza digital.
7. Tamiz.
8. Balón de aforo de 100ml.
9. Mortero.
10. Cuchara espátula.
11. Placa Petri.
12. Goteros.
13. Probeta de 10ml.
14. Embudo de vidrio normal.
15. Papel desechable.

Aunque en campo algunos materiales pueden ser remplazados por otros, con el fin de hacer la técnica más sencilla.

### Fotografía 3. Cromatografía del suelo



Fuente: Elaborada por los estudiantes Daniel Lumbí y Nehisy Zeledón con suelo de una de las parcelas de estudio, cuyo sistema es guaba más café.

## 7.20. Cultivo del café

### 7.20.1 Taxonomía

El café pertenece a la familia de las Rubiáceas y al género *Coffea*. Existen numerosas especies de cafeto y diferentes variedades de cada especie. Las especies más importantes comercialmente pertenecientes al género *Coffea*, son conocidas como *Coffea arabica* Linneo (conocida como Arábica o Arábiga) y *Coffea canephora* (conocida como Robusta) (ICAFE, 2011).

El café tiene variedades diferentes las cuales se adaptan a climas diferentes, algunas de estas variedades son más susceptible al ataque de las enfermedades, además de que algunas demuestran mayor rendimiento en la cosecha (CAC, 2003).

Nicaragua es un país que por su posición geográfica brinda las condiciones óptimas para establecer este rubro, cuenta con variedades de café como caturra, catimore, maragogype, etc. Aunque también existen organizaciones como Atlantic que produce híbridos de café los cuales son muy resistentes a enfermedades, pero susceptible al ataque de los nematodos (MAGFOR, 2008).

### **7.20.2. Importancia del café para Nicaragua**

El café es el rubro de mayor importancia en el sector agrícola de Nicaragua, ocupa el sexto lugar en el Producto Interno Bruto, es el principal producto de exportación con un 18.2% de las exportaciones totales. El cultivo del café genera aproximadamente 300,000 empleos directos e indirectos que representa el 53% del total de empleos del sector agropecuario y el 14% del total de empleos a nivel nacional (MAGFOR, 2012).

El café es un rubro que genera ingresos tanto al país como a la sociedad nicaragüense, ya que para su procesamiento se requiere de mucha mano de obra generando así empleo a personas de escasos recursos económicos y a pequeños, medianos y grandes productores (MAGFOR, 2012).

Nicaragua tiene como una de las principales bases en su economía la exportación de café, año con año este rubro ha venido adquiriendo fuerzas en el mercado local e internacional ayudando así a mejorar el nivel de vida de las familias nicaragüenses (MAGFOR, 2008).

### **7.20.3. Productores y áreas de café**

El sector cafetalero está compuesto por 44,519 productores y productoras que cultivan 180,219.7 manzanas de café, de los cuales: 18,640 tienen fincas con un máximo de tierra de 5 manzanas. En su mayoría por pequeños y medianos productores (MAGFOR, 2012).

Los productores en Nicaragua cuentan con limitados recursos económicos, cultivar café, para muchos implican altos costos, la variabilidad climática ha provocado que el café sea susceptible a plagas y enfermedades, es por esta razón aplicar micorrizas es una técnica muy rentable, en áreas pequeñas se pueden inocular con mucha facilidad (MAGFOR, 2012).

#### **7.20.4. Zonas de producción**

Geográficamente, el área cafetalera se distribuye de la siguiente forma:

El 35% en Jinotega, 28% en Matagalpa, 24% en las Segovia y el 13% en el resto del país (MAGFOR, 2012)

Las plantaciones del café en la zona norte y central se ubican en los rangos comprendidos entre 365-1500 msnm. En las Segovia entre 490-1550 msnm y en el Pacífico, entre 420-933 msnm (MAGFOR, 2012)

El mayor porcentaje de café se encuentra en la parte norte en los departamentos de Jinotega y Matagalpa debido a que el café demanda mayor altura para el desarrollo (MAGFOR, 2012)

En varias zonas de Nicaragua se siembra café como en la meseta de los pueblos específicamente en el Crucero, donde tienen las condiciones óptimas para el desarrollo, en la parte central se cosecha café de altura y es donde los productores ponen todo el empeño para obtener buenos rendimientos, de eso depende gran parte de su economía (MAGFOR, 2012).

#### **7.20.5. Variedades de café**

Las variedades de soporte de la caficultura nicaragüense es el Caturra con el 72%. El 28% está compuesto por Borbones, Paca, Catuaí, Catimore, Maragogype, Pacamara (MAGFOR, 2012).

Todas las variedades son las que expresan las mejores calidades de taza de café exportables.

#### **7.20.6. Producción Nacional**

Producción anual: 2 –2.2 millones de quintales.

Rendimiento promedio: 12 quintales por manzana.

Rango de rendimiento: rendimientos que oscilan entre 4- 40 quintales por manzana (MAGFOR, 2012).

En Nicaragua los rendimientos por manzana son sumamente bajos, una manzana de café bien tecnificada se logran altos rendimientos que los citados en la bibliografía. Para tecnificar una manzana de café se requiere de una inversión financiera, los insumos cada vez están con altos costos, es por esta razón que al implementar la inoculación de micorrizas se reduce los gastos, ayuda a la planta a guardar humedad en época seca, absorbe nutrientes, evita el ataque de nematodos, etc.

### **7.21. Fitosanidad**

Los niveles de incidencias de enfermedades y plagas, están determinadas por una alta presencia de roya con el 37% y un complejo de enfermedades entre ellas ojo de gallo (*Micena citricolor*), antracnosis (*Colletotrichum sp.*), mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), mal de hilacha (*Perecolaria colleroga*), entre otras, nematodos (*Meloydogyne*), y enfermedades bacteriales (*Pseudomona*, *Xantomonas*, *Xilelfastidiosa*, etc.) (ICAFE, 2011).

El mayor problema que enfrentan los cultivos de café son las plagas y enfermedades esto no permite a la planta realizar con eficiencia los procesos fisiológicos, lo cual viene a incidir gravemente en los rendimientos de las cosechas. Los productores descubren la fitosanidad de las plantas mediante el crecimiento de la misma, es decir, observan el comportamiento que estas presentan, el indicador que se toma en campo para determinar si una planta está enferma es el vigor, además de la clorosis, etc. (CAC, 2003).

En el país la técnica con microorganismos ha servido para controlar algunas plagas y enfermedades como la roya, broca etc. Entre los microorganismos que se usan en el campo de la agricultura para disminuir la incidencia de plagas y enfermedades está la *Bauveria bassiana* que controla broca. La inoculación de micorrizas, bacterias fijadoras de nitrógeno, este tipo de técnicas ha venido evolucionando mediante la adopción de algunos productores que tienen una visión de cambio, en la actualidad las plagas y enfermedades se están volviendo más resistentes a los productos químicos y frente a las condiciones climáticas existentes se deben buscar alternativas que prevengan y controlen

las plagas y enfermedades sin causar daño al medio ambiente (MAGFOR, 2012).

### **7.21.1 Enfermedades del cultivo de café**

#### **7.21.2 La roya**

Causada por el hongo *Hemileia vastatrix*, patógeno que sólo puede sobrevivir en las hojas vivas del café. La presencia de la enfermedad se reconoce por manchas redondas de color amarillo claro en la parte superior de la hoja y presencia de un polvo color naranja en la parte inferior. En las lesiones viejas se puede observar tejido muerto de color café. El daño principal de la roya se presenta con la caída de hojas, afectando la maduración normal del café cuando los ataques son tempranos y provocando un agotamiento prematuro de las plantas.

El hongo causante de la roya se reproduce múltiples veces, favorecido por la condición climática y por un mal manejo del cafetal (Barquero, 2013)

La Roya es una enfermedad fungosa, la cual afecta las plantas del café mediante la caída prematura de las hojas infestadas, reduciendo el rendimiento hasta en un 50%, afecta la economía energética de la hoja, la cual es responsable de tres procesos vitales como son: Fotosíntesis, Respiración y Transpiración (RAMAC, 2013).

#### **Fotografía 4. Hoja del café con Roya**



(ANACAFE, 2000).

### 7.21.3 La antracnosis

La antracnosis es una de las enfermedades más importantes que afectan al cultivo. Esta enfermedad es causada por el hongo *Colletotrichum spp.* Diversos factores inciden en el desarrollo de esta enfermedad, entre los que se mencionan, condiciones ambientales favorables al desarrollo y multiplicación del patógeno, así como estrés fisiológico en la planta causada por diversos factores como la inadecuada nutrición, el ataque de otras plagas, suelos de baja calidad, entre otros.

Esta enfermedad ataca plantas de café en todas las etapas, iniciando desde el vivero, hasta plantas en desarrollo y en producción. Afecta las hojas, ramas, flores y frutos del café. Provoca defoliación y muerte regresiva en las ramas, causando la muerte de las plantas o reduciendo la capacidad productiva.

La enfermedad se presenta en diferentes condiciones y altitudes, afectando cafetales con diferentes niveles tecnológicos, desde tradicional hasta tecnificado, así como diferentes variedades; se presenta en todas las zonas cafetaleras, tanto en zonas bajas y secas como en zonas altas y húmedas. El hongo que causa la antracnosis es considerado oportunista, este aprovecha el daño causado por otros organismos o por otros factores para penetrar en el tejido de la planta. El hongo infecta principalmente plantas mal nutridas o plantas que sufren de algún estrés causado por factores climáticos, por factores de manejo o por otras plagas (FUNICA, 2012).

#### Fotografía 5. Hojas de café con antracnosis



(ANACAFE, 2000).

#### 7.21.4. Ojo de Gallo

Es causada por el hongo *Mycena citricolor*, de gran importancia en las zonas medias y altas donde se presentan lluvias frecuentes. La enfermedad se caracteriza por la formación de manchas circulares u ovaladas en las hojas, de color oscuro cuando las lesiones son jóvenes y de color pardo claro cuando son viejas. El daño principal se presenta cuando ocurre una defoliación y caída de frutos de forma rápida y severa (Barquero, 2013).

**Fotografía 6. Hoja de café con ojo de gallo**



(ANACAFE, 2000).

#### 7.21.5. Mancha de hierro

Enfermedad de importancia que ataca al cultivo del Café, es causada por un hongo que afecta a la planta en diversas etapas, iniciando desde el vivero. Los daños más graves ocurren en el fruto, pero también afecta a las hojas. Es conocida científicamente como *Cercospora coffeicola*. En su fase inicial se presentan manchas circulares de 3 a 10 mm de diámetro, con 3 colores concéntricos bien definidos; una mancha circular cenicienta oscura en el centro, con diminutos puntos negros, luego un anillo café-rojizo y en toda la orilla un halo amarillo (Barquero, 2013).

### Fotografía 7. Hoja con mancha de hierro



(ANACAFE, 2000).

### 7.21.6. Mal de hilachas

(*Pellicularia koleroga*) Esta enfermedad se caracteriza por la presencia de hojas secas suspendidas en las ramas por un `hilo' compuesto por hifas del hongo. El patógeno puede permanecer en los tallos y cuando se activan las condiciones óptimas para su desarrollo invade las hojas ocasionándoles la muerte. La enfermedad puede ocurrir también en los frutos y puede afectar todo el glomérulo. Los síntomas se manifiestan como una necrosis seca que se inicia desde el pedúnculo progresando simétricamente por toda la superficie del fruto. La infección se favorece por condiciones de alta humedad y temperaturas moderadas. Es particularmente severa durante y después de la época de lluvia en cafetales altamente sombreados (Barquero, 2013).

### Fotografía 8. Planta de café con mal de hilachas



(ANACAFE, 2000).

## 7.22. Plagas más comunes del cultivo de café

### 7.22.1. La broca

(*Hypothenemus hampei*), es la plaga más importante en plantaciones comerciales de café en prácticamente todos los países productores del mundo. Todas las variedades y especies comerciales de café son atacadas por este insecto. Su ataque reduce el rendimiento y merma la calidad del grano.

Es el principal insecto plaga en los países productores de rubro cafetalero. El principal daño es causado por las hembras que perforan los frutos en diferentes etapas de desarrollo, si el ataque se presenta en frutos pequeños se provoca la caída de los mismos, además es muy significativo el daño causado a los frutos de estado semi lechoso o maduro donde la hembra excava galerías o túneles para ovipositar (depositar huevos), como consecuencia se reduce el peso de los granos de café y la calidad y valor de los mismos, pérdidas adicionales se producen por el aumento en los costos de producción (SENASICA, 2013).

#### Fotografía 9. Broca en café



(ANACAFE, 2000).

### 7.22.2. El minador de la hoja

(*Leucoptera coffeella*) es originario del continente africano y se encuentra diseminado por todas las regiones cafetaleras del mundo. En América fue observado por primera vez en 1842. Durante el día, las mariposas o palomillas

permanecen quietas en el envés de las hojas, iniciando su vuelo solo durante la segunda mitad de la tarde. Los huevos amarillentos, son puestos durante las horas de la noche en el haz del follaje. En un periodo de 15 días una hembra es capaz de poner alrededor de 75 huevos. Las larvas recién eclosionadas penetran los tejidos del follaje donde se alimentan de todo el tejido entre la dermis de los lados superior e inferior de la hoja. En ataques severos, hay una gran destrucción del tejido de las hojas, acompañado por una considerable defoliación o caída temprana de las hojas (Atlantic, 2012).

#### **Fotografía 10. El minador de la hoja**



(ANACAFE, 2000).

#### **7.22.3. Vaquita del café (*Lachnopus coffeae*)**

Es de color gris, se alimenta de hojas y tallos tiernos de café así como de los capullos de las flores. Come de los bordes de las hojas dejando muescas en el tejido. Se come, además, la cascara de los frutos verdes.

Es más abundante durante los meses de mayo a junio. En algunas regiones de la zona cafetalera ataca más severamente que en otras, su control causa dificultad (ANACAFE, 2000)

#### **Fotografía 11. Vaquita del café**



(ANACAFE, 2000).

#### **7.22.4. Cochinilla (*Dactylopius coccus*)**

Es una plaga que ataca las raíces del cafeto a nivel del cuello, se alimenta y debilita la planta, disminuyendo la producción y finalmente ocasionando la muerte del árbol. La cochinilla de la raíz son insectos de color rosado envuelto en una lana blanca, viven asociados con hormigas que trasportan de una planta a otra, se presenta principalmente en plantas de café con problemas radiculares, también puede ser por causa de uso de gallinaza fresca o materia orgánica no bien compostada (ANACAFE, 2000).

#### **Fotografía 12. Cochinilla en café**



(ANACAFE, 2000).

### **7.23. Cantidad de producción**

#### **7.23.1. Rendimientos obtenidos**

Cuando la infección interna está bien establecida, las hifas del hongo pueden crecer externamente desde la raíz de la planta hacia el suelo y explorar un volumen de suelo inaccesible a las raíces; con ello la planta aumenta considerablemente la superficie de absorción de 100 a 1000 veces y por tanto su capacidad de captación de nutrientes y agua (Harley y Smith, 1993).

Se obtienen buenos rendimiento al inocular micorrizas en las plantas, ya que las raíces exploran nuevos espacios de suelo permitiendo mayor absorción de minerales y nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo. En muchas investigaciones realizadas por científicos en Cuba manifiestan que los rendimientos son muy ventajosos, los resultados de los estudios arrojan datos con alta respuesta de los cultivos estudiados, comprobándose alta participación de micorrizas en la extracción (Rodríguez, 2001).

Al haber mayor exploración de las raíces en el suelo la planta aprovecha todos los nutrientes, agua y los rendimientos que se obtienen son considerables ya que aumenta la cantidad de hojas así como el vigor de las mismas lo cual favorece el desarrollo y salud de la planta (Ruíz, 2002).

Según INCA (1998) las plantas micorrizadas producen sustancias activas estimuladoras del crecimiento vegetal, tienen un triple papel como suministradores de nutrientes y fitohormonas necesarios para la producción.

Ambos autores coinciden expresando que al haber micorrización en plantas hay aumento vegetativo, las raíces exploran gran parte del suelo y esto lleva a obtener mayor cantidad de agua y nutrientes, por tanto hay buenos resultados al momento de la cosecha en cantidad.

En una primera instancia se produce una identificación mutua planta - hongo en la rizósfera, en regiones próximas a las raíces nutricias; este reconocimiento parece mediado por sustancias exudadas por la raíz que provocan el crecimiento del micelio y un biotropismo positivo del mismo hacia la raíz. Luego se produce el contacto intercelular al formarse una estructura llamada apresorio. En tercer lugar se producen cambios morfológicos y estructurales tanto en los tejidos colonizados por el hongo, como en la organización de la pared celular del simbionte fúngico. Posteriormente se da la integración fisiológica de ambos simbioses y por último se produce una alteración de las actividades enzimáticas, que se coordinan entre los simbioses para integrar sus procesos metabólicos (López, 1995).

La colonización de las micorrizas se debe a que la planta hace una simbiosis con el hongo, la raíz produce exudados que permiten a las micorrizas crear sus estructuras de reproducción como es el micelio, esto pasa en las regiones cercanas a la raíz, una vez creado el micelio se unen las células del hongo con las de la planta formando el apresorio, ocurriendo cambios en la planta que producen alteraciones enzimáticas que manipulan los procesos fisiológicos de la planta (Rodríguez, 2001)

Las micorrizas se unen a la planta para sobrevivir y brindarle una mejor nutrición, es por esta razón que los productores cuando implementan este tipo de destrezas lo hacen de modo que la inoculación quede cerca de la rizósfera, la técnica la realizan más que todo en bosques vírgenes poblados por pinos, la especie de árbol es hospedero de micorrizas, para esto se puede usar sustrato como granos de arroz, hojuela de avena, trigo y dejarlos cerca de las raíces para que las micorrizas se incrementen en el transcurso de los días, se extrae el sustrato y se coloca cerca de las raíces de la planta a inocular. Aunque en el mercado se encuentran productos a base de micorrizas se dan resultados similares (Guerra, 2008).

### **7.23.2. Bandolas de café**

Las bandolas laterales primarias se desarrollan a partir de las yemas situadas en las axilas de las hojas del tallo central. Las ramas primarias brotan según se alarga y madura el eje central, a su vez también se alargan y maduran continuamente, al tiempo que van dando lugar a ramas secundarias y terciarias (ICAFE, 2011).

Hay que distinguir entre las ramas plagiotrópicas, que crecen lateral u horizontalmente, y las ramas ortotrópicas, que crecen verticalmente hacia arriba. Esto es importante de cara a la poda y a la propagación por injertos o esquejes. Si se enraíza o se injerta una rama ortotrópica se obtiene una planta normal, mientras que si se hace con una plagiotrópica da lugar a una planta baja y compacta sólo con ramas laterales (CAC, 2003).

Es también en las ramas donde se producen las flores y los frutos; rara vez se desarrollan directamente sobre el tallo principal (Martínez, 2005).

Las bandolas surgen a partir del tallo central de la planta, es el lugar donde se forman los frutos, en muchas ocasiones las bandolas o ramas laterales son utilizadas como medio de propagación vegetal, en el caso del café entre mayor número de bandolas y mayor sea el tamaño, mayor será el rendimiento de la producción (ICAFE, 2011).

## VIII. DISEÑO METODOLÓGICO

### 8.1 Zona de estudio

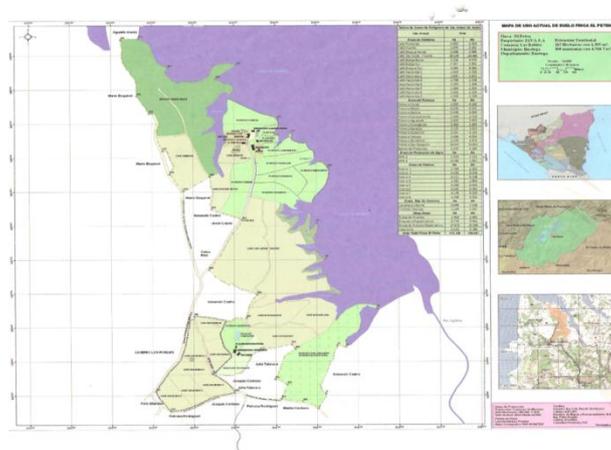
La comunidad de los Robles - Jinotega está ubicada a 175 km de la capital Managua y 15 km la ciudad de Jinotega, se caracteriza por presentar precipitaciones que oscilan entre los 1600 – 1800 mm de agua anual y temperaturas entre los 14° – 20° Celsius y una altura de 1300 – 1400 msnm (INETER, 2009).

La comunidad se encuentra ubicada carretera al municipio de Pantasma, presenta un ecosistema muy diverso ya que se encuentra a la orilla del lago de Apanás.

### 8.2. Ubicación de la finca de estudio

Finca El Petén, tiene una extensión territorial de 160.667 manzanas equivalente a 113.138 ha, de las cuales 67.765 manzanas están destinadas a la producción de café con diferentes edades, la finca es propiedad del señor Cristóbal Roberson, ubicada a 180 kilómetros de la capital y a 20 Kilómetros de la ciudad de Jinotega, a 5 Kilómetros del empalme de los Robles, carretera a Pantasma, el acceso a la finca es a través de carretera pavimentada (hasta el empalme de los Robles), trochas de macadán de todo tiempo (5 Km). La propiedad colinda con el Lago de Apanás (Corrales, 2015).

**Fotografía 13. Mapa de la finca**



Fuente: Proporcionado por la administración de la Finca.

### 8.3. Tipo de estudio

Desde el enfoque filosófico empleado en esta investigación es de carácter descriptivo, cuali-cuantitativo por que se orientó a evaluar el uso de micorrizas en el cultivo de café en la finca El Petén, planteándose interrogantes, hipótesis y variables. Es cuantitativo porque se analizaron las mediciones obtenidas a partir de la recopilación de datos en campo y de laboratorio (altura media de plantas, número medio de bandolas, biomasa, análisis de suelo, producción, etc.), cualitativo porque se observaron el estado de los plantíos y el beneficio que aporta el asocio de esta técnica con las plantas en las parcelas.

Esto permitió la elaboración del marco teórico desde la planificación de la investigación, la operacionalización de las variables a medir, los resultados se procesaran estadísticamente para interpretación de los datos.

### 8.4. Población y muestra

La Finca El Petén está constituida por diversos plantíos de café,

La población inoculada con micorrizas en la zona de estudio son 67.765 manzanas, donde se estudió un plantío para esta investigación, dicho plantío tiene dimensión de 7.12 manzana, se tomó este por ser el único plantío que tiene café de la misma edad (5 años) bajo los cuatro diferentes umbrales, la densidad de siembra es de 3500 plantas por manzanas.

Para realizar la investigación se consideraron 4 escenarios o sistemas de asocio de 400 m<sup>2</sup> cada uno con helequeme (*Erythrina fusca*) más café, guaba (*Inga edulis*) más café, poro (*Erythrina poeppigiana*) más café, musáceas (*Musas acuminata*) más café, cabe mencionar que estos escenarios están dentro de un mismo plantío llamado la Botija, en etapa de producción, estos escenarios se tomaron por conveniencia de acuerdo a la población de umbrales existente en cada uno de los 400 m<sup>2</sup>.

El muestreo por conveniencia, se da porque el investigador selecciona los elementos que a juicio son representativos, lo que exige un conocimiento previo de la población que se investiga. Se constituye en un tipo de muestra no

probabilística, ya que se utilizan en situaciones en las que la población es muy variable y consecuentemente la muestra es muy pequeña (Zacarías, 2008).

La muestra se tomó bajo los siguientes criterios:

- a) La planta debe estar dentro del plantío (La botija), dentro de los 400 m<sup>2</sup> y pertenecer a uno de los sistemas de asocio.
- b) Las plantas deben tener la misma edad de siembra, igual manejo agronómico y condiciones climáticas.
- c) Las plantas a muestrear fueron tomadas en base a la población existente en cada uno de los 400 m<sup>2</sup>.

### **8.5. Tipo de muestreo**

Para llevar a cabo la investigación se utilizó el muestreo probabilístico, que es un proceso que brinda a todos los individuos de la población la misma probabilidad de ser seleccionado (Ruiz , 2010), se usó fue el muestreo aleatorio simple, en este tipo de muestreo cualquier planta está en condición de ser seleccionada, lo único que hace el investigador es asegurarse que todos los miembros de la población sean incluidos en la lista, el estudio dio una mejor homogenización de las plantas y así se obtuvieron resultados confiables (Ruiz , 2010).

### 8.5.1. Distribución de la muestra

Cuadro 2: Distribución de la muestra, plantío la Botija.

Escenarios	Población	Muestra %
Helequeme – café <i>Erythrina fusca.</i>	165.	25%
Guaba – café. <i>Inga edulis.</i>	188.	29%
Poró – café. <i>Erythrina poeppigiana.</i>	161.	25%
Musáceas – café <i>Musas acuminata.</i>	134.	21%
<b>Total</b>	648.	100%

Para estimar el porcentaje de plantas a muestrear se utilizó una regla de tres donde la población serán 648 plantas que son las que están dentro de los 4 escenarios, entonces:

**Helequeme más café las plantas en estudio son 165.**

$$648 \dots\dots\dots 100\% \qquad \frac{165 * 100\%}{648} = 25.46. \approx 25\%.$$

$$165 \dots\dots\dots X \qquad \qquad \qquad 648$$

**Guaba más café, las plantas en estudio son 188.**

$$648 \dots\dots\dots 100\% \qquad \frac{188 * 100\%}{648} = 29.01. \approx 29\%.$$

$$188 \dots\dots\dots X \qquad \qquad \qquad 648$$

### **Poro más café, las plantas en estudio son 161.**

648.....	100%	$\frac{161 * 100\%}{648} = 24.84. \approx 25\%.$
161.....	X	648

### **Musáceas más café, las plantas en estudio son 134.**

648.....	100%	$\frac{134 * 100\%}{648} = 20.67. \approx 21\%.$
134.....	X	648

## **8.6 Técnicas de recolección de la información**

Las técnicas que se utilizaron en campo fue la revisión de registros de rendimientos productivos, con el propósito de demostrar si el uso de micorrizas tuvo efecto en los plantíos de café de la finca de estudio, además se realizó muestreo de plagas y enfermedades con el objetivo de verificar el estado actual de las plantas y demostrar que la implementación de micorrizas tuvo efecto sobre el control de enfermedades, y si con la técnica se han obtenido beneficios ambientales, también se estimaron los costos para la implementación de la técnica, con el fin de constatar si es una técnica viable para pequeños productores, además se realizó pruebas de campo, muestreos de tomas de suelo, mediciones de alturas y recuento de bandolas, pruebas de laboratorios, muestreos de biomasa.

## **8.7. Descripción de la metodología utilizada en campo y laboratorio**

Para la recopilación de datos se utilizaron diversas técnicas como muestreos para determinar la cantidad de biomasa donde se tomaron 5 estaciones la cual se hizo con un cuadro de 1m<sup>2</sup>, se recolectaron las hojarasca que estaban dentro del cuadro, luego se pesaron, se hicieron cálculos para determinar cuántos Kg había en los 400 metros cuadrados.

Revisión de registros productivos y base de datos donde guardan registros de aplicaciones e itinerario de trabajos.

Para el diagnóstico de plagas y enfermedades se hizo mediante la metodología empleada por el CATIE, consiste en tomar las plantas a muestrear de forma

aleatoria, una vez seleccionada la planta se procede a sujetar una de las bandolas de cualquiera de los estratos y se hace el recuento de hojas sanas, enfermas y atacadas por plagas, cabe mencionar que el estrato de la planta debe variar, es decir, si en la planta uno se tomó el estrato superior, en la planta dos se utilizó el estrato medio para la selección de la bandola y así sucesivamente. También las mismas plantas fueron se les midió la altura y se contaron las bandolas con el propósito de obtener el promedio de altura y número medio de bandolas de plantas por escenario.

Observación directa que es la descripción detallada, donde se especifica claramente lo que está pasando, servirá como medio para comprobar directamente la situación en que se encuentran los plantíos de la finca.

Se hicieron prácticas de campo para determinar la energía biológica del suelo de las parcelas de estudio, la técnica utilizada fue la cromatografía la cual es un tipo de análisis biológico de suelo, donde se refleja en un papel una fotografía actual del suelo, en ella se observa una capa húmica, capa proteica, materia orgánica, los minerales, microorganismos y la simbiosis que forman en el suelo.

El suelo para la prueba se extrajo a 10 cm, 20 cm, 30 cm, por escenario y se mezcló con el fin de sacar una muestra de la unión de las tres profundidades y utilizarlo como sustrato para los cromatogramas.

La técnica consiste en extraer una muestra de suelo, secarla a 75°C hasta tener un peso constante, luego se utilizó nitrato de plata al 0.5, una placa Petri, papel filtro, donde al papel filtro se le realizó un agujero en el centro y del centro se mide 4cm y 6cm, haciendo un orificio fino en cada una de las medidas, también se hicieron unos tubitos con papel filtro, para esto se recortaron trozos de papel filtro de 2 x 2 cm este sirvió para la impregnación.

Una vez listo se procedió a realizar la parte práctica que consiste en poner cierta cantidad de nitrato de plata en la placa Petri, se tomó el papel filtro y en el orificio del centro se introdujo el tubito de 2x2cm, luego se deja que el nitrato de plata ascienda por este tubo y se espera que el nitrato de plata impregne el papel filtro hasta los 4cm, se procede a retirar el papel filtro y se introduce en una cámara oscura, la cual puede ser una caja de cartón, esto se hace para

que el papel filtro se seque bajo sombra, ya que el nitrato de plata tiende a reaccionar con la luz lo cual daría un error al momento de hacer la fase de revelado, cabe mencionar que el papel debe quedar bien seco, tarda entre 24 a 48 horas.

Después de hacer la fase de impregnación se procedió a la preparación de la muestra de suelo, para esto se utilizó un tamiz fino, un mortero, una placa Petri una balanza, una probeta de 50ml.

Se extrae una muestra de suelo la cual se tamiza, se tritura con el mortero hasta dejar el suelo como talco, una vez tamizada y triturada la muestra se pesaron 5 gramos y mezcló con 50ml de solución de hidróxido de sodio al 1%, la mezcla se agitó en forma circular y se dejó reposar hasta que el papel filtro esté seco.

Una vez que el papel filtro se secó se procedió a la parte de impregnación del mismo papel con la mezcla de hidróxido de sodio y suelo, la cual se introduce en una placa Petri y con ayuda de otro tubito de 2x2cm asciende al papel filtro, se deja llegar hasta los 6cm medidos en el papel, una vez que la impregnación está en los 6cm se retira el papel filtro y se pone a secar al sol hasta obtener distintas coloraciones donde se reflejan los minerales, capa húmica, microorganismos, materia orgánica y enzimas, luego se secó, se procedió a la interpretación de los resultados a través de un software, que proporcionó el asesor ingeniero Luis Valles.

Para realizar los cromatogramas se hizo uso de los laboratorios de la UNAN-FAREM Matagalpa, para el nitrato de plata se hizo la siguiente conversión ya que el nitrato de plata existente en el laboratorio la concentración es al 5%, se tomaron 10ml de nitrato de plata y se llevó a completar los 100ml con agua destilada, usando un balón de aforo de esa manera se obtuvo nitrato de plata al 0.5%. Para tener el hidróxido de sodio al 1% se utilizó NaOH en cristal y se pesó un gramo el cual se disolvió en 100ml de agua destilada.

Mediante el análisis se demuestra la evolución que tiene un suelo en cuanto a minerales, microorganismos eficientes, enzimas y así poder observar la simbiosis que forman estos en el suelo para nutrirlo.

Para saber el pH del suelo se hizo uso de un potenciómetro, para determinar la textura se utilizó la prueba de estratificación la cual consistió en introducir 350 gramos de suelo en el interior de una botella de vidrio y fondo plano, luego se llenó con agua y agitó por diez minutos, una vez que se mezcló el agua y la tierra se dejó reposar por 72 horas, observándose las capas de limo, arcilla y arena, después se procedió a medir con una regla la altura de cada capa que se formó y también se midió la lámina de agua.

Luego se realizaron los siguientes cálculos:

Altura de la lámina ya sea limo, arena o arcilla, se dividió con la altura de toda la muestra de suelo y se multiplicó por cien dando el porcentaje, con esto se procedió a usar el triángulo de Lion que refleja los tipos de texturas.

Materiales utilizados: bolsa plásticas, hornos esterilizadores, libreta de campo, lapiceros, cámara digital, balanza graduada, lupa, estereoscopio, papel filtro, nitrato de plata, soza caustica, cristalería de laboratorio. Instrumentos como ficha de observación, metodologías de muestreos.

Fotografías: es un instrumento auxiliar para dar respaldo a la investigación y tener un medio visual para conocer el trabajo realizado y la comprobación directa del lugar de estudio.

### **8.8. Procesamiento y análisis de la información**

Con la información procedente de la recopilación de datos, la revisión de registros de la finca y las prácticas de laboratorio, se elaboraron tablas, gráficos en Excel para la realización de gráficos (barra) y Word para la elaboración del documento.

### **8.9. Manejo agronómico que reciben las parcelas en estudio**

Las plantas en estudio reciben el manejo agronómico similar que consiste en regulaciones de sombra en los meses de enero – febrero y en entrada de invierno, con el fin de prevenir el ataque de enfermedades fungosas mediante la aireación dentro del cafetal, aunque también realizan aplicaciones de productos orgánicos como caldo bordelés para el control y prevención de

hongos que atacan al café, aplicaciones de biofertilizantes donde utilizan 18 litros por manzana, esto para propiciarle vigor a la planta, deshieras cada mes y medio o dependiendo de cuando estas malezas se presenten, esta actividad la realizan mediante el método mecánico, con machete y el propósito de esta actividad es eliminar las malezas que crecen como bejucos, zacates, malezas de hoja ancha como varilla colorada, lengua de vaca, entre otras, y así evitar competencia por nutrientes, agua, energía solar, espacio, etc. Fertilización con abono orgánico boskashi, cabe mencionar que este abono es preparado en la finca los ingredientes son harina de roca, gallinaza, semolina, ceniza, levadura de pan, pulpa de café, estiércol de ganado bovino seco, tierra negra, cascarilla de café, rastrojo de frijol. De este preparado le aplican 5 libras por planta de forma edáfica es decir cerca de la raíz a entradas de invierno.

Nota: En plantas pequeñas en período de desarrollo aplican otro ingrediente como es la micorriza es aplica diez libra de preparado de micorriza por cada diez quintales de boskashi la dosis por planta es de 2.5 libras por planta, donde ocupan 8,750 libras por manzana y para fertilizar todas las áreas de café 586,250 libras equivalentes a 5, 862 quintales.

### 8.10. Cuadro 3: Operacionalización de las variables

Objetivos	Variables	Subvariables	Indicadores	Materiales	Instrumento
Determinar la nutrición en el suelo de las parcelas estudiadas, así como el mejor sistema agroforestal para el desarrollo de micorrizas en café.	Uso de micorrizas	Comportamiento de la micorriza.	Sistema donde se desarrolla mejor la micorriza.	Libreta de campo. Lapicero. Cámara digital.	Prácticas de campo, prácticas de laboratorio y observación.
	Nutrición del suelo	Cromatografía de suelo	Tipos de colores  Promedio de tonalidades de colores reflejados por cromatogramas  Simbiosis entre minerales, microorganismos y enzimas.	Equipo de laboratorio. Bolsas plásticas. Hornos. Fichas. Libreta y lápiz. Papel filtro. Nitrato de plata. NaOH.	

Determinar si uso de micorrizas influye en la fitosanidad , altura de planta y número de bandolas del café.	Fitosanidad.	Generalidad de la planta.	Altura media de las plantas. Número medio de bandolas por planta.	Cinta métrica. Lápiz. Libreta. Cámara digital.	Medición de plantas al azar. Observación.
		Enfermedad.	Número de hojas afectadas. Estrato superior. Estrato medio. Estrato inferior. Roya ( <i>Hemileia vastatrix</i> ). Ojo de gallo ( <i>Mycena citricolor</i> ). Antracnosis ( <i>Colletotrichum coffeanum</i> ). Mancha de hierro ( <i>Cercospora coffeicola</i> ). Mal de hilachas ( <i>Pellicularia koleroga</i> )	Libreta. Lapicero. Cámara digital. Guía CATIE.	Recuento de enfermedad presentes en las plantas. Observación
		Plagas.	Cochinilla. ( <i>Dactylopius coccus</i> ) Broca. ( <i>Hypothenemus hampei</i> ) Minador. ( <i>Leucopthera coffeella</i> ) Vaquita ( <i>Lanchnopus coffeae</i> )	Libreta. Lapicero. Cámara digital. Guía CATIE.	Recuento de plagas presentes en los parcelas de estudio. Observación.

Describir el efecto del uso de micorrizas en los rendimientos obtenidos en el cultivo de café en la cantidad de producción .	Cantidad de producción	Rendimientos obtenidos	Latas cortada. Quintales pergamino total. Quintales de café pergamino por manzana. Quintales de café oro total. Quintales de café oro por manzana.	Revisión de registros de producción del plantío donde se encuentran las parcelas en estudio.	Revisión de datos.
Estimar el impacto ambiental del uso de micorrizas en el cultivo de café.	Impacto ambiental	Beneficios ambientales	Biomasa. Tipo de suelo. pH de suelo.	Cinta métrica. Equipo para realizar pruebas de campo.	Práctica de campo y observación.
Estimar la relación beneficio – costo de la técnica del uso de micorrizas en el cultivo de café.	Relación beneficio– Costo.	Costos directos  Costos indirectos	Materia prima. Aplicación de micorrizas. Mano de obra.  Imprevistos.	Registros de la finca.	Revisión de registros de la finca

La variable es uso de micorriza, fitosanidad, nutrición del suelo, cantidad de producción, costos, beneficios ambientales. Cabe mencionar que los registros anteriores han sido elaborados por el dueño de la finca.

## IX. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el estudio se logró cuantificar y calificar el uso de micorrizas en 4 parcelas de 400 m<sup>2</sup> cada una, todas las parcelas están dentro de un mismo plantío llamado La Botija que cuenta con 7.12 mz, esto se logró debido a que el dueño de la finca realizó bloques con estas especies con el fin de diversificar la finca donde se midieron las siguientes variables: uso de micorrizas, nutrición del suelo, fitosanidad, cantidad de producción, impacto ambiental, relación beneficio - costo.

### 9.1 Nutrición y cromatografía del suelo

Cuadro 4: Resultado de cromatogramas.

ESCENARIO	ROJO	VERDE	AZUL	PROMEDIO	Resultado total
HELEQUEME	210,8	187,5	167,7	188,67	1,0312
MUSACEAS	209,2	181,9	159,4	183,50	1,0030
GUABA	205,4	178,4	157,1	180,30	0,9855
PORO	205,4	177,1	155,5	179,33	0,9802
Total				182,95	

Fuente: Resultados de investigación.

El cuadro 4, representa los índices de los colores de los suelos reflejados en el análisis realizado a los cromatogramas de las parcelas de estudio. El mejor suelo fue el del escenario con helequeme (*Erythrina fusca*) con un promedio 188.67 de su tonalidad en sus colores sobresaliendo tonalidades rojas, verdes y azules. El segundo suelo que presento buena fertilización fue el escenario de musáceas (*Musas acuminata*) con un promedio de 183.50, el escenario de guaba (*Inga edulis*) obtuvo un promedio de 180.30 y el poro (*Erythrina poeppigiana*) 179.33.

Estos resultados son productos de los siguientes factores:

En el lote de helequeme (*Erythrina fusca*) se representa el efecto de la capacidad de acumulación microorganismos vivos como micorrizas y la materia orgánica.

En el lote de musáceas (*Musas acuminata*) se presentó buena fertilización posiblemente por la biomineralización de boskashi con riqueza en nitrógeno y harina de roca.

En el lote de la guaba (*Inga edulis*) fue por la acumulación de materia orgánica en su calidad de leguminosa.

En el lote de poro (*Erythrina poepigiana*) se representa que esta planta tiene la capacidad de fertilizar la tierra donde crece esto por ser una leguminosa.

Con esto también se demuestra que en el escenario donde se desarrollan mejor las micorrizas en el café más la especie de helequeme (*Erythrina fusca*).

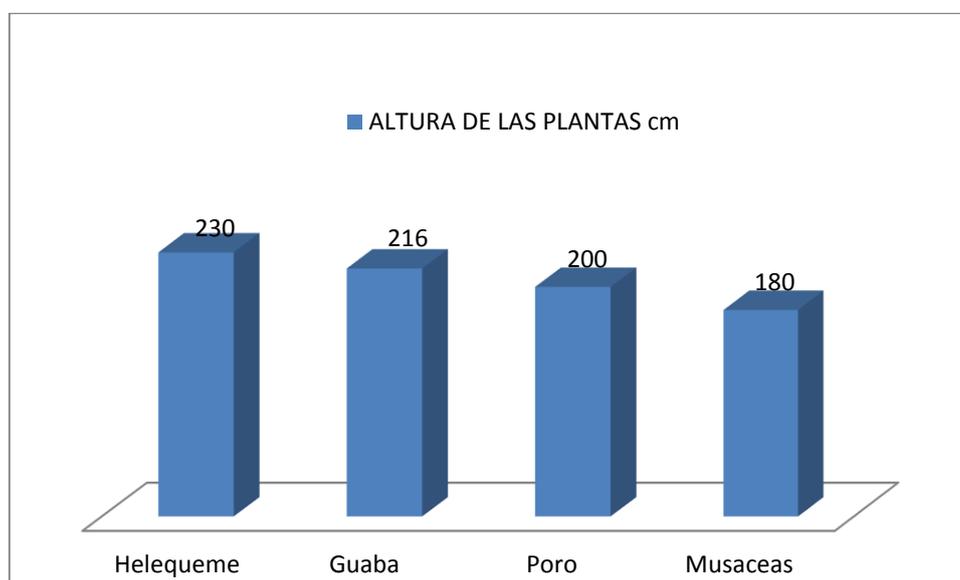
“Principales coloraciones indicadoras de una buena salud del suelo: Los colores que reflejan el buen estado evolutivo y saludable tanto de los suelos como de los abonos son: amarillo, dorado, anaranjado, rojizo o café claro y tonalidades verdosas (Restrepo, 2008).

Cuando en un cromatograma encontramos la combinación de cafés claros y muy oscuros, estamos ante un proceso intermedio de desarrollo, en el cual la materia orgánica está cruda, acumulada o en etapa de maduración e integración en el abono o al suelo (Restrepo, 2008)

Principales coloraciones que indican condiciones no deseables del suelo: Negro, ceniza, pardo muy oscuro, lilas o violeta, gris y tonalidades azuladas estas coloraciones reflejan un mal estado evolutivo y no saludable de los suelos y de los abonos orgánicos procesados o en proceso” (Corrales, 2015)

## 9.2 Generalidades de la planta

Gráfico1: Altura promedio de las plantas de las parcelas en estudio.



Fuente: Resultados de investigación.

El gráfico 1, representa la media de las alturas de las plantas de café, donde la cantidad máxima de altura la obtuvieron las plantas del escenario de helequeme (*Erythrina fusca*) más café con una media de 230 cm, la del escenario de guaba (*Inga edulis*) más café donde las plantas obtuvieron 216 cm, y el mínimo lo obtuvieron los escenarios de poro (*Erythrina poeppigiana*) más café, con una media de 200 cm, y el escenario de musáceas (*Musas acuminata*) más café, que obtuvo una media de 180 cm.

Comparado con los resultados de estudios realizados en Brasil sobre la simbiosis de las micorrizas y el café, realizado en almácigos se ha encontrado que la ausencia de las micorrizas restringe el desarrollo de las plántulas, aún con dosis de superfosfato. También en este mismo país se ha trabajado con plantas cosecheras donde se muestran incrementos de altura de 200 cm a 240 cm, y en la producción de grano entre 6 y 17 %, frente a plantas no micorrizadas (Saggin, 2001).

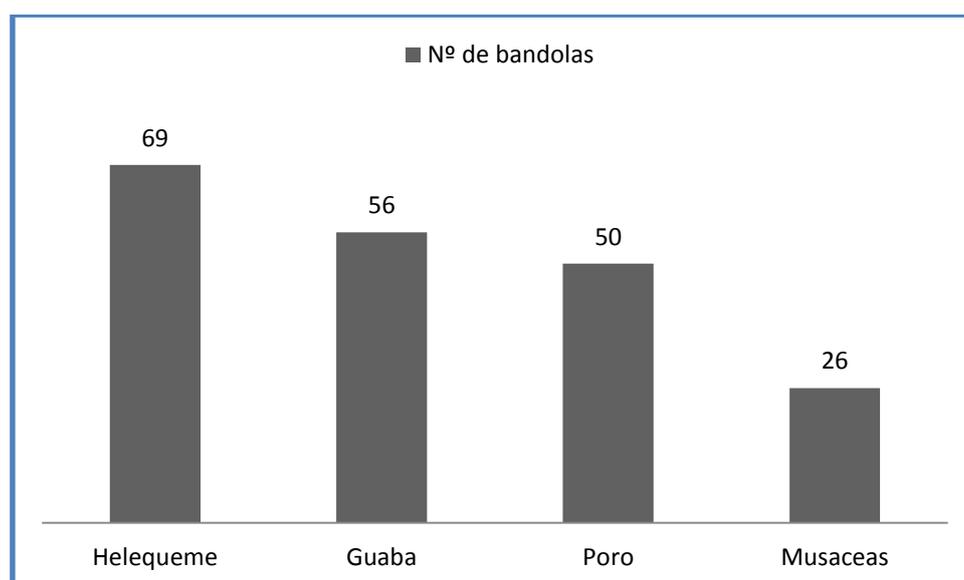
Estos resultados fueron debido a que el árbol que tiene como sombra este lote, es helequeme (*Erythrina fusca*), que es uno de los principales hospederos de

micorrizas las cuales le brindan numerosos beneficios a las plantas como mantener humedad en épocas de sequía, exploración de terrenos de suelo que solo con las raíces la planta no puede alcanzar, mayor absorción de fósforo y otros elementos que la planta necesita para crecer, nutriendo y protegiéndola así de los ataques de enfermedades.

El escenario de guaba (*Inga edulis*) y poro (*Erythrina poeppigiana*) obtuvieron una altura de 216 cm a 200 cm, debido a que aportan biomasa en gran cantidad proporcionando nutrientes que le ayudan a fortalecer la planta y de esa manera logran alcanzar esta altura, el escenario que presentó plantas con alturas inferiores a los tres anteriores fue la asociación de musáceas (*Musas acuminata*) más café, esto porque las plantas de musáceas a pesar de que aportan grandes cantidades de biomasa, no son buenas hospederas de microorganismos que son de ayuda para descomponer la materia orgánica, es por esta razón que las plantas no tienen disponibilidad de nutrientes para desarrollarse.

### 9.2.3. Número de bandolas.

Gráfico 2: Número promedio de bandolas por planta en cada parcela de estudio.



Fuente: Resultados de investigación.

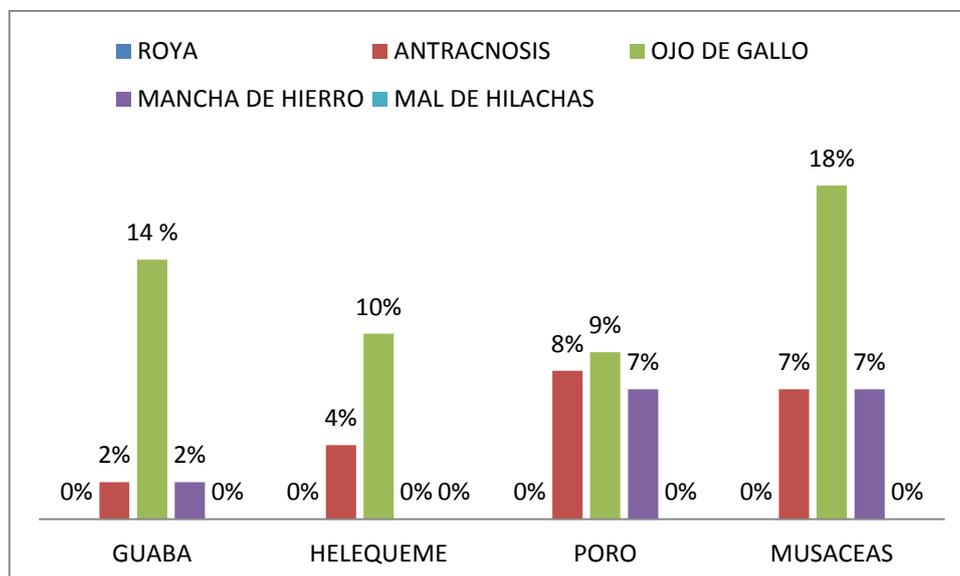
El gráfico 2, representa el número medio de bandolas por plantas obteniendo la cantidad media máxima la parcela del escenario helequeme (*Erythrina fusca*) más café, con una media de 69 bandolas por plantas, seguido por el escenario de guaba (*Inga edulis*) más café con 56 bandolas por plantas, el escenario de poro (*Erythrina poeppigiana*) más café, obtuvo 50 bandolas por planta, mientras que la cantidad mínima la obtuvo el escenario de musáceas (*Musas acuminata*) con una media mínima de 26 bandolas por planta.

En Heredia- Costa Rica, estudios realizados en medición de bandolas y recuento de bandolas por planta afirman que, las bandolas surgen a partir del tallo central de la planta, es el lugar donde se forman los frutos, en muchas ocasiones las bandolas o ramas laterales son utilizadas como medio de propagación vegetal, en el caso del café entre mayor número de bandolas y mayor sea el tamaño, mayor será el rendimiento de la producción, (ICAFE, 2011).

Esto se debió a que la cantidad de bandolas está en relación con la altura de la planta, es decir entre más altura tiene la planta mayor número de bandolas tendrá y como se demostró en el gráfico 1 las plantas con mayor altura se encuentran en el escenario de helequeme (*Erythrina fusca*) más café y le siguen guaba (*Inga edulis*), poro (*Erythrina poeppigiana*) y musáceas (*Musas acuminata*) más café, y puede traer desventaja a la biodiversidad y diversificación, las plantas de café están creciendo de una manera no uniforme y por lo tanto unas tendrán mayor producción, no contribuirán por igual a la mejora del suelo y no habrá micro flora y fauna en iguales cantidades, es decir en unos escenarios habrá poblaciones altas y en otros bajas.

### 9.3. Diagnóstico de enfermedades

Gráfico 3: Diagnóstico de enfermedades.



Fuente: Resultados de investigación.

El gráfico 3, representa el diagnóstico de enfermedades realizado en los cuatro lotes de estudio, donde el escenario que presentó menor porcentaje de enfermedades fue el helequeme (*Erythrina fusca*) más café, donde se encontraron 10% de ataques por ojo de gallo (*Mycena citricolor*) y 4% con ataque de antracnosis (*Colletotrichum coffeanum*) en 41 planta muestreada que corresponde al 25% de la población de ese lote, en el escenario de guaba (*Inga edulis*) se muestrearon 55 plantas que correspondieron al 29%, donde observamos 14% con ojo de gallo, 2% con antracnosis (*Colletotrichum coffeanum*), 2% con mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), siendo este el segundo lote con menos enfermedades.

El lote de poro (*Erythrina poeppigiana*) presentó 8% con ataque de antracnosis, 7% con mancha de hierro y 9% con lesiones de ojo de gallo, siendo el tercer lote con más afectaciones por enfermedad el número de plantas muestreadas fue de 40 plantas que correspondieron al 25% de la población, el lote de musáceas (*Musas acuminata*) presentó el 18% con ojo de gallo, 7% con antracnosis y 7% con mancha de hierro, siendo el lote con más

hojas afectadas, la población de plantas muestreadas en el lote fue de 28 plantas que representan el 21% de la población.

En ningún lote se encontró mal de hilachas (*Pericolaria kolleroa*) y debido a que la variedad sembrada es catimore no se encontró roya, dicha variedad es resistente al ataque de roya (*Hemileia vastatrix*).

Comparado con estudios realizados por la Asociación de Cafetaleros de Venezuela en el Estado de Lara en el caserío de la Cruz sobre la relación existente entre la asociación micorrizica y la severidad de algunas enfermedades causadas por hongos que atacan el cultivo de café (variedad Catuaí) tenemos que las plantas micorrizadas presentaron un 30% más de resistencia que las plantas no micorrizadas ante ataques de hongo causantes de antracnosis y mancha de hierro (Colmenares, 2006).

Esto se debe a varios factores, entre ellos que en el helequeme (*Erythrina fusca*) hay más aireación, que en el resto de lote, lo que permite que circule el viento y entre luz solar regulando así la humedad en el plantío, también se hospedan las micorrizas las cuales juegan un papel muy importante en la nutrición de las plantas, ya que ellas a través de sus hifas y micelios exploran más cantidad de suelo que las raíces de las plantas, obteniendo así mayor cantidad de nutrientes, mejorando la resistencia de la planta ya que una planta bien nutrida resistirá más el ataque de enfermedades, también conservan humedad manteniendo hidratada la planta para que no sea afectada por estrés hídrico.

En cambio el árbol de guaba es de altura más baja en comparación a las especies de *Erythrinas* y también el número de plantas muestreadas en ese lote es mayor por lo que no hay mucha aireación y entra poca luz solar, manteniéndose la alta humedad cuyo factor ayuda a que las plantas sean atacadas por agentes causales de enfermedad.

En el caso del poro (*Erythrina poeppigiana*) tuvo ataques de tres enfermedades muy comunes como son ojo de gallo, mancha de hierro y antracnosis, esto pudo ser debido a que este lote queda cerca de plantaciones vecinas las cuales son viejas y puede que el viento transporte las esporas de estos

agentes causales, otra razón es que este lote tiene un alto contenido de sombra es decir que este árbol tiene una sombra muy frondosa.

El lote de musáceas (*Musas acuminata*) fue el más afectado con ojo de gallo, antracnosis y mancha de hierro y esto fue porque las musáceas no son buenas hospedadoras de microorganismos, son plantas poco nutridas y esto se refleja en el gráfico anterior, ya que a pesar que fue el lote donde la población de plantas es menor, hay buena aireación, entra luz solar, fue donde obtuvimos mayor cantidad de hojas enfermas, con esto se afirma que las plantas del lote de musáceas, (no hospedan micorrizas) tienen déficit nutricional quedando susceptibles al ataque de enfermedades.

#### 9.4. Diagnóstico de plagas.

Cuadro 5: Diagnóstico de hojas afectadas por plagas.

ESCENARIO	DIAGNÓSTICO DE PLAGAS					TOTAL
	COCHINILLA	VAQUITA	MINADOR	BROCA	HOJAS SANAS	
<b>HELEQUEME</b>	0	0	137	0	179	330
<b>GUABA</b>	0	0	103	0	128	249
<b>PORO</b>	0	0	103	0	149	276
<b>MUSACEAS</b>	0	0	95	0	80	207

Fuente: Resultados de investigación.

En todos los escenarios solo se encontró minador, el cual ataca entre el haz y el envés de la hoja, donde se encontraron más lesiones fue en el asoció de helequeme (*Erythrina fusca*) con 137 hojas, en los escenarios de guaba (*Inga edulis*) y poro (*Erythrina poepigiana*) el ataque fue en 103 hojas de las plantas muestreadas, en el lote de musáceas (*Musas acuminata*) como es un plantío que no es muy revestido con hojas, el ataque fue mínimo en comparación con los otros escenarios.

Broca no se encontró por que realizan controles mediante trampas con feromonas y realizan pepenas luego que pasa la cosecha y así evitan el uso de Endosulfán el cual es de alta toxicidad y residualidad, para el control de plagas realizan la aplicación de insecticidas biológicos y estos se aplican cuando se aplican fertilizantes foliares.

Cabe mencionar que al realizar el diagnóstico se encontró solo las lesiones del minador porque este ya había sido controlado, con esto se demuestra que la agricultura agroecológica es una alternativa para enfrentar el cambio climático ya que esta hace uso de técnicas como uso de microorganismos, trampas para plaga las cuales reducen costos de producción y daños colaterales al medio ambiente y a la salud de las personas.

### 9.5. Cantidad de producción

Calidad de producción. Plantío La Botija tiene una dimensión de 7.12 manzanas equivalentes a 50025.12 m<sup>2</sup> y con una edad de 5 años, la variedad de este es catimore y tiene dos años de cosecha.

Cuadro 6: Cantidad de producción del Plantío La Botija.

Temporada	Latas cortadas	Quintales pergamino total	Quintales oro total	Quintales pergamino/mz	Quintal oro/mz
2013- 2014.	1,013.25	101.33	48.25	14.23	6.77
2014- 2015.	1,212.50	121.25	57.73	17.03	8.12

Fuente: Elaborada con registros de la finca proporcionados por la administración.

El cuadro 6, refleja los datos recopilados de los registros de producción de la finca, demuestra que en cuanto a rendimiento obtienen cifras muy satisfactorias esto porque el rendimiento promedio de la finca en las dos cosechas que han tenido en el plantío de estudio es de 14 a 17 quintales pergamino por manzanas, cabe mencionar que en la finca un quintal pergamino lo obtienen de 10 latas de café en uva, y el quintal de café en oro lo obtienen de 2.10 quintales pergamino.

Según el MAGFOR (2012), los resultados de investigación afirma que el rendimiento promedio de producción de café por manzana oscila entre los 12 quintales pergamino por manzana, el rango de rendimientos oscilan entre 4- 40 quintales por manzana.

## 9.6. Biomasa por escenario en kg

Cuadro 7: Porcentaje de Biomasa expresada en kg.

ESCENARIO	BIOMASA Kg/M <sup>2</sup>	BIOMASA Kg/400M <sup>2</sup>	BIOMASA Kg/Mz
GUABA	0.732	292.8	5,143.032
PORO	0.72	288	5,058.72
MUSACEAS	0.504	201.6	3,541.104
HELEQUEME	0.4	160	2,810

Fuente: Resultados de la investigación.

El cuadro, representa la cantidad de biomasa obtenida en cada escenario El que más biomasa presentó fue el que tiene sombra de guaba (*Inga edulis*) con 292.8 Kg, luego el que tiene sombra de poro (*Erythrina poeppigiana*) con 288 Kg, en tercer lugar está el asocio de musáceas (*Musas acuminata*) con café con 201.6 Kg y el que menos presento biomasa fue el escenario de helequeme (*Erythrina fusca*) con 160 Kg.

En esto pudo influir muchos factores entre ellos que los tres sistemas que presentaron mayor cantidad de biomasa no tengan suficientes microorganismos incorporados en los suelos que ayuden a descomponer la materia orgánica, en el caso del que presento menos biomasa (helequeme), pudo influir que esta especie de árbol continuamente muda sus hojas y además de eso es una de las especies hospedadoras de micorrizas que son microorganismos que aparte de solubilizar nutrientes para la planta suelen descomponer materia orgánica. Otro de los factores puede que sea la constitución de las hojas de las distintas especies, la cantidad de humedad en el suelo etc.

Comparando estos resultados con un estudio realizado en la universidad Nacional Agraria realizado en distintas fincas del país donde obtuvieron datos de 13.74 kg en 50 m<sup>2</sup> equivalentes a 109 Kg en 400m<sup>2</sup>, en especies de pinos asociados con café, (Connolly, 2007).

## 9.7 Textura, pH de los suelos de las parcelas de estudio

Cuadro 8: pH y textura de los suelos de las parcelas de estudio.

ESCENARIO	pH	TEXTURA
HELEQUEME	7.56	Arcilloso
GUABA	7.24	Franco Arenoso
PORO	7.61	Arcilloso
MUSACEAS	7.49	Franco Arcilloso

Fuente: Resultados de la investigación.

El cuadro, representa que los suelos de las parcelas tienen un pH que va desde 7.2 a 7.6 este rango se considera neutro es decir que no es ni muy ácido ni muy básico, así como la textura que tienen los suelos donde el escenario de helequeme (*Erythrina fusca*) y poro (*Erythrina poeppigiana*) presentan textura arcillosa y el escenario de guaba (*Inga edulis*) franco arenoso y musáceas (*Musas acuminata*) franco arcilloso.

Este tipo de textura no es el óptimo para que se desarrolle la planta de café por lo que se tiene que seguir haciendo enmiendas para lograr mejorar esta textura, esto porque cuando se tiene este tipo de textura se suelen tener problemas de porosidad, infiltración y en casos muy preocupantes anegación en los suelos.

**Textura:** El principal problema que se presenta en los trópicos son los suelos malos y frágiles, así como los ecosistemas que éste presenta, parte del decremento en la calidad del suelo ha sido causado por el mal manejo que el hombre le ha dado, dañando seriamente la flora y fauna del suelo, por lo que se ha tenido que hacer uso de fertilizantes inorgánicos para cubrir los requerimientos de la planta y proporcionarle una dieta balanceada para su óptimo crecimiento.

**pH.** Según Sequeira (1989), el crecimiento de la micorriza se puede ver afectado directamente por el pH del suelo, aunque el rango para una buena germinación de esporas está alrededor de un pH de 5- 8, han señalado que la variación del pH en el suelo tiene un efecto importante sobre el aumento o disminución de la flora fúngica.

## 9.8 Relación beneficio - costo de la implementación de micorrizas

Cuadro 9: Relación beneficio - costo

Actividades	Método	Materiales	Costo Unitario en Córdobas	Costo Total en Córdobas
Obtención de materia prima	Captura artesanal	Machete.	95.00	1,010.00
		Pala.	200.00	
		Balde.	100.00	
		Saco.	15.00	
		Barril	600.00	
Aplicación de micorrizas	Elaboración de boskashi usando algunos recursos de la finca	10 Granza de arroz.	200.00 saco	1,195.00, para 50 quintales de boskashi.
		10 Gallinaza.	200.00 saco.	
		1 Semolina.	700.00 quintal	
		Melaza.	45.00 litro.	
		Levadura	50.00 ½ lb	
Total.	-	-	-	2,205.00

Fuente: Resultados de investigación.

El cuadro, representa la relación costo – beneficio demuestra que la técnica del uso de micorrizas es muy viable, ya que este tipo de cepas de hongo se puede obtener de manera artesanal en el medio natural donde se encuentran hospedada, en la finca realizan la captura en arboles de elequeme ya que ellos son hospederos de este hongo, la captura la hacen por la mañana y basta con solo una persona para recolectar la cantidad a utilizar, generalmente recolectan lo que van a utilizar esto porque en dependencia de la cantidad de boskashi que tengan disponible así será la cantidad de micorrizas a preparar.

Para preparar el boskashi se utiliza granza de arroz, gallinaza, semolina, melaza, levadura, tierra negra, estiércol de ganado, ceniza, broza de café, agua. Por lo que en la tabla solo se reflejan los ingredientes a comprar, con

esto podemos constatar que con esta técnica se reducen costos de producción, ya que se usan recursos propios de la finca.

Por cada quintal de bokashi se agregan 10 libra de preparado de micorrizas la tabla anterior refleja datos para elaborar 50 quintales de bokashi por lo que se tendrían que usar 50 libras de preparado de micorrizas.

Las micorrizas aseguran un aumento en la producción a un costo menor, porque el abono ayuda a mantener nutrida la planta, aprovechando al máximo lo que el suelo tiene y mejorando la estructura del terreno. Además, permite una menor utilización de fertilizantes inorgánicos, menos aplicaciones de plaguicidas, menos contaminación.

Estudios realizados en Alemania en hortalizas como repollo, lechuga y cultivos como café en etapa de vivero, han concluido que el gasto de inocular con micorrizas es bajo, comparado con los beneficios que se obtiene cuando el hongo se encuentra establecido y en asociación con las raíces de la planta (Harrison, 2005).

En lo que corresponde a la mano de obra el costo está vinculado al salario que recibe un trabajador en una finca que generalmente anda oscilando entre C\$ 100 a 120 y las actividades a realizar y el número de personas a utilizar están sujetas a la consideración del mandador de la unidad.

Dentro de los costos imprevistos están actividades como compra de materiales de reposición los cuales pueden dañarse o sufrir alguna descompostura.

Los resultados antes descritos demuestran que los costos de producción son muy bajos aunque requieren de disposición, mucha mano de obra y al igual que en toda practica ecológica los resultados se observan poco a poco pero este tipo de agricultura trae consigo un sin número de beneficios como son los bajos índices de contaminación, mejoras en la estructura del suelo, se proporcionan alimentos saludables a los consumidores resguardando la seguridad alimentaria de la población, evitando así malestares en la salud de personas por medio de enfermedades causada por los insumos los cuales dejan residualidad en los productos que a diario se consumen.

## X. CONCLUSIONES

- El uso de micorrizas tiene relación con la salud biológica y fertilidad del suelo, ayudan a que haya una simbiosis entre minerales, planta y suelo, de igual forma se pudo constatar que el escenario de helequeme (*Erythrina fusca*) es al cual mejor se adaptan, esto porque según los resultados este lote se comportó de manera superior a los demás, por lo que se aceptan las hipótesis de los incisos uno y dos.
- En cuanto a fitosanidad se acepta la hipótesis de forma parcial, esto porque las micorrizas se relacionan en el control de enfermedades porque según los resultados obtenidos mediante el diagnóstico se demuestra que hay poca afectación de las enfermedades fungosas en las plantas, esto porque ayudan a nutrir la planta y una planta nutrida presenta resistencia, por el contrario al ataque de plagas no tiene relación, porque no poseen la cualidad de ser controladores biológicos ante insectos como otros tipos de hongo.
- En cuanto a cantidad de producción no se acepta la hipótesis ya que no se demostró que las micorrizas ayudan a aumentar el rendimiento de las cosechas, esto porque la edad del café está incidiendo.
- El impacto ambiental es positivo ya que las micorrizas mejoran la calidad del suelo mediante la descomposición de materia orgánica, de igual modo tienen la capacidad de alterar la producción de biomasa mediante estimulación hormonal por lo que también se acepta la hipótesis.
- En costos de aplicación de la técnica también se acepta la hipótesis por que se utilizan recursos de la finca para recolección, y elaboración de agregados, además es una técnica muy sencilla y puede ser utilizada y aplicada por cualquier persona.

## XI. RECOMENDACIONES

- La técnica no se recomienda ser combinada con agricultura convencional ya que los insumos fúngicos tienden a ocasionar pérdidas en las poblaciones de micorrizas.
- Para el establecimiento de micorrizas se debe constar con plantas que sean buenas hospederas para que ahí mismo se tenga la fuente de extracción de la materia prima.
- Constar con sistemas agroforestales combinados al café esto con el fin de mejorar la estructura del suelo mediante la incorporación de materia orgánica.
- Que la UNAN- FAREM, Matagalpa realice convenios con instituciones que trabajen con técnicas de agricultura orgánica esto con el fin de que los estudiantes lleven consigo conocimientos para enfrentar el problema de cambio climático que se vive hoy en día.
- Que estudiantes de ingeniería agronómica realicen monografías sobre el uso de micorrizas en otros cultivos, ya que esta especie se adapta en árboles frutales, hortalizas y pastos.

## XII. BIBLIOGRAFÍA

- ANACAFE. (2000). Manejo del cultivo de café. Honduras: vol 1, San Pedro Sula.
- Atlantic. (2012). Manual para productores. Nicaragua.
- Barquero, M. (2011). Algunas consideraciones sobre el ojo de gallo. 30.
- Barquero, M. (2013). Programa de Fitopatología. Centro de investigación en café (CICAFE), 43.
- Barreno. (1991). Biotecnología Forestal: Micorrizas, bosques, erosión y agricultura. Departamento de Biología Vegetal. Facultad de Ciencias Biológicas y Botánicas. Valencia: Universidad de Valencia - España 145 p.
- Bateman, R. (Saturday 14 de June de 2003). Agricultura moderna, uso de alternativas ecológicas. Recuperado el Martes 13 de Mayo de 2014, de Mycoharvester.Org: <http://www.mycoharvester.org>.
- Bernaza, G. (1986). Las micorrizas alternativa ecológica para una agricultura sostenible. Bogotá - Colombia: V I Pag 1 - 75 Bogotá.
- Bidwell, R. (1980). Fisiología Vegetal. México: México AGT., 674 - 676p7.
- Blanco, F. (1997). Micorrizas en la agricultura. Agronomía Costarricense. Costa Rica.: San José Costa Rica 21: 55 - 67.
- Bolán, F. (2005). A critical review on the role of mycorrhizal fungi in microbiology. . Londres: Academic Press Ltd.
- CAC. (martes 07 de enero de 2003). Guía del café. Recuperado el miércoles 15 de octubre de 2014, de [www.laguíadelcafe.org](http://www.laguíadelcafe.org): <http://laguadelcafe.org>
- Carvajal. (2006.). Brasil: 125 Pag, Rio de Janeiro Brasil.
- Chavarría, M. (1999). Uso de la Micorriza en la Agricultura, curso de biología de suelos. Heredia - Costa Rica: CIA UCR P 29 -59.
- Colmenares, F. (2006). Relación entre micorriza y cafeto y la antracnosis (colletotrichum gloeosporioides). Estado de Lara - Venezuela: Estado de Lara 25 pa apartado postal 400 Barquisimeto.
- Connolly, R. (2007). cuantificación de la captura de carbono en sistemas agroforestales. Managua: 1ra edición 78 pag, Managua . Nicaragua.
- Corrales, B. (11 de Junio de 2015). Productor de café - finca el Arenal - Aranjuez. (N. Z. Daniel Lumbi, Entrevistador) Matagalpa - Nicaragua.

- Cuenca, G. (viernes 08 de Junio de 2001). [www.cafecd.mx](http://www.cafecd.mx). Recuperado el miércoles 15 de octubre de 2014, de El café, su manejo y comercio.: <http://cafecd.mx>
- FUNICA. (2012). Guía de identificación y manejo de antracnosis en café. 33.
- Gonzalez, C. (1998). Biotecnología de la micorriza arbuscular. Tlaxcala - Mexico: Pag 152 vol 2.
- Guerra, B. E. (2008). Micorriza recurso microbiológico en la agricultura sostenible. Vol 2.P191-201.Venezuela.
- Guerrero, G. (1997). Utilización de micorrizas en posturas de cafeto. La Habana - Cuba: Vol 1 120 p. La Habana.
- Harley y Smith. (1993). Manual de agricultura ecológica. Colorado - Estados Unidos: Pag 115 - 203.
- Harrison, M. (2005). Simbiosis de micorrizas. México: pag 23 - 58.
- Hernández, M. (2000). Las micorrizas rizofericas como complemento en la nutrición mineral. México: P 12 - 57 vol 1.
- ICAFE, I. (2011). Guía para el cultivo de café. Heredia - Costa Rica.: 1a ed Heredia Costa Rica ICAFE 72 P Junio 2011.
- INCA, I. (1998). Dossier del producto Ecomic resultados de las campañas de validación. La Habana - cuba.
- INETER. (2009). Condiciones Climáticas de Matagalpa. Managua.
- Janerette, C. (1991). Introducción a las micorrizas. Colombia: Vol 2 120 pag.
- Jeffrey y Barea. (2001). Manual de alternativas ecológicas. Colombia: V.20(2-3)P35.
- López, C. (1995). Estación experimental. DF México: vol 1 p 88-89.
- MAGFOR. (2008). Managua - Nicaragua: Vol I, Pag: 31 Ciudad Managua.
- MAGFOR. (2012). Informe de café. Managua .
- Malloch, C. (1986). Effect of micorrhizal inoculation. Texas: Agri Res 29: 263 - 268.
- Martinez. (2002). VI Encuentro Nacional de Agricultura. Bogotá - Colombia: Pag 125.
- Martínez. (lunes 14 de marzo de 2005). [www.mundodelcafé.com](http://www.mundodelcafé.com). Recuperado el 22 de octubre de 2014, de <http://www.mundodelcafé.com>

- Miller, R. (2000). Micorrhizal fungi in soil. Miami: 51. p 75- 91.
- Miller, R. (2000). Micorrhizal fungi influence soil structure. Miami: 51.p.75 - 91.
- Monge, L. (1999). Manejo de la nutrición y fertilización del cultivo del café; XI Congreso Nacional de Agronomía. San José . Costa Rica: Grupo café Britt tierra madre Pag 17, Costa Rica.
- Muñoz, I. (2000). Manual de análisis físico químico del suelo, escuela nacional de estudio profesionales Iztalcala. México: Lewis Publisher Pp 541 - 547
- Muñoz, I. (2000.). Manual de análisis físico - químico de suelo. México.: Lewis Publisher Pp 541 - 557.
- Paez, O. (Miércoles 15 de Marzo de 2006). Las micorrizas y sus usos en los cultivos. Recuperado el Viernes 16 de Mayo de 2014, de FAO. Org: [www.fao.org/aglagl/ipns/index\\_es.jsp](http://www.fao.org/aglagl/ipns/index_es.jsp).
- Parra, M. (1990). Acta Agronómica. Acta Agronómica (pág. 88 ). Colombia: V 40(1-2).
- Perrin. (1990). Manual de hongos simbióticos. Italia: Vol I 85 Pag.
- Peyronel, B. (1969). Terminology of micorrhizae, Micología. Minesota - Estados Unidos: 61.p.410-411.
- RAMAC. (2013). La Roya un problema actual en la caficultura Nicaraguense. 25.
- Reilly, Darlan, López, J. (2004). Guía de salud de suelos. Péru.
- Restrepo. (2008). Análisis cromatografico de suelos. Colombia: 1ra edición Bogotá N° de pag 105.
- Rodriguez, J. (2001). Efecto del biofertilizante Mycoral(Micorriza arbuscular) en el cultivo del café (Coffe Arabiga L) en vivero, Zamorano - Honduras. Honduras: Zamorano - Honduras, Agosto 2001, Pag 60.
- Ruiz , C. (2010). Texto de metodología de la investigación. Managua - Nicaragua: Universidad Nacional Agraria UNA 170 Pag, 1a ed.
- Ruíz, L. (2002). Efectividad de las asociaciones micorrizicas en especies vegetales. La Habana - Cuba.: INCA 100 P.
- Saggin, J. (2001). Efeitos de fungos micorrizicos e producao do cafeeiro (coffee arabiga). Brasil: Escuela superior de agricultura de Lavras - Minas Gerais. Brasil, 127 P.
- Scheaffer, R. (1987). Elementos de muestreo. Alemania.: Paraninfo 462 pag.

- Selosse, M. A. (2006.). Manual de micorrizas. Venezuela: 25.P, 10-15.
- SENASICA. (2013). Servicio Nacional de sanidad inocuidad y calidad agroalimentaria. México, DF: Volumen 1, pagina 50.
- Smith, D. (1997). Mycorrhizal Symbiosis. Estados Unidos: 2da edición capitulo 1.
- Wang, B. (2006). Phylogenetic distribution and evolution of micorrizaein lan plants. Reino Unido: pp.299-363. doi: 10.1007/500572.
- Zacarías. (2008). Técnicas de la investigación aplicada. 2da edición Clásico Roxsil.

**ANEXOS**

## Anexo 1: Ficha de observación

Ficha de observación:	
Tema: _____	Fecha de realización _____
Lugar: _____	Plantío: _____
Nombre del investigador: _____	
Descripción completa del tema o fenómeno que se está observando:	
_____	
_____	
_____	
_____	
_____	
_____	
_____	
_____	
_____	

## Anexo 2: Cuadro de control de producciones anteriores

Año	Latas cortadas	Quintales pergaminos total	Quintales oro totales	Quintales pergamino por manzana	Quintales oro por manzana
2013					
2014					

### Anexo 3. Hoja para el muestreo de enfermedades en cultivo de café

Criterio a analizar	Número de hojas en la bandola de cada cafeto										Total con enfermedades	% con enfermedades
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Hojas con Roya (Hemileia vastatrix)												
Hojas con Antracnosis (Colletotrichum spp)												
Bandolas con antracnosis												
Ojo de gallo (Mycena citricolor)												
Mancha de hierro (Cercospora coffeicola)												
Frutos con chasparria												
Mal de hilachas (Pellicularia koleroga)												
Hojas totales												

### Anexo 4. Cuadro diagnóstico de plagas

Criterio a analizar	Número de hojas en la bandola de cada cafeto										Total con plagas %	% con plagas	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Frutos con broca ( <i>Hypothenemus hampei</i> )													
Minador de la hoja													
Cochinilla ( <i>Dactylopius coccus</i> )													
Vaquita del café ( <i>Lachnopus coffeae</i> )													
Hojas totales													

## Anexo 5: Cronograma de actividades

<b>Actividades</b>	<b>Fecha</b>
Delimitación del tema.	12 – 09 – 2014.
Delimitación de objetivos.	13 – 09 - 2014.
Elaboración de hipótesis.	16 – 09 – 2014.
Construcción del marco teórico.	18/30 – 09 -2014.
Construcción del diseño metodológico.	03/10 – 10 – 2014.
Revisión del tutor.	18 – 10 – 2014.
Mejora al trabajo.	22 – 10 – 2014.
Entrega de protocolo.	24 – 10 – 2014.
Revisión del jurado.	06/28 – 11 -14.
Mejora al trabajo.	02/18 – 12 -14.
Revisión con tutor.	18 – 12 -14.
Entrega de protocolo.	19 – 12 14.
Fase de campo.	05/17 – 05 – 2015.
Análisis y discusión de resultados.	07,08, 09 –07 – 2015.

## Anexo 6: Fotografías de actividades



Medición de parcelas de 400 m<sup>2</sup>



Toma de biomasa en 1 m<sup>2</sup>



Preparación de muestras



Impregnación del papel filtro



Revelación de cromatogramas



Extracción de muestras de suelo



Toma de altura de las plantas



Muestra Cernida



Preparación de soluciones