

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**TESIS**

**Efecto de las micorrizas en el cultivo del cafeto (*Coffea arabica* var. Caturra), en etapa de vivero en  
Chanchamayo - Junín**

**Para optar el título profesional de:  
Ingeniero Agrónomo**

**Autor (res):**

**Bach. Gerardo Miguel POMA DOMINGUEZ**

**Bach. Rubén Adrián ROBLES CHAVEZ**

**Asesor:**

**Ing. Martha ARTICA COSME**

La Merced – Perú – 2023

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**T E S I S**

**Efecto de las micorrizas en el cultivo del cafeto (*Coffea arabica* var. Caturra), en etapa de vivero en  
Chanchamayo - Junín**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Dr. Luis Antonio HUANES TOVAR**  
**PRESIDENTE**

---

**Ing. Iván SOTOMAYOR CORDOVA**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Carlos RODRIGUEZ HERRERA**  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

Con eterna gratitud y  
entrañable cariño a nuestros  
padres:

J u a n – R e b e c a

y

A d r i á n – P l á c i d a

Quienes con su invaluable  
apoyo y paciencia nos  
formaron para ser  
profesionales de éxito.

A nuestros:

H e r m a n o s

y

F a m i l i a r e s

Por su constante apoyo moral  
que de una u otra forma  
contribuyeron en el desarrollo y  
culminación del presente trabajo.

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro agradecimiento a las instituciones, así como a las personas que han contribuido en la realización del presente trabajo de investigación, especialmente:

- A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Formación Profesional de Agronomía; por habernos albergado y haber hecho posible nuestra formación académica a través de las enseñanzas impartidas por los docentes.
- A todos los docentes universitarios que supieron inculcarnos sus experiencias en las aulas y fuera de ellas y nos guiaron con sus sabias enseñanzas.
- A la Ing. Martha Artica Cosme, por ser nuestra asesora y habernos brindarnos el apoyo para la realización de esta tesis.
- A nuestros compañeros de clase, con quienes compartimos gratos momentos durante nuestra vida universitaria.
- A nuestros padres y familiares, quienes confiaron siempre en nosotros.
- Y a todos y cada una de las personas que hicieron posible la realización de la presente tesis.

## RESUMEN

La presente tesis se desarrolló en los meses a de mayo a setiembre de 2021, evaluando la influencia de las micorrizas en el cultivo de los cafetos a nivel de vivero, evaluando el crecimiento aéreo de las plantas tomando como indicadores la altura de la planta, el diámetro del tallo, el número de hojas pares, el peso fresco y seco de la planta, la longitud de la raíz y el peso seco de la raíz aplicando los siguientes tratamientos de EM: T1: Testigo, T2: 5 g, T3: 10 g, T4: 15 g. y T5: 20 g. de micorrizas/planta, realizando la medición de los parámetros a los 90 días de cultivo, se obtuvo como mejor resultado para la altura de planta en el tratamiento T5 (20 g de micorrizas/planta) con 30.65 cm; el mayor diámetro de tallo se obtuvo igualmente en el tratamiento T5 con 2.95 mm, el mayor número de hojas pares se obtuvo igualmente para el T5 con un promedio de 9 hojas, el mayor peso fresco de la planta se obtuvo en el T5 con 22.48 g; el mejor peso seco de la planta se consiguió igualmente en el tratamiento T5 con 3.60 g; aceptando la hipótesis alterna que, las micorrizas influyen en el crecimiento aéreo de los plantones de caféto (*Coffea arabica* var. Caturra), en etapa de vivero para Chanchamayo, Junín y se concluye que la dosis óptima para incrementar a los 90 días de cultivo el crecimiento aéreo de la planta fue de 20 g de micorrizas/planta.

Para el crecimiento radicular de la planta, se encontró la mayor longitud de la raíz para los tratamientos T5 y T4 con 21.05 cm para ambos tratamientos y el mejor peso seco de la raíz se encontró igualmente en los tratamientos T5 y T4 con 1.93 g; al analizar el análisis de varianza para los tratamientos en la longitud y peso seco de la raíz ambos muestran una diferencia altamente significativa; por lo que se acepta la hipótesis alterna que las micorrizas influyen en el crecimiento radicular de los plantones de caféto (*Coffea arabica* var. Caturra), etapa de vivero para Chanchamayo, Junín.

**Palabras clave:** Vivero, *Coffea arabica*, micorrizas

## ABSTRACT

The present thesis was developed in the months from May to September 2021, evaluating the influence of mycorrhizae in the cultivation of coffee plants at nursery level, evaluating the aerial growth of plants taking as indicators the height of the plant, stem diameter, number of even leaves, fresh and dry weight of the plant, root length and dry weight of the root applying the following treatments of EM: T1: Control, T2: 5 g, T3: 10 g, T4: 15 g. and T5: 20 g. of mycorrhizae/plant, measuring the parameters after 90 days of cultivation, the best result for plant height was obtained in the T5 treatment (20 g of mycorrhizae/plant) with 30.65 cm; the greatest stem diameter was also obtained in treatment T5 with 2.95 mm, the greatest number of even leaves was also obtained for T5 with an average of 9 leaves, the greatest fresh weight of the plant was obtained in T5 with 22.48 g; the best dry weight of the plant was also obtained in treatment T5 with 3.60 g; accepting the alternative hypothesis that, mycorrhizae influence the aerial growth of coffee seedlings (*Coffea arabica* var. Caturra), in nursery stage for Chanchamayo, Junín and it is concluded that the optimal dose to increase at 90 days of cultivation the aerial growth of the plant was 20 g of mycorrhizae/plant.

For plant root growth, the greatest root length was found for treatments T5 and T4 with 21.05 cm for both treatments and the best root dry weight was also found in treatments T5 and T4 with 1.93 g; when analyzing the analysis of variance for treatments in root length and root dry weight both show a highly significant difference; therefore, the alternate hypothesis that mycorrhizae influence root growth of coffee seedlings (*Coffea arabica* var. Caturra), nursery stage for Chanchamayo, Junín is accepted.

**Keywords:** Nursery, *Coffea arabica*, mycorrhizae.

## INTRODUCCIÓN

En Chanchamayo, Junín, la actividad cafetalera constituye la principal fuente de ingreso económico de los agricultores, dando ocupación directa e indirectamente a gran parte de la población de la zona; y, a la vez genera divisas para el país (MINAGRI, 2013). De igual manera, es el cultivo más importante en nuestro país y se cultiva en 11 departamentos, con una superficie de área cosechada a nivel nacional de 383, 973 Has. (FAOSTAT 2021) y se calcula que alrededor de 223, 000 familias se dedican al cultivo de café y otros dos millones de personas están relacionadas en la cadena de producción del café. (Junta Nacional del Café 2021).

Lamentablemente, desde el año 2017 los precios del café no dan signos de mejora. Por el contrario, si a inicios de este año se cotizaba el quintal (56 kilos) a US\$ 77, en julio llegó a US\$ 70. En tanto, un agricultor debe invertir por kilo cerca de S/ 8 para vender su café en promedio a S/ 9, dependiendo de la calidad. Es decir, no se cubre el costo de producción. Y aquí el impacto es más grave en comparación a otros países de América Latina como Colombia y Brasil, donde existen programas para mitigar el daño de los bajos precios. Esta situación ha generado que de las 250 mil familias en nuestro país que se dedican al cultivo, muchos han revertido sus cultivos por otros más rentable. Se reporta que, el último año 2021, se habrían abandonado 50 mil hectáreas de cultivo de café a nivel nacional, según cifras de la Junta Nacional del Café (2019). Estos datos son desalentadores para el productor cafetalero, incidiendo como una de las principales causas, la falta de apoyo del gobierno para el asesoramiento técnico en la producción de plántulas libre de patógenos, así como en el manejo de este cultivo.

Considerando que una buena plantación cafetalera se inicia con la selección de semilla para obtener buena producción de plántulas de café en el vivero, ésta calidad, no depende únicamente de las características genéticas de la semilla sino también de las propiedades de los sustratos, fertilizantes utilizados y el manejo a nivel de vivero, porque allí, las plántulas desarrollaran sus primeros estadios de vida y requieren adicionar mayor cantidad de fertilizantes para mejorar su crecimiento, surgiendo la necesidad de

proporcionar a los agricultores otras alternativas para mejorar el crecimiento de los cafetos e nivel de vivero buscando la armonía del suelo con planta para fomentar una agricultura ecológica; surge la alternativa de usar las micorrizas como microorganismo introducido para mejorar el aprovechamiento de los nutrientes minerales y mejorar las interacciones entre la población de microorganismos del suelo con la planta especialmente con las raíces, para propiciar la simbiosis y mejorar principalmente la absorción del fósforo del suelo. De igual manera se sostiene que la planta con micorrizas adquiere una mayor resistencia a las toxinas que puede contener el suelo y el ambiente (Rivillas, 1999).

De igual manera los agricultores se ven obligados a crear nuevas alternativas de actuación para mejorar sus cultivos, dando paso a actividades de tipo sostenible, siendo una alternativa la utilización de las micorrizas (Barea, et al., 2013). Afirma que los hongos Micorrizicos Arbusculares aportan beneficios a la planta facilitándole la captación de nutrientes de baja disponibilidad o de poca movilidad en el suelo, evitando la acción de microorganismo patógenos en la raíz, aumentando la tolerancia de la planta a condiciones de stress abiótico en el suelo, entre otros beneficios.

Con estos antecedentes, se realizó la presente investigación para evaluar la influencia de las micorrizas en las plantas de cafeto (*Coffea arabica* var. Caturra), a nivel de vivero en Chanchamayo, Junín, sobre la altura de la planta, el diámetro del tallo, el número de hojas pares, el peso fresco y seco de la planta, la longitud de la raíz y el peso seco de la raíz; en los meses de mayo 2021 a setiembre del año 2021.

## **INDICE**

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

**INTRODUCCIÓN**

**INDICE**

### **CAPITULO I**

#### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

1.1. Identificación y determinación del problema .....	1
1.2. Delimitación de la investigación .....	3
1.3. Formulación del problema .....	4
1.3.1. Problema general .....	4
1.3.2. Problemas específicos .....	4
1.4. Formulación de objetivos .....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos .....	4
1.5. Justificación de la investigación .....	5
1.6. Limitaciones de la investigación .....	5

### **CAPITULO II**

#### **MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de estudio.....	7
2.2. Bases teóricas - científicas.....	10
2.3. Definición de términos básicos.....	27
2.4. Formulación de hipótesis .....	28
2.4.1. Hipótesis general .....	28
2.4.2. Hipótesis específicas .....	28
2.5. Identificación de variables .....	28

2.6. Definición operacional de variables e indicadores .....	28
--------------------------------------------------------------	----

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de investigación .....	30
3.2. Nivel de investigación.....	30
3.3. Métodos de investigación.....	30
3.4. Diseño de investigación.....	31
3.5. Población y muestra .....	31
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	32
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación ..	32
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	32
3.9. Tratamiento estadístico.....	32
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica .....	33

### **CAPITULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	34
4.2. Presentación, análisis e interpretación de los resultados .....	40
4.3. Prueba de hipótesis .....	54
4.4. Discusión de resultados .....	55

#### **CONCLUSIONES**

#### **RECOMENDACIONES**

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

#### **ANEXOS**

## INDICE DE TABLAS

Tabla 4.1. Evaluación de la altura de las plantas (cm) de café ( <i>Coffea arabica</i> var. Caturra) por tratamiento hasta los 90 días de cultivo .....	40
Tabla 4.2. ANVA para la altura de la planta de café a los 90 días de cultivo .....	41
Tabla 4.3. Prueba de Tukey al 5% para la altura de planta a los 90 días de cultivo .....	41
Tabla 4.4: Registro del diámetro del tallo (mm) hasta los 90 días de cultivo .....	42
Tabla 4.5. ANVA para el diámetro del tallo a los 90 días de cultivo .....	43
Tabla 4.6. Prueba de Tukey al 5% para el diámetro de tallo a los 90 días .....	43
Tabla 4.7. Evolución del número de hojas pares de los plantones de cafeto por tratamiento hasta los 90 días de cultivo .....	44
Tabla 4.8. ANVA para el número de hojas pares de la planta a los 90 días .....	45
Tabla 4.9. Prueba de Tukey al 5% para el número de hojas pares de la planta de cafeto a los 90 días de cultivo .....	45
Tabla 4.10. Datos del peso fresco (g) de las plantas de café hasta los 90 días .....	46
Tabla 4.11. ANVA para el peso fresco de la planta de cafeto a los 90 días de cultivo .....	47
Tabla 4.12. Prueba de Tukey al 5% para el peso fresco de la planta a los 90 días .....	47
Tabla 4.13. Datos del peso seco de las plantas de cafeto por tratamiento a 90 días ....	48
Tabla 4.14. ANVA para el peso seco de la planta de cafeto a los 90 días .....	49
Tabla 4.15. Prueba de Tukey al 5% para el peso seco de la planta a los 90 días .....	49
Tabla 4.16. Evolución de la longitud de la raíz de las plantas hasta los 90 días .....	50
Tabla 4.17. ANVA para la longitud de la raíz de la planta de cafeto a los 90 días .....	51
Tabla 4.18. Prueba de Tukey al 5% para la longitud de la raíz de la planta de cafeto a los 90 días de cultivo .....	51
Tabla 4.19. Peso seco de la raíz de las plantas de cafeto (g) a los 90 días de cultivo .....	52
Tabla 4.20. ANVA para el peso seco de la raíz de la planta de cafeto a los 90 días .....	53
Tabla 4.21. Prueba de Tukey al 5% para el peso seco de las plantas se cafeto a los 90 días .....	53

## CAPITULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Identificación y determinación del problema

En los últimos años, para la selva Central se ha registrado un aumento de la temperatura y cambios en el régimen de lluvias lo que afectaría entre 73% a 88% de las tierras aptas para la producción del café en esta región, ocasionando una reducción de áreas aptas para el cultivo del café por las variaciones de las condiciones climáticas, por disminución de precipitación y aumento de temperatura. *Fung* (2016), de igual manera manifiesta que en estas tierras no van a desaparecer del todo el cultivo del café, pero serán menos aptas para su producción. Analizó los escenarios futuros de cambio climático para modelar cómo se comportarían las zonas adecuadas para el cultivo del café arábica, el más fino de las variedades del grano y que requiere zonas de altura y clima templado. Los resultados apuntan a que países productores como Colombia, México, Guatemala y Costa Rica tienen más posibilidades de adaptarse a los cambios de temperatura porque tienen zonas más altas que pueden ser incorporadas para el cultivo de café; pero no incluyen a nuestro país, lo que implica que nos veríamos afectados sustancialmente por el cambio climático, obligándonos a implementar alternativas para paliar el impacto climático. Para el cultivo del café se necesitan condiciones climáticas ideales, y éstas van a cambiar, probablemente se va a

tener que sembrar café en otras áreas con temperaturas más bajas y más precipitaciones. Se buscaría áreas más altas, indicó *Fung*, (2016).

*PUMA CAFÉ* (2021), manifiesta que después de la roya del café el 2013, solo hemos tenido buenas intenciones del estado, representado por el Minagri con su plan de renovación de los cafetos enfocado en volumen, que generó un desastre, con variedades mejoradas que demandan alta cantidad de insumos, que solo sirvió para endeudar más a los caficultores, hoy estas plantaciones renovadas no son fertilizadas por los agricultores y se encuentran sin producción. Los volúmenes de exportación, el 2019 desciende 12% comparado al 2018 este año seguirá bajando. En medio de la crisis y por la inacción de los gremios; muy a pesar que la Federación de Cafetaleros del Perú – FENCAP, con medidas de fuerza el 2018 logró captar la atención del estado, el 2019 junto a la plataforma de lucha liderada por CONVEAGRO logran instalar una mesa de diálogo y trabajan una agenda cafetera, logrando algunas resoluciones y decretos, muchas promesas y palabreo de los Ministros que no ha generado mucho impacto, salvo la reprogramación de su deuda, pero que no alivia la crisis de los productores cafetaleros.

La renovación de las plantaciones de cafeto, se realiza mediante la siembra de podas o realizando nuevas plantaciones. Con la intención de mantener constante la producción en los campos de cultivo, o para expandir su cultivo, teniendo el agricultor la oportunidad de introducir al cultivo nuevas variedades mejoradas, modificar la densidad de siembra o tener plantaciones resistente determinadas enfermedades. (CENICAFE, 2011).

Cuando la renovación de los cultivos se hace con la siembra de nuevas plantas; el primer control de calidad debe realizarse en los germinadores, para lo cual es necesario tener especial cuidado en hacer uso de semillas con 80% o más de viabilidad y evitar la infestación por el hongo *Rhizoctonia solani*, que ataca semillas, fósforos y chapolas de café (CENICAFE, 2011).

Considerando que el incremento de la producción del café depende de la etapa inicial a nivel de vivero, se debe apoyar a las plántulas para mejorar la absorción de los nutrientes para mejorar su vigor y tener un óptimo desarrollo.

En nuestra Región se tiene un deficiente manejo de los almácigos en los viveros, quienes utilizan muchos insumos agroquímicos con prácticas inadecuadas en los viveros, los cuales ocasionan contaminación ambiental y posteriormente altos costos de la producción en sus cafetales a nivel de vivero; generando como consecuencia la disminución de las ganancias de los mismos agricultores. *Fischersworrning y Robkamp, (2001)*.

En la actualidad, los agricultores aceleran el crecimiento de las plántulas a nivel de vivero, ensayando varios abonamientos, pero lo realizan en base a fertilizantes químicos y abonos foliares, lo que ocasiona la pérdida de la Certificación de Agricultura Orgánica.

Ante esta problemática se pretende apoyar a los agricultores a través del presente trabajo de investigación evaluando el efecto de diferentes dosis de micorrizas como estimulador del crecimiento en el cultivo del cafeto (*Coffea arabica* var. Caturra), en etapa de vivero en Chanchamayo – Junín. con la intención de evaluar la efectividad de las micorrizas en el cultivo del cafeto a nivel de vivero bajo condiciones de Selva Central del Perú.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

La presente Tesis, se realizó en el vivero experimental de la UNDAC, Filial La Merced – Chanchamayo, distrito y provincia de Chanchamayo, del departamento de Junín.

Coordenadas:

- Longitud Oeste : 75°18'15"
- Latitud Sur : 11°03'00"
- Altitud : 720 m.s.n.m.
- Zona de Vida : bh-PT

La zona de investigación, está ubicada a una altura de 720 msnm. Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge, nuestra área de estudio pertenece a la zona de bosque húmedo pre montano tropical bh-PT.

La presente investigación se delimitó a determinar la dosis optima de micorrizas que influye al crecimiento del cafeto (*Coffea arabica* var. Caturra), a nivel de vivero para Chanchamayo, en relación al incremento de la altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas pares, peso fresco y seco de la planta, longitud y peso seco de la raíz. El trabajo de investigación se ejecutó desde los meses de mayo 2021 a setiembre del año 2021.

### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1. Problema general**

- ¿Cuál es la influencia de las micorrizas en el desarrollo y crecimiento de plántulas de café en la etapa de vivero?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es la efectividad de las micorrizas en relación al crecimiento aéreo de los plantones de cafeto (*Coffea arabica* var. Caturra), en etapa de vivero para Chanchamayo, Junín?
- ¿Cuál es la efectividad de las micorrizas en relación al crecimiento radicular de los plantones de cafeto (*Coffea arabica* var. Caturra), etapa de vivero para Chanchamayo, Junín?

### **1.4. Formulación de objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

- Evaluar la efectividad de las micorrizas en el cultivo del cafeto (*Coffea arabica* var. Caturra), etapa de vivero.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Evaluar la efectividad de las micorrizas en relación al crecimiento aéreo de los plantones de cafeto (*Coffea arabica* var. Caturra), etapa de vivero para Chanchamayo, Junín.

- Evaluar la efectividad de las micorrizas en relación al crecimiento radicular de los plántones de cafeto (*Coffea arabica* var. Caturra), etapa de vivero para Chanchamayo, Junín.

### **1.5. Justificación de la investigación**

La producción café en nuestro país, es uno de los productos que más aporta al Producto Bruto Interno (PBI), por las exportaciones que hacen a otros países y la generación de empleo para miles de personas que trabajan en el cultivo y cosecha del café; *Castillo, (2017)*.

Según *Castillo, (2017)*, como representante de la Junta Nacional de Café y Cacao para nuestro país, manifiesta que se pierde el 30% de café, en promedio, por malas prácticas agrícolas. Por lo que la alternativa de desarrollar producción con el uso de micorrizas con el que se obtendrá beneficios ya que mejorará los suelos al realizar la recuperación del suelo.

*Encalada, et al., (2018)*. Manifiesta que estudiar el crecimiento de las plántulas en etapa de vivero a través de las variables de crecimiento, resulta importante para determinar las mejores características morfológicas que garanticen una plántula de buena calidad, expresada en sus medidas directas, de tal forma que su sobrevivencia y crecimiento en condiciones de campo esté asegurada.

### **1.6. Limitaciones de la investigación**

Según *Rivilla, (1999)*, manifiesta que las micorrizas deben de colocarse a 3 cm por debajo del nivel de las semillas con el fin que, al germinar, sus raíces entren en contacto con las hifas del hongo, también manifiesta que las necesidades del endófito para favorecer la simbiosis no se satisfacen durante el período de la germinación y la semilla de café puede ser colonizada por una micorriza conforme avanza el proceso de germinación, y el beneficio para la planta sólo puede observarse y valorarse en las etapas de almácigo y campo.

De igual manera, la falta de demanda comercial de parte de los agricultores de la zona por las micorrizas, hace difícil la obtención de las micorrizas en las tiendas de productos agrícolas, debiendo buscar este producto en otras ciudades.

Bajo estas observaciones, se hace tedioso, para los agricultores, usar las micorrizas en sus actividades agrícolas, por falta de asesoramiento técnico y disponibilidad en el mercado local.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de estudio

*Del Aguila, (2016)*, en su investigación sobre efecto de la inoculación de hongo micorrizicos arbusculares a plantones de café (*Coffea arabica*) variedad Caturra a nivel de vivero en la Región de San Martín, utilizando 9 tratamientos usando los hongos micorrizos arbusculares nativo (HMA-N) evaluó la multiplicación de HMA-N, porcentaje de colonización, longitud de micelio extra radicular, altura de planta, área foliar, biomasa seca aérea y biomasa seca radicular. Los resultados de este estudio mostraron que los consorcios más eficientes fueron los tratamientos T9, T5 y T8. Los cuales favorecieron significativamente el crecimiento y desarrollo de las plantas de cafeto en la etapa de vivero. (T9: ubicado en El dorado – Monte de los Olivos; T5: ubicado en Moyobamba, Los Ángeles y T8: ubicado en El Dorado-Buena Vista)

*Alarcón y Ferrara-Cerrato, (1999)*. reportan que inocular los HMA a las plantas en su estado vegetativo inicial es el mejor momento para establecer la simbiosis, puesto que significa un mejor aprovechamiento de nutrientes, un ahorro en fertilizantes químicos y una manera de asegurar el mayor número de plantas vigorosas para el trasplante a campo definitivo.

La altura de la planta se incrementa por la micorrización quien genera incrementos de las tasas fotosintéticas, potencial osmótico, conductancia estomática, reproducción y la transpiración, lo que conlleva a la obtención de plantas más vigorosas. (Augé, 2001).

Jara, (2017), en su investigación para evaluar el efecto de la materia orgánica en la producción de plantones de café variedad catimor a nivel de vivero. Los tratamientos evaluados fueron T0 (100 % tierra agrícola), T1 (25 % compost más 75 % tierra agrícola), T2 (50 % compost más 50 % tierra agrícola), T3 (75 % compost más 25 % tierra agrícola), H1 (25 % humus de lombriz más 75 % tierra agrícola), H2 (50 % humus de lombriz más 50 % tierra agrícola) y H3 (75 % humus de lombriz más 25 % tierra agrícola). Las variables evaluadas fueron altura de planta, diámetro de tallo, número de pares de hojas y la longitud de la raíz. Los mejores resultados para la altura de planta fue para el tratamiento T1 con medias de 21.46 cm. Para la variable número de pares de hojas el tratamiento con mayor valor fue para el T2 con un promedio de 5.9 unidades. El diámetro de tallo todos los tratamientos forman un grupo homogéneo, es decir no existe diferencia significativa entre los diámetros promedio de tallo de los tratamientos. La longitud de raíz el tratamiento con mayor valor es el T1 con 18.92 cm.

Fernández, F., et al., (1997), manifiestan que en la colonización con Micorrizas arbusculares en las raíces del cafeto, reportan la formación de protuberancias, posteriormente se confirmó la formación de otras estructuras como arbusculos y vesículas, de igual manera se observó esporas intraradiculares. De igual manera sostienen que los factores como edad del cultivo, las condiciones edafoclimáticas, de suelo y de aplicación de correctivos del pH (cal) influyen en la colonización.

Los mismos autores sostienen que los hongos micorrizógenos ejercen efectos nutricionales sobre el crecimiento de las plantas destacando las alteraciones benéficas en las relaciones agua - planta y patógeno.

*Molina, et al., (2005)*, refieren que la inoculación de HMA en plantas eleva notablemente la tasa de fotosíntesis comparada con las plantas no inoculadas, y puede atribuirse el incremento en el crecimiento de las plantas micorrizadas a ese aumento de la actividad fotosintética.

*Pozo, et al., (2013)*, en su investigación de la influencia de las micorrizas arbusculares en el cultivo de la granadilla, a los cuatro meses del trasplante de *Passiflora ligularis*, L. reportó que en la variable altura tuvo diferencia altamente significativa ocasionada por la inoculación de las micorrizas.

La misma investigación reporta que en el diámetro del cuello de la raíz, el peso seco de la parte aérea y de la raíz de las plántulas las tres fuentes de variación consideradas: inoculo, nivel de fósforo, y condición del suelo, arrojaron diferencias altamente significativas.

Asimismo con relación al efecto del inoculo la prueba de Duncan mostro que el comportamiento de dos de las cepas introducidas fue similar al de los hongos micorizógenos nativos en lo que se relaciona con la altura de la planta y solamente las plantas inoculadas con *A. longula* alcanzaron el triple de la altura (347 mm, contra 99.37 mm.) en relación al diámetro del cuello de la raíz los mejores resultaron lo presentaron las plántulas inoculadas, especialmente con *A. longula* las cuales duplicaron el valor de micorriza nativa. (*Pozo, et al., (2013)*).

Con respecto al peso seco de las partes aéreas el comportamiento fue similar al observado en la variable altura, con la diferencia que la presencia de *A. longula* aumento cuatro veces el peso seco de la planta en comparación con aquella que tiene micorriza nativa. En el peso seco de la raíz, el aumento fue de cinco veces, lo cual significa que las plantas inoculadas con esta cepa tienen un desarrollo radical que les permite un mejor anclaje y absorción de nutrimentos.

Resultados similares se observaron en el trabajo de *Pozo, et al., (2013)*, aunque en dicha ocasión se inocularon mezclas de cepas micorrizónegas, lo cual

esta mostrado que en los suelos utilizados las cepas nativas son altamente inefectivas.

Los resultados de una investigación, a nivel de vivero, incorporando endomicorrizas y rizobacterias al suelo, con las especies forestales laurel (*Cordia alliodora*) y roble sabana (*Tabebuia rosea*), indicaron que cuando se aplicó micorriza vesículo arbúscular hubo diferencias significativas, en área foliar, altura, número de hojas y peso seco, mostrando un mejor crecimiento en ambas especies. Se encontró también que existe cierto grado de especificidad entre el hongo micorrítico y la especie forestal. Los hongos más comunes encontrados en los suelos donde crecen en forma natural el laurel y el roble sabana pertenecen a los géneros *Glomus* y *Gigaspora* (*Fernández, et al., 1997*).

## **2.2. Bases teóricas – científicas**

### **2.2.1. El cultivo del cafeto (*Coffea arabica*) variedad Caturra**

#### **2.2.1.1. Descripción botánica**

El café pertenece a la familia de las *Rubiaceas*, que tiene alrededor de 500 géneros y más de 6000 especies, la mayoría árboles y arbustos. Son principalmente de origen tropical, y de una amplia distribución (*León, et al., 2000*).

*Castañeda, (2009)*, sostiene que taxonómicamente, todas estas plantas se clasifican como del género *Coffea*, y se caracteriza por una invaginación en la parte ventral de la semilla. Se encuentran desde pequeños arbustos hasta árboles de más de 10 m., sus hojas, que son simples, opuestas y con estípulas varían tanto en tamaño como en textura, sus flores son completas, blancas y tubulares, y los frutos, son unas drupas de diferentes formas, colores y tamaños, dentro se encuentra la semilla, normalmente dos por fruto.

Hoy, se reconocen 103 especies, sin embargo, sólo dos son responsables del 99 % del comercio mundial: *Coffea arabica* y *Coffea*

*canephora*. Son originarias de África o de Madagascar. Así como también existen muchas variedades: Typica, catimor, paché común, bourbón, caturra etc. (Ojeda, 1992).

#### **2.2.1.2. La raíz**

El sistema radical del cafeto tiene una raíz pivotante central muy fuerte, a menudo múltiple, que disminuye su diámetro abruptamente y rara vez se extiende como una unidad reconocible más allá de 45 cm de profundidad (Figuroa, 1990).

Según Suárez de Castro, (1999), la mayoría de las raíces activas del cafeto se encuentra cerca de la superficie del suelo, en los primeros 10 cm de profundidad, y se extiende entre 1 y 1.5 m desde su tallo. Otras investigaciones refieren que más del 80% de estas raicillas se encuentran en los 30 cm superiores del suelo, en un radio a partir del tronco que en la planta adulta fluctúa entre 2.0 y 2.5 m. Arcila et al., (2007) menciona que en los primeros 30 cm de profundidad se encuentra el 86% de las raíces absorbentes y un 89,9% de las raíces totales del cafeto. Esto significa que la planta necesita buena disponibilidad de agua y nutrientes a esta profundidad del suelo, por lo que se explica la efectividad de la fertilización al voleo.

Duran, (2010), manifiesta que las raíces desempeñan un papel fundamental en el crecimiento y la producción del cafeto. La raíz es el órgano por medio del cual la planta se ancla al suelo, absorbe y transporta el agua y los minerales esenciales para su crecimiento, en ella se acumulan sustancias que van alimentar a las hojas, flores y los frutos.

#### **2.2.1.3. El tallo**

El crecimiento de la parte aérea del café se genera a partir de las células meristemáticas ubicadas en el ápice del tallo y en las yemas apicales en las ramas. El ápice del tallo es el responsable de la formación

de nudos, hojas y del crecimiento en altura de la planta y en el ápice de las ramas ocurre la formación de nudos, hojas y la expansión lateral de la planta (Arcila, et al., 2007).

#### **2.2.1.4. Las hojas**

Las hojas son órganos en los cuales se realizan los tres procesos fisiológicos más importantes que soportan el crecimiento y desarrollos vegetativo y reproductivo de la planta y éstos son: la fotosíntesis, la respiración y la transpiración (Arcila, et al., 2007).

Las hojas aparecen en las ramas plagiotrópicas en un mismo plano y en posición opuesta, rodeada por dos estípulas agudas. Tienen el peciolo plano arriba, convexo abajo. La lámina es delgada, fuerte y ondulada; mide de 12 a 24 cm. de largo por 5 a 12 cm. de ancho y su forma varía de elíptica a lanceolada (León, 2000).

El color de la hoja en la cara superior es verde-oscuro, brillante y con los nervios hundidos; la cara inferior es verde claro, mate y con los nervios prominentes (León, 2000). Sin embargo, el tamaño de la hoja no solo varía entre especies sino también, de acuerdo con las condiciones de sombra o plena exposición de sol a que este sometida (Alvarado y Rojas, 2007).

El crecimiento de las hojas en plantas de almácigo de la variedad Caturra alcanza su máximo desarrollo entre 20 y 25 días después de su aparición y el área alcanza una hoja a plena exposición solar es de 30 a 40 cm<sup>2</sup> (Alvarado y Rojas, 2007). Una hoja sana puede durar en promedio de 10 a 15 meses en un cafetal bajo sombra y de 9 a 14 meses en cafetales a plena exposición solar (Arcila, et al., 2001).

#### **2.2.1.5. Caturra**

Caturra es una mutación natural de la variedad Borbón, la cual tiene una mutación de un solo gen que causa que la planta crezca más

pequeña (enanismo). Otras selecciones fueron hechas por el Instituto Agronómico de Sao Paulo en Campinas, Brasil (IAC). El proceso de selección para Caturra fue llamado selección masal, lo que significa que un grupo de individuos son seleccionados en base a su rendimiento superior, las semillas de estas plantas se agrupan para formar una nueva generación, y luego se repite el proceso. La variedad nunca fue liberada en Brasil, pero se ha vuelto común en Centroamérica. Posee entrenudos muy cortos en las ramas y en el tallo, que lo hacen un alto productor. Sus hojas son grandes, de bordes ondulados, anchos, redondeados, gruesos y verde oscuro. Es un arbusto de un aspecto general compacto y de mucho vigor. Las ramas laterales forman un ángulo bien cerrado con el tronco. Su sistema radical está bien desarrollado lo que le permite adaptarse a diferentes condiciones. Es una variedad muy precoz y de alta producción por lo que requiere un manejo adecuado. *Castillo, (2017)*.

Esta variedad es más precoz y presenta una mayor producción con relación a las líneas de típica y bourbón. En la mutante roja de caturra, los frutos adquieren un color rojo vino a la madurez, mientras en la variedad mutante es de color amarilla, (*Figueroa, et al., 1996*).

#### **2.2.1.6. Características fenotípicas**

- Tamaño de Planta : Bajo
- Entrenudos : Bajo
- Heredabilidad : Alta
- Brote : Verde
- Longitud Bandola : Media
- Tonalidad de la Hoja : Oscura

#### **2.2.1.7. Aspectos climáticos**

*Christiasen, (2004)*, manifiesta que la zona óptima para el cultivo del café arábico se encuentra entre 19 y 21.5 grados centígrados.

En climas fríos, donde la temperatura media es menor de 19 grados centígrados, las variedades de café se desarrollan menos, su producción es menor y la cosecha se distribuye a lo largo del año. En climas calientes, donde la temperatura media es mayor de 21.5 grados centígrados, la vida productiva del cafeto es más corta, la cosecha más temprana y más concentrada. El ataque de la roya es más severo y se incrementan plagas como la broca y el minador.

De igual manera reporta que se considera apropiada para el cultivo una cantidad de lluvia comprendida entre los 1.800 y los 2.800 milímetros anuales, con una buena distribución en los diferentes meses del año. Se requieren por lo menos 120 milímetros al mes. Periodos de mucha lluvia favorecen la presencia de enfermedades como el mal rosado y la gotera. El exceso de lluvias también puede afectar la floración del cafetal, disminuyéndola o dañándola. Si se presentan sequías excesivas, las hojas del cafeto pueden caerse por falta de agua y se puede incrementar el ataque de plagas como la arañita roja, el minador y la broca.

En general, las zonas más adecuadas para el cultivo del cafeto se caracterizan por presentar vientos de poca fuerza.

La principal fuente de energía para las plantas es la radiación del sol que llega a las plantas dependiendo de la presencia o ausencia de nubes y la orientación de las laderas en relación con la salida del sol. El brillo solar se expresa como el número de horas en las cuales el sol brilla en un período dado. El brillo solar en la zona cafetera se encuentra entre 1.600 y 2.000 horas de sol al año (4.5-5.5 horas de sol al día). *Christiasen*, (2004).

Para *Castañeda*, (2009), en el Perú, las zonas cafetaleras van desde 600 a 2,000 m.s.n.m. y pueden distinguirse cuatro zonas:

1. Zona baja : 600 a 1000 m.s.n.m.
2. Zona media : 1000 a 1200 m.s.n.m.
3. Zona alta : 1200 a 1400 m.s.n.m.
4. Zona de estructura altura : 1,400 a más

Las características óptimas son:

- ✓ Temperatura media : 18 a 20 °C
- ✓ Luminosidad : 150 horas sol/mes
- ✓ Lluvias : 1200 mm/mes
- ✓ Época seca : Máximo 2 meses

### **2.2.2. Las micorrizas**

El término micorriza fue propuesto por primera vez en 1885, por *Albert Bernard Frank*, quien descubrió la asociación regular de tejidos fungosos (manto) con el tejido radical de los árboles. Sin embargo, los descubrimientos fósiles, en los que se han encontrado micorrizas llamadas fósiles endomicorrizales, hacen pensar que este tipo de asociaciones han podido ser cruciales para permitir la colonización terrestre de las plantas y que por lo tanto su existencia data de mucho tiempo atrás (*Fernández, et al., 1997*).

No obstante, sólo a partir de 1950, que se inicia a nivel mundial la investigación básica sobre su uso, profundizándose en el tema desde el año 1970. Investigaciones realizadas, han logrado demostrar que las micorrizas son capaces de beneficiar al 95% de todas las especies existentes y que su aplicación produce mejoras significativas para el crecimiento de árboles nativos, frutales, café, plátano, cultivos agrícolas, hortalizas, ornamentales, caña, palma africana, pastos para pastoreo y de corte. A pesar de esto, *Raddattz* es de la opinión que, en Latinoamérica, y en Colombia, han sido subutilizadas, debido a que se ha limitado su aplicación a sólo cuatro cultivos: pastos, yuca, frijol y arroz, en los cuales las micorrizas no destacan su total potencial (*Fung, 2016*).

Las micorrizas son la asociación mutualista establecida entre las raíces de la mayoría de las plantas y ciertos hongos del suelo. Se trata de una simbiosis prácticamente universal, no sólo porque casi todas las especies vegetales son susceptibles de ser micorrizadas sino también porque puede estar presente en la mayoría de los hábitats naturales. (*Abbot y Robson, 1982*).

Las micorrizas son tan antiguas como las propias plantas y se conoce su existencia desde hace más de cien años; estimándose que aproximadamente el 95% de las especies vegetales conocidas establecen de forma natural y constante este tipo de simbiosis con hongos del suelo (*Azcon-Aguilar, et al., 1984*).

Los hongos micorrizógenos es uno de los microorganismos beneficiosos más estudiados y empleados en la actualidad. Son tantas las especies, cepas existentes, y tan diversas sus formas de actuar en la planta y en el suelo, que se puede asegurar que están presentes en casi todas las especies vegetales y los suelos agrícolas existentes en el mundo. Estos microorganismos, que por naturaleza son microorganismos del suelo, el hombre ha logrado aislarlos y reproducirlos de manera vertiginosa, convirtiéndolos en un gran aliado del productor y de personas que lo emplean para diferentes fines y propósitos naturales y ecológicos. (*Barea, et al., 1984*).

Los mismos autores manifiestan, que la clave de esta actividad, como se esbozó anteriormente, radica en que, cuando la colonización interna está bien establecida, las hifas del hongo pueden crecer externamente desde la raíz de la planta hacia el suelo (micelio externo). Concretamente, se sabe que cada cm de raíz puede sustentar más de 1 m de hifas externas, que se extienden más de 10 cm de la superficie de la raíz. Esto les permite explorar un volumen de suelo considerablemente superior y captar nutrientes en zonas alejadas de la raíz, lo tiene especial relevancia para aquellos nutrientes que se desplazan lentamente por difusión hacia la superficie de la raíz, como son el fosfato y el amonio. Así mismo facilitan la captación de agua por la planta. Adicionalmente, las

micorrizas confieren a las plantas una mayor capacidad de resistencia/tolerancia a situaciones que pueden causarles estrés, como son salinidad, sequía, contaminación, ataque de patógenos, etc. Por estas razones el uso racional de los hongos micorrícicos como inoculantes en agricultura puede representar una reducción sustancial de agroquímicos tales como fertilizantes y productos fitosanitarios etc.

#### **2.2.2.1. Definición de micorriza**

*Benavides, (1986).* Manifiesta que etimológicamente, la palabra se ha formado del término griego “mykos” (hongo) y del vocablo latino “Rhiza” (raíz). El término micorriza, cuyo significado literal es hongo - raíz, se aplicó por primera vez a las asociaciones que se establecen entre plantas terrestres y determinados hongos del suelo, siendo descrito por el patólogo alemán *Albert Bernard Frank* en 1885 (citado por *Benavides, (1986).* Él estableció que dicha asociación era mutualista dados los beneficios que reporta la misma para ambos participantes, y comprende la penetración radical por parte del hongo y la carencia de respuesta perjudicial hacia éste por parte de la planta hospedera que lo impida.

#### **2.2.2.2. Endomicorrizas**

*Burbano y Urbano, (1992).* Manifiestan que los hongos más frecuentes en las endomicorrizas son generalmente Zygomycetes, con hifas no septadas y las asociaciones hongo/hospedante no son muy específicas. Muchas gramíneas las presentan: *Andropogon, Bromus, Festuca, Panicum, Poa, Saccharum, Sorghum, Sporobolus, Stipa y Zea mays.*

Los mismos autores manifiestan que las hifas de las endomicorrizas penetran las células del córtex de la raíz, sin romper el plasmalema o el tonoplasto. Forman unas estructuras dendroides llamadas arbuscúlos o protuberancias llamadas vesículas, que quedan

revestidas por la membrana plasmática. Las endomicorrizas se suelen llamar micorrizas V/A por la formación de estas estructuras. El hongo nunca penetra la endodermis, ni la estela, ni el meristema apical, ni la caliptra.

### 2.2.2.3. Ectomicorrizas

*Burbano y Urbano, (1992)*, sostienen que las ectomicorrizas se caracterizan porque desarrollan una espesa capa de micelio sobre la zona cortical de las raíces absorbentes de la planta, las hifas del hongo no penetran en el interior de las células de la raíz, si no que se ubican entre las separaciones de éstas y se puede observar a simple vista. Este tipo de micorrizas predomina entre los árboles de zonas templadas. Los hongos que la forman son los *Basidiomycota* como *Ascomycota*.

*Fernandez, et al., (1997)*, manifiestan que a las ectomicorrizas las denominada como formadoras del manto fúngico que cubre las raíces, y a partir de él surge una red de hifas intercelulares llamada red de Hartig, que no penetran en las células del hospedante.

Estas ectomicorrizas se presentan en árboles y arbustos pertenecientes a las familias betuláceas, fagáceas, pináceas, salicáceas y tiliáceas, así como en algunas especies de ericáceas, juglandáceas, leguminosas, mirtáceas y rosáceas. Los hongos responsables son las trufas (ascomicetos) y los agaricoideos (basidiomicetos) y varias especies, como los *Endogone* (zigomicetos).

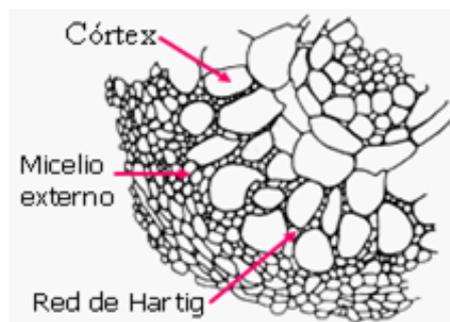


Imagen de una Ectomicorriza  
citado por *Fernandez, et al., (1997)*

#### **2.2.2.4. Acción de las micorrizas en la protección de las plantas**

*Burckhardt y Howeler, (1984)*, sostienen las plantas sufren el ataque de hongos, bacterias, virus, nematodos, insectos, plantas parásitas, etc., causantes de enfermedades o plagas.

Hace décadas que se evidenció que las plantas micorrizadas resisten mejor el ataque de los patógenos del suelo. Se demostró que los hongos micorrícicos no producen compuestos antimicrobianos capaces de antagonizar de forma directa a los patógenos, por lo que se sugirió que las micorrizas podrían actuar por mecanismos indirectos. Posteriormente, se evidenció que las micorrizas estimulan los mecanismos defensivos de la planta y la expresión de tales efectos no solo de forma localizada, sino también de modo sistémico, tanto en las raíces como en la parte aérea de la planta. Dicho de otra manera, se propuso la existencia de un sistema inmunitario en plantas, fenómeno que se pensaba que existía solo en animales.

Las plantas son capaces de adaptarse a condiciones hostiles en su entorno mediante mecanismos de percepción y respuesta de su sistema inmune. Como consecuencia de una estimulación previa, la respuesta del sistema basal de defensa ante el ataque por un patógeno o insecto es más rápida y contundente, respuesta que es potenciada por la micorrización (*Pozo, et al., 2013*).

En el caso concreto del ataque de patógenos o insectos, tal potenciación de las defensas naturales de las plantas por micorrizas traer como consecuencia una mayor resistencia de la planta frente a enfermedades y plagas. Aduciendo, por tanto, de una Resistencia Sistémica Inducida (RSI) por micorrizas, que es fundamental en el control biológico de patógenos, insectos y plantas parasitas. (*Pozo, et al., 2013*).

La aplicabilidad a nivel agronómico de las micorrizas frente a enfermedades y plagas es aún limitada, pero se está avanzado en esta tendencia y se están diseñando estrategias que optimicen dicha capacidad para determinar los hongos micorrícicos más eficaces a este fin.

#### **2.2.2.5. Las micorrizas vesículo – arbusculares (MVA).**

Es un tipo de micorriza que se encuentra en condiciones naturales en la mayoría de los cultivos tropicales y subtropicales de interés agronómico (*Sieverding y Toro, 1986*). y está presente en la mayoría de las Angiospermas; siendo las familias *Chenopodiaceae* y *Cruciferae*, las excepciones de mayor importancia. La asociación simbiótica Micorrízica–Arbuscular se forma en muchas especies perennes leñosas, incluyendo muchas Gimnospermas aparte de las *Pináceas*. Estos hongos pertenecen al pequeño orden *Glomales* dentro de la clase *Zygomycetes* y su origen está en un rango de 353 a 452 millones de años atrás, estando presentes en familias de plantas que tienen miembros de alta importancia económica (*Poaceae, Fabaceae, Solanaceae y Rosaceae*). Los vegetales asociados a los mismos se benefician por el incremento en la toma de nutrientes como, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, cobre, molibdeno, hierro y manganeso, pues el hongo funciona como una extensión del sistema radical de la planta, facilitando a través de su red de hifas una mayor absorción de éstos en el suelo. En esta asociación el componente fúngico de la simbiosis se nutre de los carbohidratos almacenados en las células mesodérmicas en formas sencillas de fructosa, glucosa y sacarosa y de los exudados radicales de las plantas.

#### **2.2.2.6. Diversidad de los hongos micorrizógenos arbusculares**

Las investigaciones con HMA se han orientado principalmente en determinar la respuesta de la planta a la micorriza

sin considerar detenidamente al endófito, dando la impresión de que estos hongos son funcionalmente equivalentes (*Abbot & Robson, 1982*), sin embargo, se ha demostrado que estos hongos tienen una gran diversidad fisiológica y probablemente han desarrollado adaptaciones específicas a las condiciones ambientales y edáficas en las que se desarrollan.

Se ha observado que las plantas micorrizadas se benefician en diferente magnitud dependiendo de los HMA que las colonicen (*Azcon-Aguilar, et al., 1984*).

Los hongos que forman micorriza arbuscular, se ubican en el orden *Glomales* de la clase *Zygomycetes* y comprenden ocho géneros con alrededor de 150 especies.

#### **2.2.2.7. Beneficios de las micorrizas**

Los beneficios que genera la micorrización en las plantas son numerosos; gracias a ella, la planta puede extenderse más en el suelo, del que podría hacerlo con sus raíces, al incrementar su extensión por la acción de las hifas del hongo; también capta con mayor facilidad ciertos elementos (fósforo, nitrógeno, calcio y potasio) y agua del suelo. La protección brindada por el hongo hace que, además, la planta sea más resistente a los cambios de temperatura y la acidificación del suelo derivada de la presencia de azufre, magnesio y aluminio. *Burbano y Urbano, (1992)*.

Algunas reacciones fisiológicas del hongo inducen a la raíz a mantenerse activa durante más tiempo en la planta.

#### **2.2.2.8. Aplicación de las micorrizas vesículo-arbusculares (MVA) en la agricultura**

El cultivo de las plantas y todas las actividades que manipulan los primeros centímetros del suelo arable, producen la ruptura y

disgregación del micelio externo de las MVA. Debido a que este micelio contribuye sustancialmente en la formación de la estructura del suelo, su destrucción trae consecuencias indeseables para la infiltración y demás propiedades físicas del suelo (*Benavides, 1986*).

Por otra parte, la aplicación de fertilizantes químicos en dosis elevadas, inhibe la actividad de las MVA; la aplicación prolongada (especialmente en monocultivos) disminuye notablemente la presencia de las MVA en los sistemas agrícolas, conllevando la pérdida de la diversidad de hongos micorrízicos presentes en el suelo y la selección de especies de MVA menos mutualistas (*Burbano y Urbano, 1992*).

La aplicación de fungicidas y de plaguicidas con fines fitosanitarios también tiene efectos en las MVA, los cuales no son fácilmente predecibles debido a la complejidad de interacciones que se establecen en la comunidad de organismos del suelo (*Barrera y Arango, 2015*).

De igual manera sostiene que la mayoría de las plantas de interés agronómico como el cacao, café, coco, algodón, cebolla, ajo, yuca, papa, todos los cítricos, todas las leguminosas y gran parte de los cereales forman MVA. Sin embargo, no todas estas especies, dependen de la misma manera de las MVA para su crecimiento. Aquellos cultivos con raíces gruesas y pocos pelos radicales, como por ejemplo el ajo, la cebolla, las leguminosas y los cítricos, tienden a ser muy dependientes de las micorrizas y la disminución en la productividad de dichos cultivos puede deberse al manejo inadecuado de los insumos que se aplican, los cuales pueden conducir a la muerte o desaparición de los propágulos de MVA.

Por lo tanto, el uso de estos microorganismos edáficos (MVA) en la agricultura constituye una alternativa promisorio frente a los

fertilizantes minerales. Desde el punto de vista ecológico, la utilización y/o aplicación correcta de estos microorganismos permite reducir el uso de energía, la degradación del agroecosistema y las pérdidas de nutrientes de los suelos agrícolas. En adición, se mantiene la capacidad productiva del sistema, se preservan la biodiversidad y se contribuye con una producción más estable y sostenida a largo plazo en equilibrio con el entorno (*Barea, et al., 1984*). En este sentido, la reintroducción y el mantenimiento de las MVA asociadas a los cultivos agrícolas luce como un objetivo deseable con el fin de mejorar su rendimiento y productividad.

#### **2.2.2.9. Posibilidades de aplicación**

En el manejo ambiental se abre un mundo de posibilidades de aplicación, con el respaldo de investigaciones y experiencias prácticas llevadas a cabo por un equipo de *especialistas* del más alto nivel. Entre otras, son posibles las siguientes aplicaciones: (*Fernández, et al., 1997*).

- La bioremediación y reforestación de suelos contaminados con metales pesados e hidrocarburos.
- La estabilización de relaves mineros y sedimentos de residuos industriales sólidos, así como el control de la erosión hídrica y eólica mediante la generación de cubiertas vegetales.
- La recuperación del estrato herbáceo afectado por faenas mineras e industriales. Trasplante de bofedales, bosquetes y formaciones vegetales nativas.
- La generación de cubiertas vegetales y/o reforestación de espacios ambientalmente desfavorables: stress hídrico y salino, extremos de pH, exceso de viento, altas pendientes, entre otras.

En estudios efectuados a nivel mundial se ha establecido la importancia de la asociación raíz – hongo en la absorción de P, N, K y los

elementos menores Cu, Zn, B; en la resistencia de las plantas al ataque de patógenos, especialmente los radicales, y en su capacidad para soportar condiciones de estrés de agua (*Fernández, et al., 1997*).

En café variedad colombiana y caturra, también se ha observado la presencia natural de MVA y los efectos desfavorables en el desarrollo de la planta cuando se elimina la flora micorrizógena (*Sieverding y Toro, 1986*). Igualmente, este cultivo se considera poco exigente en fertilización fosfórica, lo cual lleva a plantearse como hipótesis la posibilidad de que estas plantas café y granadilla sean capaces de absorber eficientemente el fósforo gracias a la presencia de los hongos micorrizógenos asociados.

El uso de hongos micorrízicos, para la producción de las plantas en la etapa de vivero, se puede considerar como una práctica obligatoria del viverista con posibilidades económicas y ecológicamente justificables al aumentar la nutrición y calidad del cultivo y así la producción para contribuir a una agricultura más sustentable y menos dependiente de los insumos. (*Barea, et al., 2013*).

El interés por las micorrizas se deriva principalmente porque los hongos micorrízicos son capaces de varias funciones: a) son órganos de captación de nutrientes, b) afectan la fisiología de la planta, c) pueden ser manipulados para mejorar la productividad vegetal, (*Burdano y Urbano, 1992*).

La asociación simbiótica planta-hongo micorrítico, la planta de cacao obtiene mayor eficiencia en la absorción de nutrientes, se promueve el crecimiento foliar e intensifica la tasa fotosintética y fortalece las condiciones propias de la planta para tolerar el estrés hídrico, (*Burckhardt & Howeler, 1984*).

Los principales beneficios que recibe una planta colonizada por HMA son: a) mejoran el enraizamiento, establecimiento y crecimiento de

la planta, principalmente en suelos con bajos contenidos de nutrimentos, b) incrementa la captación de iones, c) mayor capacidad de absorción de nutrientes pocos móviles del suelo: fósforo, zinc, cobre, d) mayor capacidad de absorción de agua y tolerancia a la sequía, e) protección contra patógenos de la raíz. (*Burckhardt & Howeler, 1984*).

Los beneficios de la inoculación con HMA efectivos se expresan en una mayor supervivencia de las plántulas, mayor crecimiento en menor tiempo, reducción del tiempo de estadía en vivero, ahorro en costos de fertilización, mayor producción y calidad del producto.

La modificación del sistema radicular por la asociación simbiótica con los HMA contribuye a mejorar la absorción y transporte de agua y nutrientes del suelo a la raíz, por el incremento en el volumen de suelo explorado lo cual se refleja en un mayor desarrollo vegetal. (*Sieverding y Toro, 1986*).

Por lo general los sustratos usados en vivero se tratan con biocidas para eliminar los patógenos y las semillas de malezas, proceso que elimina o reduce los HMA nativos y afecta la captación de nutrientes especialmente el fósforo y otros como el compost no contienen propágulos, por lo cual la introducción de inóculos de HMA ha tenido éxito en suelos desinfectados. El uso de sustratos apropiados para las plantas de vivero con proporciones optimas de suelo en mezcla con materiales orgánicos e inorgánicos, permiten mejorar la estructura del suelo, favorecen la aireación y aumentan la capacidad de retención de agua. (*Sieverding y Toro, 1986*).

*Souza y Powell, (2016)*. manifiesta que con el uso de estos biofertilizantes, para producir plantas de caoba (*Swietenia macrophylla King*) a los cuatro meses después del transplante de la planta a la bolsa de polietileno, se obtienen plantas vigorosas, con un mayor crecimiento y

desarrollo en 12.3 cm de largo, 2.3 mm de diámetro y 8 hojas más que en aquéllas que no utilizan la tecnología, lo cual contribuye a reducir el tiempo de permanencia en vivero hasta en 4 meses y los costos de producción por planta por concepto de mano de obra.

Se determinó la influencia de cuatro cepas micorrizas del tipo versículo arbúscular (MVA) en la germinación de 10 especies forestales: caoba (Cf. nombre: *Swietenia macrophylla*) y las cepas de micorrizas utilizadas fueron: *Glomus* sp., *Gigaspora margarita*, *Entrophospora colombiana* y *Acaulospora* sp.

Las cepas fueron inoculadas en el momento de la siembra, utilizando sustrato orgánico desinfectado previamente.

Fue distinto su comportamiento en cada una de las especies forestales, en general las micorrizas influyeron en la germinación y en todos los parámetros evaluados (Porcentaje de infección, longitud de la raíz y del tallo, porcentaje de germinación y vigor germinativo (*Fernández, et al., 1997*)).

Los HMA son considerados simbioses obligados debido a su incapacidad de crecer en ausencia de una planta hospedera; por lo tanto, no pueden aislarse en medios de cultivo convencionales.

La manera más usual de propagación consiste en inocular sus esporas en suelos previamente esterilizados y sembrar posteriormente plantas de rápido crecimiento que sean susceptibles de establecer asociaciones Micorrízicas.

Con las limitaciones de presión de selección (y subsecuente selección direccionada) que esto implica para las comunidades de HMA nativos. De esta forma, en un periodo de 3-6 meses el sustrato y las raíces secundarias colonizadas de la planta hospedera pueden ser utilizadas como inóculo.

Los criterios más comunes para considerar a un inóculo como de alta calidad son el número de esporas viables, el porcentaje de colonización en las raíces y el incremento en peso seco total de las plantas inoculadas (*Fernandez, et al., 1997*).

El uso y manejo de los HMA, se debe enfocar en las primeras fases del crecimiento de las plantas antes del establecimiento en campo. Sin embargo, es importante considerar que las diferentes prácticas tradicionales y niveles de manejo realizadas en vivero pueden afectar drásticamente el establecimiento de la asociación Micorrízicos.

Por ejemplo, en México, en los viveros con manejo tradicional se utiliza suelo forestal como sustrato, el cual constituye la única fuente de inóculo para la formación de asociaciones Micorrízicos.

Esta práctica posee varias desventajas, como los son el desconocimiento de las especies de HMA que inducen la asociación, el grave daño ecológico que ocurre cuando se extraen grandes volúmenes de suelo natural y la posible contaminación con agentes patógenos como hongos y nematodos.

Es por esto que en algunos viveros se realiza la esterilización del suelo o la aplicación de herbicidas y fungicidas sistémicos. Estas prácticas, sin embargo, tienen la desventaja que eliminan los propágulos Micorrízicos y el establecimiento de la simbiosis (*Fung, 2016*).

### **2.3. Definición de términos básicos**

- a. Micorrizas.** Se entiende por micorrizas a las asociaciones simbióticas entre un grupo de hongos y las raíces de las plantas vasculares
- b. Café caturra.** Es una mutación natural de la planta de café de la variedad Borbón, la cual tiene una mutación de un solo gen que causa que la planta crezca más pequeña. (enanismo).

**c. Vivero.** Con este término, se conoce a la instalación agronómica donde se cultivan, germinan y maduran todo tipo de plantas y plántulas.

El vivero, es un lugar donde se cultivan diversas especies vegetales, utilizando para ello sustratos determinados y métodos de propagación de plantas.

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

#### **Hipótesis alterna**

Se encontrará respuesta favorable de las micorrizas como estimulador del crecimiento de los plantones de café (*Coffea arabica* var. Caturra) en la etapa de vivero

#### **Hipótesis nula**

No se encontrará respuesta favorable de las micorrizas como estimulador del crecimiento de los plantones de café (*Coffea arabica* var. Caturra) en la etapa de vivero.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- Las micorrizas influyen en el crecimiento aéreo de los plantones de café (*Coffea arabica* var. Caturra), etapa de vivero para Chanchamayo, Junín.
- Las micorrizas influyen en el crecimiento radicular de los plantones de café (*Coffea arabica* var. Caturra), etapa de vivero para Chanchamayo, Junín.

## **2.5. Identificación de variables**

### **2.5.1. Variable independiente**

- Micorrizas

### **2.5.2. Variable dependiente**

- Crecimiento aéreo de la planta
- Crecimiento radicular de la planta

## **2.6. Definición operacional de variables e indicadores**

<i>Variable</i>	<i>Dimensión</i>	<i>Indicador</i>
<b><i>Independiente</i></b>		
<i>Micorrizas</i>	Concentración de las micorrizas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- T1: 0 g/planta</li> <li>- T2: 5 g/planta</li> <li>- T3: 10 g/planta</li> <li>- T4: 15 g/planta</li> <li>- T5: 20 g/planta</li> </ul>
<b><i>Dependiente</i></b>		
<i>Crecimiento aéreo de la planta</i>	Centímetro	- Altura de planta
	Milímetro	- Diámetro del tallo
	Gramo	- Peso fresco de planta
	Gramo	- Peso seco de planta
	Centímetro	- Número par de hojas
<i>Crecimiento radicular de la planta</i>	Centímetro	- Longitud de la raíz
	Gramos	- Peso fresco de la raíz

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

#### **3.1. Tipo de investigación**

Según *Vargas, et al.*, (2013), esta investigación es Aplicada, porque estudia la fisiología de la planta y se sustenta en el estudio de la fenología de la planta del cafeto, para determinar la influencia de las micorrizas en el crecimiento de los plántones de café (*Coffea arabica* var. Caturra), en la provincia de Chanchamayo, bajo condiciones de vivero.

#### **3.2. Nivel de investigación**

Se sustenta la investigación aplicada porque pretende resolver un problema en el cultivo del cafeto a nivel de vivero.

#### **3.3. Métodos de investigación**

Según *Tamayo y Tamayo*, (1998), el método usado, fue el experimental, porque se manipula las variables: independiente (dosis de micorrizas) para evaluar las variables dependientes (Crecimiento aéreo de la planta y crecimiento radicular de la planta). El autor manifiesta que, “...en el método experimental, se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas – antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos – efectos) dentro de una situación de control para el investigador...”.

### 3.4. Diseño de investigación.

El diseño de investigación usado para la presente investigación, fue el diseño completamente azar (DCA) con 5 tratamientos y 4 repeticiones, para lo cual se presenta el siguiente modelo aditivo lineal:

#### 3.4.1. Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = valor observado

$\mu$  = Media poblacional.

$\alpha_i$  = Efecto del tratamiento (parámetro) en la unidad experimental.

$e_{ij}$  = Error, valor de la variable aleatoria Error experimental.

$i = 1, 2, \dots, t$

$j = 1, 2, \dots, r_i$

#### 3.4.2. Análisis de variancia

<i>F. de V.</i>	<i>G. L.</i>	<i>S. C.</i>	<i>C. M.</i>	<i>Fc</i>	<i>Ft</i>		<i>Sgn.</i>
					5%	1%	
<i>Tratamientos</i>	4						
<i>Error</i>	15						
<i>Total</i>	19						

### 3.5. Población y muestra

- **Población:** está conformado por 180 plántones de café, las que serán instaladas en el vivero de la UNDAC – Filial La Merced, ubicada en la provincia de Chanchamayo, departamento de Junín.
- **Muestra:** La muestra la constituyen 4 plantas por unidad experimental con cinco tratamientos; haciendo un total de 20 plantas por muestra para cada evaluación del experimento.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica que se usó en el desarrollo de la investigación fue la observación con la que se realizó el recojo de la información para dar respuesta al problema de estudio; los principales instrumentos de recolección de datos fueron la regla de metal milimétrica con error de 1 mm, la balanza de precisión con error de 0.01 g. y el vernier con error de 0.1mm; y para el registro de los datos se usaron las fichas técnicas de registro de datos que se presentan en los anexos.

### **3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

La presente investigación es a nivel de pre grado, para optar título profesional, por lo que, su validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación se realizó mediante la consulta bibliográfica y poder elaborar los instrumentos de evaluación de ésta investigación en relación a los indicadores de las variables estudiadas, con los que nos permitió obtener los datos y tener respuesta a nuestra hipótesis de investigación, en relación al efecto de las micorrizas que se ha formulado en los tratamientos y poder evaluar las variables dependientes.

### **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Los datos de las variables en estudio se procesó con la ayuda de tablas elaboradas para esta investigación, las que constan de una columna con los 05 tratamientos (T1: 0 g/planta, T2: 5 g/planta, T3: 10 g/planta, T4: 15 g/planta T5: 20 g/planta), otra columna con 4 repeticiones para cada tratamiento y 9 columnas con las evaluaciones que se realizaron cada 10 días, para la altura de la planta, el diámetro del tallo, el número de hojas, el peso fresco de la planta, el peso seco de la planta, la longitud de la raíz y el peso seco de la raíz.

Las evaluaciones se realizaron con una frecuencia de 10 días, a partir del día 10, luego del de las plantas a las bolsas de cultivo; esto es a los 10, 20, 30, 40,

50, 60 70, 80 y 90 días. Se evaluó 4 plantas (repetición) por cada tratamiento en estudio/variable.

### **3.9. Tratamiento estadístico**

El análisis de los datos de nuestro trabajo de investigación, se realizó mediante el análisis de varianza de los datos. En el procesamiento de los datos, los estadísticos que nos permitieron estimar a la población fueron: la Media, la Varianza, y el Coeficiente de variación. Estos resultados fueron contrastados con la prueba estadística de Tukey al 5% para determinar la influencia de las micorrizas en relación al crecimiento aéreo y radicular de la planta.

### **3.10. Orientación ética filosófica y epistémica**

Nuestra tesis, se desarrolló en el vivero experimental de café, construido para éste fin, en la Filial La Merced, que pertenece a la Escuela de Formación Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión – Filial La Merced, habiendo sido verificada su desarrollo de la misma por el asesor de la presente tesis, por lo que se considera en los anexos y los resultados y fotografías obtenidas que servirán de evidencia y referencia para otros trabajos de investigación asimismo, apoyará al conocimiento en el manejo y producción de la planta de granadilla a nivel de vivero, la que será de utilidad a los agricultores de nuestra región. La ejecución de la presente investigación, se desarrolló siguiendo los valores éticos y damos fe que los resultados de la presente investigación, se usaron para desarrollar la presente tesis.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

##### **4.1.1. Lugar de ejecución**

La presente tesis, se desarrolló en el vivero experimental de café construido para este fin, en la Filial La Merced, que pertenece a la Escuela de Formación Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión – Filial La Merced, ubicada en el distrito y provincia de Chanchamayo del departamento de Junín.

##### **a. Ubicación política**

- Departamento : Junín
- Provincia : Chanchamayo
- Distrito : Chanchamayo

##### **b. Ubicación geográfica**

- Longitud Oeste : 75°20.148'
- Latitud Sur : 11°04.588'
- Altitud : 735 m.s.n.m.
- Zona de Vida : bh-PT

#### **4.1.2. Materiales y equipos**

##### **a. Materiales de campo**

- Mangueras de riego de media pulgada
- Baldes de plástico de 10 litros
- Azadón
- Rastrillo
- Lampa
- Folder para colección de datos
- Fichas de datos
- Aspersores de 1 litro de capacidad
- Cuchillo
- Machete
- Flexómetro
- Balanza eléctrica con 0.01g de error
- Vernier con 0.1mm de error
- Jarra de plástico de 1 litro capacidad

**b. Material biológico**

- Plantones de café (*Coffea arabica* var. Caturra)
- Micorrizas

**c. Materiales de escritorio**

- Libreta de apuntes
- Lapiceros
- Flexómetro
- Plumones de tinta indeleble
- Papel bond 80 gr.
- Resaltador de párrafos
- Memoria digital USB
- Etiquetas

**d. Equipos**

- Laptop

- Impresora
- Cámara digital
- Estufa de secado
- Termómetro

#### 4.1.3. Descripción de los tratamientos

<i>Tratamientos</i>	<i>Cantidad de Micorrizas</i>	<i>Sustrato (2 : 1)</i>
<b>T1</b>	0 gr./planta	Tierra negra y arena
<b>T2</b>	5 gr./planta	Tierra negra y arena
<b>T3</b>	10 gr./planta	Tierra negra y arena
<b>T4</b>	15 gr./planta	Tierra negra y arena
<b>T5</b>	20 gr./planta	Tierra negra y arena

#### 4.1.4. Croquis de campo

##### Distribución de las unidades experimentales

<i>Tratamientos</i>	<i>Repeticiones</i>				
<b>1</b>	T4	T5	T3	T2	T1
<b>2</b>	T1	T4	T5	T3	T2
<b>3</b>	T2	T3	T5	T4	T1
<b>4</b>	T4	T2	T1	T5	T3

#### 4.1.5. Evaluación de las variables

Las evaluaciones de los indicadores para cada variable dependiente, se realizó cada 10 días, a partir de los 10 hasta los 90 días, se extrajo de cada tratamiento 4 plantas como repetición, para evaluar los siguientes indicadores:

- Altura de plantas (cm.),
- Diámetro del tallo (mm.),
- Número par de hojas (ud.),
- Peso fresco de la planta (g.),

- Peso seco de la planta (g.),
- Longitud de la raíz (cm.),
- Peso seco de la raíz (g.).

**a. Altura de planta (cm.)**

La medición del tallo, se inició a los 10 días del repique hasta los 90 días del cultivo, se midió desde la unión del suelo y el tallo de la planta hasta su ápice, usando un flexómetro.

**b. Diámetro del tallo (mm.)**

La evaluación del diámetro del tallo se realizó a una altura de 10 cm. desde el cuello de la planta, con la ayuda del vernier digital.

**c. Número de hojas pares (unidad)**

El conteo del número de hojas pares, se realizó desde los 10 días de inicio del cultivo, hasta los 90 días. Contando la cantidad de hojas que emitió la planta.

**d. Peso fresco de la planta (g.)**

El peso fresco de las plantas se realizó a los 90 días de cultivo, extrayendo las plantas de las bolsas de cultivo, se retiró la tierra de las raíces y se realizó el pesaje de cada planta; para lo cual utilizamos una balanza digital con 0.01 g de error.

**e. Peso seco de la planta (g.)**

La medición se realizó con las mismas plantas que se usaron para evaluar el peso fresco de las plantas a los 90 días de cultivo. Procediendo a etiquetar a cada muestra según el tratamiento y repetición y se colocó en la estufa de secado por 24 horas a 60°C. en el laboratorio de Biología de la Filial La Merced de la UNDAC.

**f. Longitud de raíz (cm.)**

La medición de la longitud de la raíz, se realizó para cada tratamiento y repetición desde los 10 a los 90 días de cultivo, se midió desde el cuello de la planta hasta la punta de la raíz de la planta, utilizando un flexómetro.

**g. Peso seco de la raíz (g.)**

Se cortó las raíces de las plantas, luego se retiró la tierra de las raíces, seguidamente se envolvió las raíces en bolsas de papel y se procedió a etiquetarlas por tratamiento y por repetición. Luego se las colocó en la estufa de sacado por 24 horas a 60°C, seguidamente se realizó el pesaje de las raíces usando una balanza digital con 0.01 g de error.

**4.1.6. Procedimiento y conducción del experimento**

**a. Preparación de la cama de almácigo**

Se construyó una cama de almácigo con las siguientes dimensiones: 1.50 m. de largo x 1 m. de ancho; se colocó a la cama arena de río previamente lavada y para la desinfección se le aplicó agua hirviendo cubriéndola con un plástico para facilitar la acción del calor sobre los microorganismos. Luego que se enfrió la arena, se procedió a sembrar las semillas de café en un distanciamiento de 1 cm. entre semillas y 2 cm. entre filas. Seguidamente se aplicó una capa de arena para cubrir las semillas y se humedeció las semillas. Seguidamente se cubrió con un plástico para evitar la pérdida de humedad.

**b. Preparación del sustrato para el vivero**

Se colectó tierra negra de la zona cercana al vivero, se la tamizó con una zaranda, para eliminar las piedras, troncos y raíces, para tener un sustrato homogéneo. Luego, se remojó la tierra hasta llegar a su máxima retención de agua (capacidad de campo), dejándola en remojo por una semana (siete días) con la intención de activar la formación de microorganismos y posibles nematodos que podría contener la tierra. Luego de los 7 días, se procedió a secar la tierra por solación 30 días, colocándola sobre calaminas y cubriéndolas también con calaminas, para incrementar el calor conseguir la muerte de los nematodos y de los microorganismos patógenos.

**c. Mezcla de los sustratos para ser embolsados**

Con los sustratos desinfectados, se procedió a realizar la dosificación para

cada bolsa de cultivo en proporción de 2 : 1 (tierra negra y arena) realizando la mezcla de ellos. Seguidamente, se procedió a etiquetar las bolsas por tratamiento y repeticiones, luego se aplicó las dosis de micorrizas a cada bolsa, según los tratamientos programados, seguidamente se aplicó agua al sustrato hasta que estén completamente húmedos, dejando en reposo por 7 días, para facilitar la propagación de las micorrizas. Posteriormente, se procedió a realizar el repique de las plántulas (mariposa) a las bolsas de cultivo.

#### **d. De las micorrizas**

Para nuestra investigación se usó el producto comercial Myco grow, el cual es un compuesto en polvo de 3 especies de endomicorrizas: *Glomus intraradices*, *Glomus mosseae*, *Glomus aggregatum*; 5 especies de ectomicorrizas: *Pisolithus tinctorius*, *Suillus granulatus*, *Scleroderma cepa*, *Rhizopogon rubesce*, *Scleroderma Citrine*.

Se escogió este producto comercial, por contener varios tipos de micorrizas con características favorables para el cultivo de las plantas; ya que estas especies, están adaptadas a diferentes tipos de suelos, climas y plantas e incrementa los nutrientes del suelo y Mejora el crecimiento y vigor de las plantas (CONAGRA, 2021).

En nuestra investigación la inoculación de las micorrizas se realizó en tres oportunidades: el primero al momento de preparar las bolsas de cultivo, el segundo al realizar el repique a las bolsas de cultivo (fase de mariposa) espolvoreando a toda la raíz (70%) y el resto colocando en el agujero (sustrato) el 30% y ultima inoculación a los 30 días del embolsado de acuerdo a los tratamientos programados, colocando la inoculación de micorrizas alrededor del tallo y de acuerdo a las dosis para cada tratamiento. Siguiendo las recomendaciones de Sosa, et al., (2007), quien manifiesta que la aplicación en forma de capa en la parte superior del sustrato puede influir en que las plantas desarrollen raíces más anchas que largas.

## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

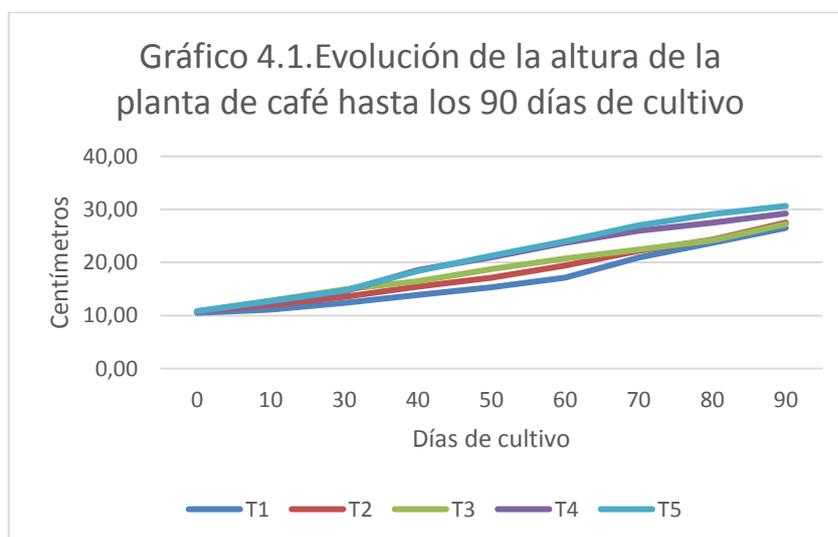
### 4.2.1. Altura de planta

La evaluación de la altura de la planta por tratamiento se realizó cada 10 días a partir de los 10 días a 90 días de cultivo y el análisis estadístico para la altura de planta se realizó a los 90 días de cultivo; lo presentamos en la tabla 4.1 y se esquematiza en el gráfico 4.1.

**Tabla 4.1. Evaluación de la altura de las plantas (cm) de café (*Coffea arabica* var. Caturra) por tratamiento hasta los 90 días de cultivo**

Tratamientos	Días de cultivo								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
<b>T1</b>	10.50	11.13	12.38	13.88	15.30	17.10	20.90	23.70	26.50
<b>T2</b>	10.75	12.00	13.53	15.43	17.13	19.43	22.20	24.30	27.50
<b>T3</b>	10.73	12.80	14.90	16.48	18.75	20.75	22.45	24.18	27.23
<b>T4</b>	10.75	12.50	14.55	18.58	21.00	23.70	25.98	27.50	29.23
<b>T5</b>	10.85	12.73	14.73	18.38	21.28	23.98	27.03	29.10	30.65

En el gráfico 4.1, se observa que los tratamientos T5 y T4 a partir de los 40 a los 90 días de cultivo, incrementan su crecimiento y superan a los otros tratamientos, seguidos por T3 y T2 y al final con menor altura de planta se encuentra en T1 (Testigo).



El análisis de varianza se presenta en la tabla 4.2, para los 90 días de cultivo; aquí observamos que el F calculado es mayor al F teórico al 5 y 1%; lo que denota que hubo un comportamiento heterogéneo entre los tratamientos por lo que se afirma que existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos.

**Tabla 4.2. ANVA para la altura de la planta de café para los 90 días de cultivo.**

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>Ft</i> 0.05%	<i>Ft</i> 0.01%	<i>Sgn.</i>
<b>Tratamientos</b>	<b>4</b>	45.53	11.38	<b>9.514</b>	3.056	4.893	<b>* *</b>
<b>Error</b>	<b>15</b>	17.95	1.20				
<b>Total</b>	<b>19</b>	63.472					
	<b>C. V.</b>	<b>3.88</b>	<b>%</b>	<b>DS</b>	<b>1.83</b>		

Al aplicar la prueba estadística de Tukey para los 90 días de cultivo que se presenta en la tabla 4.3 se observa que los tratamientos se reagrupan en 3 sub grupos; los tratamientos T5 y T4 presentan la mayor altura de planta (a); le siguen los tratamientos T4, T2 y T3 formando el sub grupo (b); los tratamientos T2, T3 y T1 forman el sub grupo (c) con la menor altura de la planta. Pero de igual manera se observa que la reagrupación de los 3 sub grupos no presentan significancia estadística entre los sub grupos por tener valores distantes a 1.000

**Tabla 4.3. Prueba de Tukey al 5% para la altura de planta a los 90 días de cultivo**

<i>Dosis de Micorrizas</i>	<i>Rep.</i>	<i>Subconjunto para alfa = 0.05</i>		
		<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>
<i>T5 = 20 g.</i>	4	30.65		
<i>T4 = 15 g.</i>	4	29.23	29.23	
<i>T3 = 10 g.</i>	4		27.50	27.50
<i>T2 = 5 g.</i>	4		27.23	27.23
<i>T1 = 0 g</i>	4			26.50
<b>Sig.</b>		<b>.387</b>	<b>.123</b>	<b>.699</b>

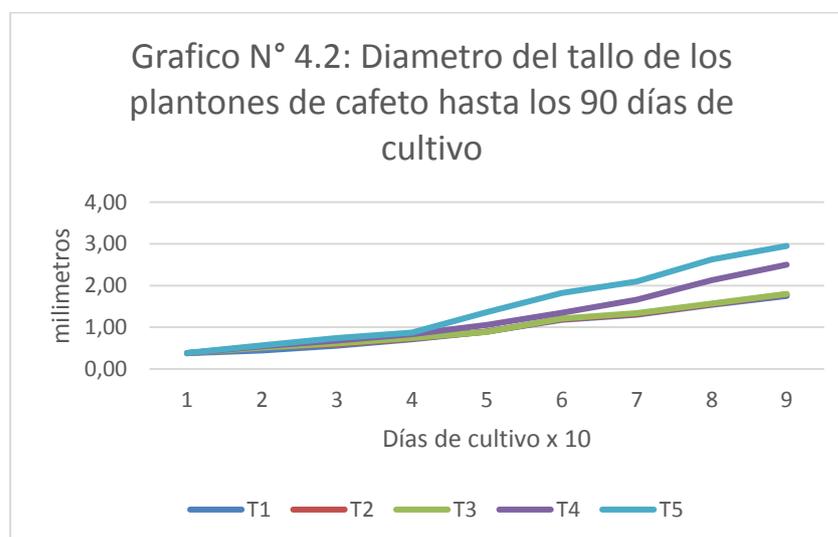
#### 4.2.2. Diámetro del tallo

La evaluación del diámetro del tallo de las plantas por tratamiento se realizó igualmente cada 10 días a partir de los 10 días a 90 días de cultivo y se presenta en la tabla 4.4; igualmente se esquematiza la evolución del incremento del diámetro del tallo en el gráfico 4.2; y, el análisis estadístico para el diámetro del tallo de la planta se realizó a los 90 días de cultivo; se presenta en la tabla 4.5.

**Tabla 4.4: Registro del diámetro del tallo (mm) hasta los 90 días de cultivo**

<i>Tratamientos</i>	<i>Días de cultivo</i>								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
<b>T1</b>	0.38	0.44	0.56	0.71	0.89	1.18	1.30	1.54	1.75
<b>T2</b>	0.38	0.52	0.59	0.73	0.90	1.19	1.32	1.55	1.79
<b>T3</b>	0.38	0.51	0.62	0.74	0.89	1.21	1.34	1.57	1.80
<b>T4</b>	0.38	0.54	0.68	0.83	1.06	1.35	1.66	2.13	2.50
<b>T5</b>	0.39	0.56	0.74	0.88	1.36	1.83	2.10	2.63	2.95

En el gráfico 4.2, se visualiza la evolución del diámetro del tallo, para cada tratamiento hasta los 90 días de cultivo, vemos que hasta los 40 días hay un crecimiento paralelo para todos los tratamientos, pero a partir de los 40 días de cultivo, se inicia el incremento del diámetro del tallo en forma acelerada para los tratamientos T5 y T4, distanciándose del resto de los tratamientos hasta los 90 días de cultivo. Formándose tres grupos de líneas.



Al realizar el análisis de varianza, que se presenta en la tabla 4.5, se observa que existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos lo que nos indica que alguno de los tratamientos es diferente al resto de los tratamientos.

**Tabla 4.5. ANVA para el diámetro del tallo de los plantones del cafeto a los 90 días de cultivo**

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>Ft</i> 0.05%	<i>Ft</i> 0.01%	<i>Sgn.</i>
<b>Tratamientos</b>	<b>4</b>	4.70	1.18	<b>54.810</b>	3.056	4.893	<b>**</b>
<b>Error</b>	<b>15</b>	0.32	0.02				
<b>Total</b>	<b>19</b>	5.0264					
	<b>C. V.</b>	<b>6.79</b>	<b>%</b>	<b>DS</b>	0.51		

La Prueba estadística de Tukey al 5% para el diámetro del tallo de la planta a 90 días de cultivo, se presenta en la Tabla 4.6. En esta tabla se observa, que se forman 3 sub grupos, destacando el T5 (con 20 g de micorrizas) en el primer sub grupo, le sigue el Tratamiento T4 (con 15 g. de micorrizas) y en 3er. Sub grupo el resto de los tratamientos con el menor valor de diámetro del tallo; lo que nos indicaría que las dosis de 20 y 15 g de micorrizas son los que mejor incrementan el diámetro del tallo, pudiendo afirmar que las micorrizas en esas dosis influyen en el incremento del diámetro del tallo en las plantas de cafeto a nivel de vivero

**Tabla 4.6. Prueba de Tukey al 5% para el diámetro de tallo de los plantones de cafeto a los 90 días de cultivo**

<i>Dosis de Micorrizas</i>	<i>Rep.</i>	<i>Subconjunto para alfa = 0.05</i>		
		<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>
<i>T5 = 20 g.</i>	4	2.95		
<i>T4 = 15 g.</i>	4		2.50	
<i>T3 = 10 g.</i>	4			1.80
<i>T2 = 5 g.</i>	4			1.79
<i>T1 = 0 g</i>	4			1.75
<b>Sig.</b>		<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>.988</b>

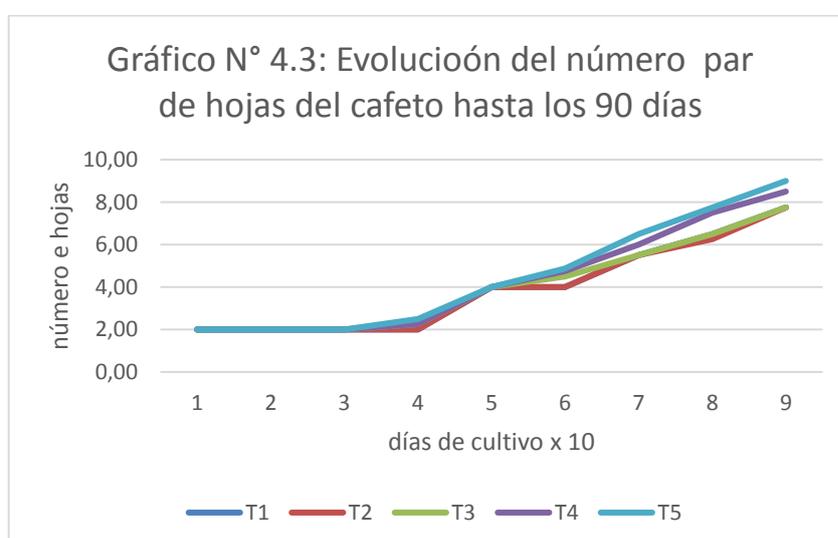
### 4.2.3. Número de hojas pares de la planta

La evaluación del número de hojas pares de las plantas por tratamiento se realizó igualmente cada 10 días a partir de los 10 días a 90 días de cultivo y se presenta en la tabla 4.7; igualmente se esquematiza la evolución del incremento del número par de hojas en el gráfico 4.3; y, su análisis estadístico se realizó a los 90 días de cultivo; y se presenta en la tabla 4.8.

**Tabla 4.7. Evolución del número de hojas pares de los plantones de café por tratamiento hasta los 90 días de cultivo**

<i>Tratamientos</i>	<i>Días de cultivo</i>								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
<b>T1</b>	2.00	2.00	2.00	2.00	4.00	4.00	5.50	6.50	7.75
<b>T2</b>	2.00	2.00	2.00	2.00	4.00	4.00	5.50	6.25	7.75
<b>T3</b>	2.00	2.00	2.00	2.25	4.00	4.50	5.50	6.50	7.75
<b>T4</b>	2.00	2.00	2.00	2.25	4.00	4.75	6.00	7.50	8.50
<b>T5</b>	2.00	2.00	2.00	2.50	4.00	4.88	6.50	7.75	9.00

En el gráfico 4.3. observamos la evolución del número de hojas pares de los plantones de café. Aquí podemos ver que el número par de hojas se mantiene constante hasta los 40 días de cultivo y se incrementa ligeramente a los 50 días, generándose una diferencia del número de hojas a partir de 60 días y a los 90 días se observa que el T5 presenta el mayor número par de hojas, seguido por el T4 y los tratamientos T3, T2 y T1 muestran el mismo número de hojas.



**Tabla 4.8. ANVA para el número de hojas pares de la planta de cafeto a los 90 días de cultivo**

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>Ft</i> <i>0.05%</i>	<i>Ft</i> <i>0.01%</i>	<i>Sgn.</i>
<b>Tratamientos</b>	<b>4</b>	5.30	1.32	<b>6.115</b>	3.056	4.893	* *
<b>Error</b>	<b>15</b>	3.25	0.22				
<b>Total</b>	<b>19</b>	8.55					
<b>C. V.</b>	<b>5.71</b>	<b>%</b>	<b>DS</b>	<b>0.67</b>			

El análisis de varianza, nos reporta que el F calculado es mayor al F teórico al 5 y al 1%; por lo que afirmamos que existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, indicándonos que los tratamientos son diferentes entre sí.

La prueba estadística de Tukey al 5%, para los 90 días de cultivo lo presentamos en la tabla 4.9; en este cuadro se observa que, a los 90 días de cultivo, la dosis de 20 g. de micorrizas (T5) es el tratamiento que tiene el mayor número de hojas pares seguido por el tratamiento T4 con 15 g de micorrizas formando el sub grupo (a) y el sub grupo (b) lo firman nuevamente el T4, T3, T2 y T1. Lo que nos indicaría que la dosis de 20 g. y 15 g. de micorrizas incentivan el incremento del número de hojas en la planta de cafeto a nivel de vivero a partir de los 70 días de cultivo.

**TABLA 4.9. Prueba de Tukey al 5% para el número de hojas pares de la planta de cafeto a los 90 días de cultivo**

<i>Dosis de Micorrizas</i>	<i>Rep.</i>	<i>Subconjunto para alfa = 0.05</i>	
		<b>a</b>	<b>b</b>
<i>T5 = 20 g.</i>	4	9.00	
<i>T4 = 15 g.</i>	4	8.50	8.50
<i>T3 = 10 g.</i>	4		7.75
<i>T2 = 5 g.</i>	4		7.75
<i>T1 = 0 g</i>	4		7.75
<b>Sig.</b>		<b>.567</b>	<b>.205</b>

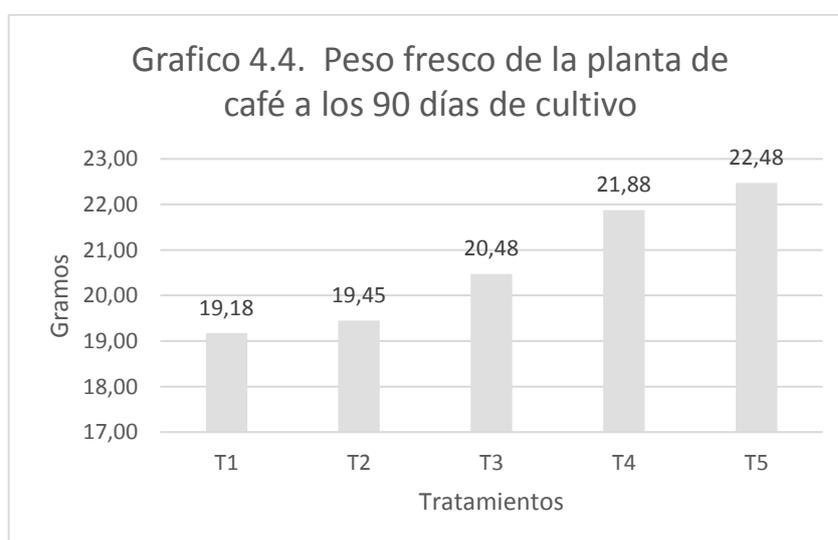
#### 4.2.4. Peso fresco de la planta

La evaluación del análisis estadístico para el peso fresco de planta se realizó a los 90 días de cultivo.

Los datos del peso fresco de la planta por tratamiento a los 90 días de cultivo, se presenta en la tabla 4.10 y se esquematiza en el gráfico 4.4; En este cuadro podemos observar que se obtiene mayor peso fresco de la planta con la aplicación de 20 g. de micorrizas, con 22.48 g. seguida por el tratamiento T4 con 21.88 g. luego le sigue el T3 con 20.48 g, seguido por el T2 con 19.45 g y finalmente el T1 con 19.18 g. Observando que existe una relación directa entre la dosis e micorrizas y el peso fresco de las plantas, es decir a mayor dosis, hay mayor incremento de peso de las plantas de cafeto a nivel de vivero.

**Tabla 4.10. Datos del peso fresco de las plantas (g) de café por tratamiento a los 90 días de cultivo**

<b>Trat./Rep.</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
<b>R1</b>	19.00	20.20	19.80	22.00	22.20
<b>R2</b>	18.30	19.20	21.40	22.50	21.30
<b>R3</b>	19.00	19.00	21.10	21.50	22.30
<b>R4</b>	20.40	19.40	19.60	21.50	24.10
<b>Promedio</b>	<b>19.18</b>	<b>19.45</b>	<b>20.48</b>	<b>21.88</b>	<b>22.48</b>



Al realizar el análisis de varianza para los 90 días de cultivo, observamos que el F calculado (12.169) es mayor al F teórico al 5% (3.056) y al 1% (4.893); afirmando que existe diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos; y que los tratamientos son diferentes entre sí.

**Tabla 4.11. ANVA para el peso fresco de la planta de cafeto a los 90 días de cultivo**

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>Ft</i> 0.05%	<i>Ft</i> 0.01%	<i>Sgn.</i>
<b>Tratamientos</b>	<b>4</b>	33.88	8.47	<b>12.169</b>	3.056	4.893	* *
<b>Error</b>	<b>15</b>	10.44	0.70				
<b>Total</b>	<b>19</b>	44.318					
	<b>C. V.</b>	<b>4.03</b>	<b>%</b>	<b>DS</b>	<b>1.53</b>		

Al realizar la prueba estadística de Tukey al 5%, a los 90 días de cultivo lo presentamos en la tabla 4.12. Según esta Prueba, se observa que, para los 90 días de cultivo, se forman 3 sub grupos; formando el primer sub grupo (a) los Tratamientos T5. y el T4; forman el sub grupo (b) los tratamientos T4 y T3 y el sub grupo (c) conforman los tratamientos T3, T2 y T1; indicando que hay mayor peso fresco para la planta de café con la dosis de 20 g. de micorrizas.

**TABLA 4.12. Prueba de Tukey al 5% para el peso fresco de las plantas de cafeto a los 90 días de cultivo**

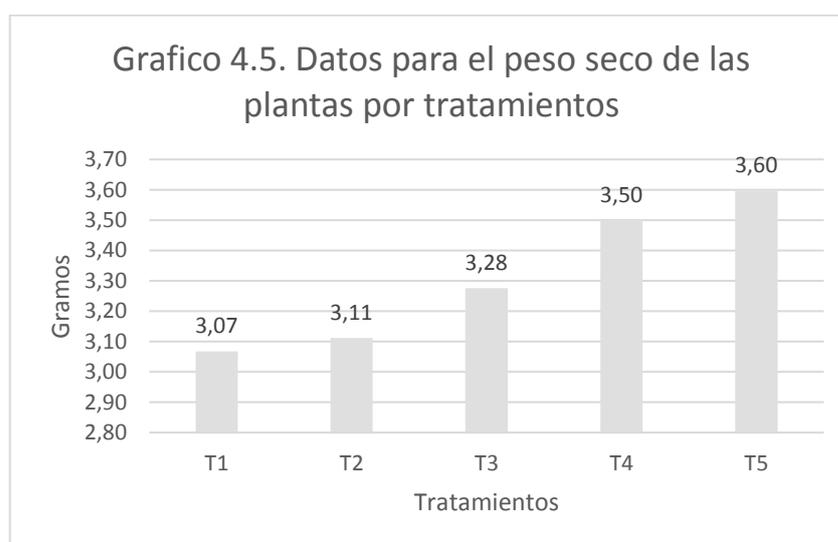
<i>Dosis de Micorrizas</i>	<i>Rep.</i>	<i>Subconjunto para alfa = 0.05</i>		
		<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>
<i>T5 = 20 g.</i>	4	22.48		
<i>T4 = 15 g.</i>	4	21.88	21.88	
<i>T3 = 10 g.</i>	4		20.48	20.48
<i>T2 = 5 g.</i>	4			19.45
<i>T1 = 0 g</i>	4			19.18
<b>Sig.</b>		<b>.844</b>	<b>.176</b>	<b>.231</b>

#### 4.2.5. Peso seco de las plantas

La evaluación del análisis estadístico para el peso seco de las plantas se realizó a los 90 días de cultivo. Los datos se presentan en la tabla 4.13 y se esquematiza en el gráfico 4.5; En este cuadro podemos observar que se obtiene mayor peso seco de la planta con la aplicación de 20 g. de micorrizas, logrando 3.60 g. seguida por el tratamiento T4 con 3.50 g. le sigue el T3 con 3.28 g, seguido por el T2 con 3.11 g y finalmente el T1 con 3.07 g. Observando que existe una relación directa entre la dosis e micorrizas y el mayor peso seco de las plantas, es decir a mayor dosis, hay mayor peso de las plantas de cafeto a nivel de vivero.

**Tabla 4.13. Datos del peso seco de las plantas (g) de café por tratamiento a los 90 días de cultivo**

<b>Trat./Rep.</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
<b>R1</b>	3.04	3.23	3.17	3.52	3.55
<b>R2</b>	2.93	3.07	3.42	3.60	3.41
<b>R3</b>	3.04	3.04	3.38	3.44	3.57
<b>R4</b>	3.26	3.10	3.14	3.44	3.86
<b>Promedio</b>	<b>3.07</b>	<b>3.11</b>	<b>3.28</b>	<b>3.50</b>	<b>3.60</b>



En el gráfico 4.5. se observa que el mayor peso seco de las plantas de café es a partir de las dosis de 15 y 20 g de micorrizas, generando un ligero distanciamiento al resto de los tratamientos.

**Tabla 4.14. ANVA para el peso seco de la planta de cafeto a los 90 días de cultivo**

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>Ft</i> 0.05%	<i>Ft</i> 0.01%	<i>Sgn.</i>
<b>Tratamientos</b>	<b>4</b>	0.87	0.22	<b>12.419</b>	3.056	4.893	* *
<b>Error</b>	<b>15</b>	0.26	0.02				
<b>Total</b>	<b>19</b>	1.134					
	<b>C. V.</b>	<b>4.00</b>	<b>%</b>	<b>DS</b>	<b>0.24</b>		

El análisis de varianza para los 90 días de cultivo, se presenta en la tabla 4.14. aquí se observa que el F calculado (12.419) es mayor al F teórico al 5% (3.056) y al 1% (4.893); lo que nos indica, que existe diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos; y que los tratamientos son diferentes entre sí.

**TABLA 4.15. Prueba de Tukey al 5% para el peso seco de las plantas de cafeto a los 90 días de cultivo**

<i>Dosis de Micorrizas</i>	<i>Rep.</i>	<i>Subconjunto para alfa = 0.05</i>		
		<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>
<i>T5 = 20 g.</i>	4	3.60		
<i>T4 = 15 g.</i>	4	3.50	3.50	
<i>T3 = 10 g.</i>	4		3.28	3.28
<i>T2 = 5 g.</i>	4			3.11
<i>T1 = 0 g</i>	4			3.07
<b>Sig.</b>		<b>.834</b>	<b>.177</b>	<b>.219</b>

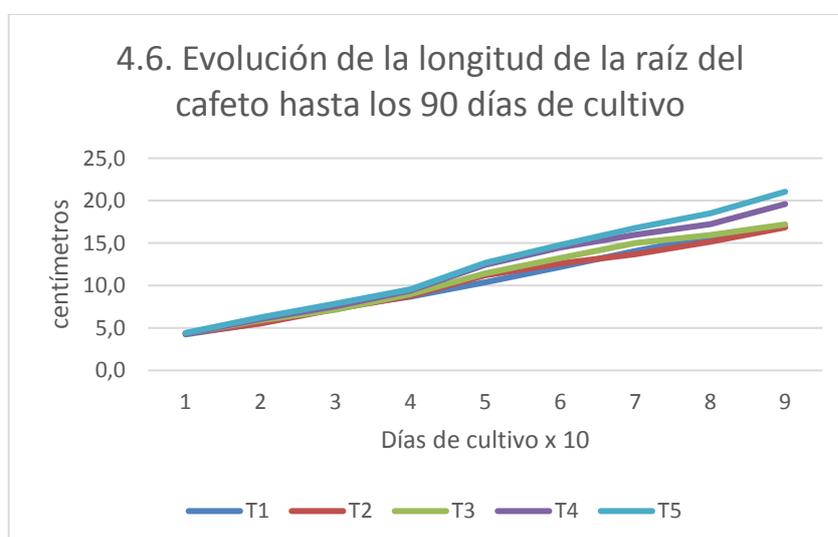
La prueba estadística de Tukey al 5%, a los 90 días de cultivo se presenta en la tabla 4.15. Aquí se observa que, para los 90 días de cultivo, se forman 3 sub grupos; formando el primer sub grupo (a) los Tratamientos T5. y T4; forman el sub grupo (b) los tratamientos T4 y T3 y el sub grupo (c) conforman los tratamientos T3, T2 y T1. Según esta prueba, nos indica, que hay mayor peso seco para la planta de café con las dosis de 20 y 15 g. de micorrizas.

#### 4.2.6. Longitud de la raíz

La evaluación de la longitud de la raíz de las plantas se realizó cada 10 días hasta los 90 días de cultivo, se reporta los datos en la tabla 4.16 y la evolución de la longitud de la raíz se observa en el gráfico 4.6; aquí podemos observar que la longitud se acelera a partir de los 50 días hasta los 90 días, destacando que a partir de esa fecha, los tratamientos T5 y T4 incrementan mayor longitud de raíz que el resto de los tratamientos, siendo más resaltante ese distanciamiento a partir de los 80 días de cultivo.

**Tabla 4.16. Evolución de la longitud de la raíz de las plantas de cafeto (cm) hasta los 90 días de cultivo**

<i>Tratamientos</i>	<i>Días de cultivo</i>								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
<b>T1</b>	4.3	5.6	7.4	8.7	10.4	12.2	14.1	15.8	17.0
<b>T2</b>	4.4	5.6	7.2	8.8	11.2	12.6	13.7	15.2	16.9
<b>T3</b>	4.4	5.9	7.2	9.0	11.5	13.3	15.0	16.0	17.2
<b>T4</b>	4.4	6.1	7.6	9.4	12.5	14.5	16.0	17.2	19.6
<b>T5</b>	4.4	6.3	7.9	9.6	12.7	14.8	16.8	18.5	21.1



El ANVA, para la longitud de la raíz se presenta en la tabla 4.17, para los 90 días de cultivo, en esta tabla observamos que el ANVA es altamente significativa para los tratamientos a los 90 días, lo que nos indica, que los tratamientos son diferentes entre ellos.

**Tabla 4.17. ANVA para la longitud de la raíz de la planta de cafeto para los 90 días de cultivo**

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>Ft</i> <i>0.05%</i>	<i>Ft</i> <i>0.01%</i>	<i>Sgn.</i>
<b>Tratamientos</b>	<b>4</b>	57.29	14.32	<b>19.573</b>	3.056	4.893	* *
<b>Error</b>	<b>15</b>	10.98	0.73				
<b>Total</b>	<b>19</b>	68.26					
<b>C. V.</b>	<b>4.67</b>	<b>%</b>	<b>DS</b>	<b>1.90</b>			

La prueba estadística de Tukey al 5%, para la longitud de la raíz a los 90 días de cultivo lo presentamos en la tabla 4.18; aquí observamos que se forman 2 grupos, donde los tratamientos T5 y T4, son los que presentan la mayor longitud de raíz con 21.05 y 19.60 cm respectivamente; en el sub grupo (b) se encuentran los tratamientos T3, T2 y T1; lo que nos indica que las dosis de 20 y 15 g. de micorrizas tienen mejores resultados para incrementar la longitud de las raíces de las plantas cafeto a nivel de vivero.

**Tabla 4.18. Prueba de Tukey al 5% para la longitud de la raíz de la planta de cafeto a los 90 días de cultivo**

<i>Dosis de Micorrizas</i>	<i>Rep.</i>	<i>Subconjunto para alfa = 0.05</i>	
		<b>a</b>	<b>b</b>
<i>T5 = 20 g.</i>	4	21.05	
<i>T4 = 15 g.</i>	4	19.60	
<i>T3 = 10 g.</i>	4		17.20
<i>T1 = 0 g</i>	4		16.97
<i>T2 = 5 g.</i>	4		16.85
<b>Sig.</b>		<b>.169</b>	<b>.976</b>

#### 4.2.7. Peso seco de la raíz

La evaluación de los datos para el peso seco de la raíz se realizó a los 90 días de cultivo, lo presentamos en la tabla 4.19 y se observa en el gráfico 4.7.

**Tabla 4.19. Peso seco de la raíz de las plantas de cafeto (g) a los 90 días de cultivo.**

<b>Trat./Rep.</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
<b>R1</b>	1.70	1.70	1.70	1.90	1.90
<b>R2</b>	1.60	1.60	1.80	1.80	1.78
<b>R3</b>	1.60	1.70	1.70	1.90	1.92
<b>R4</b>	1.70	1.80	1.70	2.10	2.10
<b>Promedios</b>	<b>1.65</b>	<b>1.70</b>	<b>1.73</b>	<b>1.93</b>	<b>1.93</b>

En este gráfico observamos que el mayor peso seco de las raíces fue de 1.93 y se logró en los tratamientos T5 y T4; le sigue el T3 con 1.73 g; luego continúa el T2 con 1.70 g y finalmente el T1 (Testigo) que peso 1.65 g.



El análisis de varianza para el peso seco de la raíz para los 90 días de cultivo, lo presentamos en la tabla 4.20. En esta tabla observamos que el F

calculado (7.456) es mayor al F teórico al 5% (3.056) y al 1% (4.893); según el ANVA nos indica que existe una diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos; por lo que podemos afirmar que los tratamientos son diferentes entre sí.

**Tabla 4.20. ANVA para el peso seco de la raíz de la planta de café para los 90 días de cultivo**

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>Ft</i> 0.05%	<i>Ft</i> 0.01%	<i>Sgn.</i>
<b>Tratamientos</b>	<b>4</b>	0.27	0.07	<b>7.456</b>	3.056	4.893	<b>**</b>
<b>Error</b>	<b>15</b>	0.14	0.01				
<b>Total</b>	<b>19</b>	0.4103					
	<b>C. V.</b>	<b>5.36</b>	<b>%</b>	<b>DS</b>	<b>0.15</b>		

Al realizar la prueba estadística de Tukey al 5%, para el peso seco de la raíz a los 90 días de cultivo lo presentamos en la tabla 4.21; se observa que se forman dos sub grupos y en el sub grupo (a) se encuentran los tratamientos T5, T4 y T3; en el sub grupo (b) se encuentran los tratamientos T3, T2 y T1. Pero, el tratamiento T3 pertenece a los dos sub grupos (a y b). Lo que nos indicaría que las dosis de 20, 15 y 10 g. de micorrizas tienen mejor efecto en el incremento del peso seco de las raíces de las plantas de café a nivel de vivero.

**Tabla 4.21. Prueba estadística de Tukey al 5% para el peso seco de la raíz de la planta de café para los 90 días de cultivo**

<i>Dosis de Micorrizas</i>	<i>Rep.</i>	<i>Subconjunto para alfa = 0.05</i>	
		<b>a</b>	<b>b</b>
<i>T5 = 20 g.</i>	4	1.93	
<i>T4 = 15 g.</i>	4	1.93	
<i>T3 = 10 g.</i>	4	1.73	1.73
<i>T2 = 5 g.</i>	4		1.70
<i>T1 = 0 g</i>	4		1.65
<b>Sig.</b>		<b>.064</b>	<b>.800</b>

### 4.3. Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis de la presente investigación, se ejecutó a partir de la hipótesis planteada.

Es así que tenemos:

**Ha :** Se encontrará respuesta favorable de las micorrizas como estimulador del crecimiento de los plántones de café (*Coffea arabica* var. Caturra) en la etapa de vivero

**Ho :** No se encontrará respuesta favorable de las micorrizas como estimulador del crecimiento de los plántones de café (*Coffea arabica* var. Caturra) en la etapa de vivero.

#### Regla de decisión

Si  $f_c \leq f_t$ , se acepta la  $H_0$ , y se rechaza la  $H_a$

Si  $f_c > f_t$ , se rechaza la  $H_0$ , y se acepta la  $H_a$

#### 4.3.1. Prueba de hipótesis para la altura de planta a los 90 días de cultivo

<i>Evaluación</i>	<i>CV</i>	<i>F cal.</i>	<i>Ft 0.5</i>	<i>Ft 0.1</i>	<i>Decisión</i>
<i>A los 90 días</i>	3.88	9.514	3.056	4.893	Se acepta la $H_a$ al 5 y 1%

#### 4.3.2. Prueba de hipótesis para diámetro de tallo

<i>Evaluación</i>	<i>CV</i>	<i>F cal.</i>	<i>Ft 0.5</i>	<i>Ft 0.1</i>	<i>Decisión</i>
<i>A los 90 días</i>	6.79	54.810	3.056	4.893	Se acepta la $H_a$ al 5%

#### 4.3.3. Prueba de hipótesis para el número par de hojas

<i>Evaluación</i>	<i>CV</i>	<i>F cal.</i>	<i>Ft 0.5</i>	<i>Ft 0.1</i>	<i>Decisión</i>
<i>A los 90 días</i>	5.71	6.115	3.056	4.893	Se acepta la $H_a$ al 5%

#### 4.3.4. Prueba de hipótesis para el peso fresco de la planta

<i>Evaluación</i>	<i>CV</i>	<i>F cal.</i>	<i>Ft 0.5</i>	<i>Ft 0.1</i>	<i>Decisión</i>
<i>A los 90 días</i>	4.03	12.169	3.056	4.893	Se acepta la Ha al 5 y 1%

#### 4.3.5. Prueba de hipótesis para el peso seco de la planta

<i>Evaluación</i>	<i>CV</i>	<i>F cal.</i>	<i>Ft 0.5</i>	<i>Ft 0.1</i>	<i>Decisión</i>
<i>A los 90 días</i>	4.00	12.419	3.056	4.893	Se acepta la Ha al 5 y 1%

#### 4.3.6. Prueba de hipótesis para la longitud de la raíz de la planta

<i>Evaluación</i>	<i>CV</i>	<i>F cal.</i>	<i>Ft 0.5</i>	<i>Ft 0.1</i>	<i>Decisión</i>
<i>A los 90 días</i>	4.67	19.573	3.056	4.893	Se acepta la Ha al 5 y 1%

#### 4.3.7. Prueba de hipótesis para el peso seco de la raíz

<i>Evaluación</i>	<i>CV</i>	<i>F cal.</i>	<i>Ft 0.5</i>	<i>Ft 0.1</i>	<i>Decisión</i>
<i>A los 90 días</i>	5.36	7.456	3.056	4.893	Se acepta la Ha al 5 y 1%

#### 4.4. Discusión de resultados

Al realizar el ANVA, sobre la altura de la planta a los 90 días de cultivo, se reporta que existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, indicando que existe diferencia de datos entre los tratamientos; y, al determinar el coeficiente de variación nos reporta el valor de 3.88% que, según *Patel et al.*, (2001) manifiesta

Que el coeficiente de variación se usa para decidir si un experimento es confiable o no, indicando que tanta diferencia hay entre cada uno de los tratamientos que se están evaluando. De igual manera indica que los CV varían

considerablemente de acuerdo al tipo de experimento, indicando que los rangos aceptables deben ser entre 6 a 8% para evaluación de cultivares, 10 a 12% para fertilización y 13 a 15% para ensayos de evaluación de plaguicidas. De la misma manera, *Pimentel*, (1985) señala que normalmente en los ensayos agrícolas de campo los CV se consideran bajos cuando son inferiores a 10%; medios de 10 a 20%, altos cuando van de 20 a 30% y muy altos cuando son superiores a 30%. siendo nuestra investigación a nivel de evaluación de fertilización; nuestro valor de 3.88% es bueno; lo que nos indica que no hubo mucha variación de los datos entre sus repeticiones.

El resultado de la desviación estándar poblacional con respecto a su media es de 1.83 cm, que, según *Calzada*, (1982) indica que, si no hubiera ninguna variación en los datos, es decir si todos los datos fueran iguales, la desviación estándar sería "0"; por lo que, para nuestro resultado, afirmamos que existe poca dispersión de los datos entre los tratamientos y es un valor muy bueno. Y al analizar la prueba estadística de Tukey al 5%, vemos que los mayores valores de altura de planta corresponden a los tratamientos T5 y T4 con mayor concentración micorrizas (20 y 15 g de micorrizas/planta) pero no , el que va decreciendo conforme disminuye las dosis de micorrizas; pudiendo afirmar que no hay buena significación estadística entre esos tratamientos ya que tienen el valor de 0.387, distante a la unidad (1.000); de la misma manera se puede afirmar que existe una relación directa entre la concentración de micorrizas y el crecimiento de las plantas.

Al comparar nuestros resultados de la altura de planta con lo reportado por *Encalada et al.*, (2018), quien realizó la evaluación del crecimiento de plántulas de *Coffea arabica* L, de la variedad caturra en condiciones de vivero aplicando cuatro tipos de sustratos y cuatro tamaños de recipientes en condiciones de vivero, en relación al crecimiento de las plántulas; los 81 días de cultivo reporto la mayor altura de planta mayor altura para los tratamientos T13

(fosfoestiercol + sustrato ), T5 (bocashi + sustrato; T5 (bocashi + sustrato ), T10 (humus de lombriz + sustrato ), T9 (humus de lombriz +sustrato ) con longitudes promedio de 22.78, 21.99 , 20.32 y 20.20 cm respectivamente.

Algo similar se tuvo al comparar nuestros resultados con los de *Mamani*, (2013), en su investigación para evaluar el comportamiento de dos variedades de café *Coffea arabica* L. (IA PAR-59 y Paraíso MG), con tres formas de producción (en almaciguera tradicional, en bolsa o maceta y en tubetes); quien reporta a los 120 días de cultivo, que tuvo mayor altura en los plantines con 22,06 cm, fue para el tratamiento (a2b1) que corresponde a la variedad IA PAR-59 con la producción en tubetes.

Comparando esos resultados con los resultados; coincidimos con lo reportado por *Sotelo & Téllez*, (2007) en su investigación sobre el efecto de distintos porcentajes de humus de lombriz, compost y suelo, como sustrato en la producción de plántulas de café variedad caturra en Managua, Nicaragua, indican que hubo respuestas satisfactorias en el crecimiento de las plántulas de café, obteniendo alturas de 29.46, 26.13 y 30.71 cm. cuando utilizaron 25, 50 y 75 % de compost respectivamente y en sustratos con humus de lombriz alcanzaron alturas promedios de 20.08, 19.40 y 29.04 cm. Nosotros obtuvimos mayor altura de planta 30.65 cm. aplicando 20 g. de micorrizas; esto posiblemente se debe a las condiciones climáticas de Chanchamayo, por ser una zona muy húmeda y temperatura ambiental elevada; de igual manera también puede ser motiva a la acción de las micorrizas que ayudan a la planta a extender sus raíces por el sustrato para facilitar la captación de los nutrientes del suelo, el cual puede deberse a la simbiosis de las raíces del cultivo de los cafetos con los micorrizas arbusculares, lo cual se ve reflejado en el crecimiento longitudinal de la planta, (*Del Aguilar*, 2016).

Al analizar nuestros resultados sobre el diámetro del tallo de la planta por tratamientos, se observa que hasta los 40 días de cultivo no se observa un

incremento significativo; pero a los 50 días de cultivo existe un mayor incremento del diámetro del tallo, especialmente para el tratamiento T5 con 20 g. de micorrizas seguido por el T4 con 15 g. de micorrizas y se distancian del resto de los tratamientos teniendo al final de la investigación el mayor diámetro de tallo estos dos tratamientos;

Al realizar el análisis de varianza, observamos que el F calculado es mayor al F teórico al 5% y al 1%, afirmando que existe diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos con diferentes dosis de micorrizas y que el promedio de sus resultados son diferentes entre sí.

La desviación estándar poblacional con respecto a su media es de 0.51 mm, que, según *Calzada*, (1982) nos indica que existe muy poca variación de valores entre los promedios de los tratamientos por lo que, es un valor muy bueno. El Coeficiente de variación es de 6.79%; que de acuerdo a *Gordon y Camargo*, (2015), es un valor bueno e indica que existe poco porcentaje de variación entre los promedios de los tratamientos; ya que el coeficiente de variación es utilizado frecuentemente como una medida para estimar la validez de los ensayos, indicando que a mayor valor de repetitividad menor es el valor del coeficiente de variación; y es usado para aceptar o rechazar la validez del experimento. De igual manera *Patel et al.*, (2001) manifiestan que los CV varían considerablemente de acuerdo al tipo de experimento, indicando que los rangos aceptables deben estar entre 6 a 8% para evaluación de cultivares; y, nuestro Coeficiente de variación se encuentra dentro de ese rango. Al realizar la prueba estadística de Tukey al 5% para el diámetro de las hojas, se observa que se forman 3 sub grupos, pero en el sub grupo (a) se encuentra solo el tratamiento T5 con una significación estadística de 1.000, lo que nos indica que la dosis de 20 g/planta es la mejor para incrementar el diámetro del tallo de las plantas de café.

Al comparar nuestros resultados con otras investigaciones, *Encalada et al.*, (2018) reporta para los 150 días de cultivo después del trasplante, el mayor

diámetro del tallo fue para el tratamiento T5, con una media de 3,86 mm, seguido del tratamiento T13, con una media de 3,71 mm.

*Mamani, (2013)*, estudiar el comportamiento de dos variedades de café *Coffea arabica* L. (IA PAR-59 y Paraíso MG) con tres formas de producción (en almaciguera tradicional, en bolsa o maceta y en tubete). Los diferentes tratamientos no tuvieron un efecto significativo en el desarrollo del diámetro del tallo. Siendo el mayor la variedad Paraíso MG combinado con la forma de producción en almaciguera tradicional (a1b1) fue el que tuvo mayor diámetro de tallo con 3.32.

*Jara, (2017)*, en su investigación para evaluar el efecto de la fuente de materia orgánica con mayor eficiencia en la producción de plántulas de café variedad catimor a nivel de vivero. Usó proporciones dosis de tierra agrícola, compost, humus de lombriz de tierra; reporta que para diámetro de tallo, todos los tratamientos fueron homogéneos en sus resultados y no existe diferencia estadística significativa entre los promedios del diámetro del tallo, pero sí respecto al testigo y el mayor diámetro de tallo fue de 3.51 mm.

Comparando esas investigaciones con nuestros resultados, nosotros al realizar el análisis de varianza, si tuvimos diferencia significativa entre las dosis usadas para incrementar el diámetro del tallo, pero el mayor diámetro de tallo fue de 2.95 mm, valor menor a lo reportado por las investigaciones anteriormente señaladas, el que pudo ser motivada por la alta humedad relativa de Chanchamayo, que incentivo a incrementar la altura de las plantas y eso posiblemente actuó como un limitante para permitir engrosar el tallo.

Al evaluar nuestros resultados sobre el número par de hojas de la planta por tratamientos, se observa que hasta los 40 días de cultivo no hay incremento del número de hojas; pero a partir de los 60 días de cultivo existe un mayor incremento del número de hojas en los tratamientos T5 y el T4 del resto de los tratamientos hasta el final de la investigación.

Al realizar el análisis de varianza, observamos que el F calculado es mayor al F teórico al 5% y al 1%, afirmando que existe diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos con diferentes dosis de micorrizas y que el promedio del número de hojas son diferentes entre sí.

La desviación estándar poblacional con respecto a su media es de 0.67 que, según *Calzada*, (1982) nos indica que existe muy poca variación de valores entre los promedios de los tratamientos considerado como un valor muy bueno. Según *Gordon y Camargo*, (2015), es un valor muy bueno y nos indica que existe poco porcentaje de variación entre los promedios de los tratamientos; aceptando la validez de nuestros resultados. De igual manera, *Patel et al.*, (2001) el CV es muy bueno porque se encuentra en el rango de 6 a 8% considerado como “evaluación de un cultivar”. Al realizar la prueba estadística de Tukey al 5% para el número de hojas, se observa que se forman 2 sub grupos, estando en el sub grupo (a) los tratamientos T5 y T4 con mayor número de hojas, pero con una significación estadística de 0.567, valor medio ligeramente superior a la unidad, lo que nos indicaría que la dosis de 20 g/planta es la que tiene mejor efecto para incrementar el número par de hojas.

Al comparar nuestros resultados con la investigación realizada por *Encalada, et al.*, (2018.) en su investigación para evaluar del crecimiento de plántulas de *Coffea arabica* L, de la variedad caturra en condiciones de vivero aplicando cuatro tipos de sustratos y cuatro tamaños de recipientes en condiciones de vivero, a los 81 días de cultivo reporto el mayor número de pares de hojas, fue de 6,87 pares de hojas.

*Sotelo & Téllez*, (2007) en su investigación sobre el efecto de distintos porcentajes de humus de lombriz, compost y suelo, como sustrato en la producción de plántulas de café variedad caturra en Managua, Nicaragua, obtuvieron promedios 15, 13 y 12 hojas por planta utilizando sustratos que contenían un 75 y 50 % de humus de lombriz y 75 % de compost respectivamente.

*Mamani*, (2013) En su investigación para evaluar el comportamiento de dos variedades de café *Coffea arabica*, L, bajo tres formas de producción en vivero (en almaciguera tradicional, en bolsa o maceta y en tubetes) reportó que la variedad Paraíso producido a raíz desnuda (a1b1) fue el que tuvo un mayor número de pares de hojas con un promedio de 8,28 pares de hojas.

Nosotros en nuestra investigación hemos reportado como mayor número de hojas para el T5 con 20 g de micorrizas con un promedio de 9 pares de hojas, valores parecidos a lo reportado por las investigaciones anteriormente reportadas, siendo ligeramente superior a los datos de *Mamani*, (2013) e inferior a lo reportado por *Sotelo & Téllez*, (2007). Aduciendo que no se incrementó mayor número de hojas posiblemente porque la planta incrementó las dimensiones de su tallo para tener mayor altura de planta; de igual manera nuestros datos se encuentran dentro del rango de número de hojas reportado por CENICAFE, (2011), quien manifiesta que la planta de cafeto en vivero, aproximadamente a los 7 a 8 meses después de la siembra directa emiten 8 a 9 “nudos” que corresponden a cada par de hojas, incluyendo la cotiledonal.

Analizando nuestros resultados sobre el peso fresco de la planta, lamentablemente, no se encontró datos para comparar nuestros resultados con otras investigaciones; por lo que se realizará una discusión de los resultados en relación a nuestros datos obtenidos a los 90 días de cultivo a nivel de vivero; observando que el mayor peso fresco de la planta se obtuvo con los tratamientos de T5 y T4 con 20 y 15 g. de micorrizas por planta, logrando el mayor peso fresco de 22.48 y 21.88 g. respectivamente, aduciendo que el mayor peso fresco de la planta puede estar influenciado por la acción de las micorrizas, que ayudan a las raíces a tomar mayor cantidad de nutrientes al prolongar la extensión de las raíces por la ayuda de los micelios de las micorrizas. Esta aseveración se sustenta a lo manifestado por *Herrera y Ferrer*, (1984) quienes, describieron que la eficiencia de la simbiosis con las micorrizas arbusculares favorecen en el

crecimiento de las plantas en comparación con las plantas no inoculadas determinando que la eficiencia de la raíz está asociada al micelio extraradical y a la cantidad de raíz colonizada por las micorrizas.

Al realizar el análisis de varianza, se observa que el F calculado (12.169) es mayor al F teórico al 5% y al 1%, afirmando que existe diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos con diferentes dosis de micorrizas y que el promedio del peso fresco de los plantones de cafeto son diferentes entre sí.

La desviación estándar poblacional con respecto a su media fue de 1.53, que, según *Calzada*, (1982) y según *Gordon y Camargo*, (2015), nos indican que existe muy poca variación de valores entre los promedios de los tratamientos considerado como un valor muy bueno, aceptando la validez de nuestros resultados.

De igual manera, de acuerdo a *Patel, et al.*, (2001) para el Coeficiente de Variación obtenido de 4.03%, se estima como un valor muy bueno porque se encuentra en el rango de 6 a 8% al realizar la prueba estadística de Tukey al 5% para el peso fresco de las plantas se observa que se forman 3 sub grupos y en sub grupo (a) se encuentran los tratamientos con mayor peso fresco T5 y T4 con una significación estadística de 0.844, valor cercano a la unidad (1.000) lo que nos indica que hay similitud en la acción de las micorrizas usando los dosis de 20 y 15 g/planta para incrementar el peso fresco de las plantas de cafeto.

Al evaluar nuestros resultados en relación al peso seco de la planta, se observa que igual que para el peso fresco, tienen mayor peso seco los tratamientos T5 y T4. Con 3.60 y 3.50 g respectivamente. Y, al realizar el análisis de varianza, observamos que el F calculado (12.169) es mayor al F teórico al 5% y al 1%, afirmando que existe diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos con diferentes dosis de micorrizas y que el promedio del peso seco de las plantas son diferentes entre sí.

La desviación estándar poblacional con respecto a su media es de 0.24, de acuerdo a *Calzada*, (1982) nos indica que existe muy poca variación de valores entre los promedios de los tratamientos considerándolo como un valor muy bueno. De igual manera según *Gordon y Camargo*, (2015), se manifiesta que es un valor muy bueno lo que nos indica que existe poco porcentaje de variación entre los promedios de los tratamientos del peso seco de las plantas; aceptando la validez de nuestros resultados. De igual manera, *Patel, et al.*, (2001) el CV fue de 4.03%, valor que es muy bueno porque se encuentra en el rango de 6 a 8% considerado como “evaluación de un cultivar”. Al realizar la prueba estadística de Tukey al 5%, se observa que se forman 3 sub grupos estando en el primer sub grupo (a) el T5 y el T4, con una significación de 0.834, valor cercano a la unidad (1.000) lo que nos indica que la dosis de 20 y 15 g/planta tienen efectos parecidos para incrementar el peso seco de las plantas de café a nivel de vivero.

Al comparar nuestros resultados con la investigación realizada por *Del Aguila*, (2016), que investigó el efecto de la inoculación de hongos micorrizicos arbusculares en plántones de café (*Coffea arabica*) con 9 tratamientos reporta que para 80 días de cultivo de la planta de café el mayor peso seco de la planta fue de 2.7 g.

*Encalada, et al.*, (2018), reporta el mayor peso seco de la planta para el T5 con una media de 3,59 g, un peso similar consiguió *Blandón*, (2008), en su investigación sobre la producción de almácigos de café en tubetes en tres sustratos y tres tipos de fertilización con la aplicación del 30 % de humus de lombriz obtuvo cantidades de peso seco de la planta de 3,90 g. de la misma manera *Mamani*, (2013) reporta para el café de la variedad Paraíso MG producida a raíz desnuda (a1b1) fue el que tuvo el mayor peso seco de la parte aérea de la planta con 3,22 gr. Valores parecidos a lo reportado en nuestra investigación, pero los nuestros son ligeramente superiores, el cual puede ser influenciado por la acción de las micorrizas al incrementar la superficie radicular

por acción miceliar de estos hongos, que le confieren mayor extensión a sus raíces.

Evaluando nuestros resultados en relación a la longitud de la raíz a los 90 días de cultivo, se observa que los tratamientos T5 y T4 logran la mayor longitud de raíz con 21.05 cm y 19.60 cm respectivamente; realizando el análisis de varianza, observamos que el F calculado (19.573) es mayor al F teórico al 5% y al 1%, afirmando que existe diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos con diferentes dosis de micorrizas y que el promedio de la longitud de la raíz de los cafetos son diferentes entre sí.

La desviación estándar poblacional con respecto a su media es de 1.90, de acuerdo a *Calzada*, (1982) nos indica que existe muy poca variación de valores entre los promedios de los tratamientos considerándolo como un valor muy bueno. De igual manera según *Gordon y Camargo*, (2015), se manifiesta que es un valor muy bueno lo, que nos indica que existe poco porcentaje de variación entre los promedios de los tratamientos De igual manera *Patel, et al.*, (2001) el CV fue de 4.03%, valor que es muy bueno porque se encuentra en el rango de 6 a 8% considerado como “evaluación de un cultivar”; aceptando la validez de nuestros resultados. De la misma manera al realizar la prueba estadística de Tukey al 5%, se observa que se forman 2 sub grupos, estando en el sub grupo (a) los tratamientos T5 y T4 pero con un nivel de significación de 0.169, valor distante a la 1.000 lo que nos indica que existe diferencia entre estos dos tratamientos a pesar de encontrarse en el mismo sub grupo. Y, en el sub grupo (b) se encuentran los tratamientos T3, T3 y T1 pero con un valor de significación de 0.976, valor cercano a la unidad 1.000, lo que nos indica que los resultados entre estos tratamientos son similares. Por lo que se puede concluir que las micorrizas en una dosis de 20 g por planta influyen en el incremento de la longitud de la raíz.

Al comparar nuestros resultados con la investigación realizada por *Jara*, (2017), en su investigación para evaluar el efecto de la fuente de materia orgánica con mayor eficiencia en la producción de plántones de café variedad catimor a nivel de vivero, usando diferentes dosis de tierra agrícola, compost, humus de lombriz de tierra; reporta que el tratamiento C1, obtiene la mayor longitud de raíz con 18.63 cm. Valores parecidos obtuvieron *Alejo & Reyes*, (2014), quienes reportan longitudes de raíz de 19.93, 19.15 y 18.74 cm, además, coinciden con los resultados obtenidos por (*Sotelo & Téllez*, 2007), quienes obtuvieron longitudes de raíces de 20,12 cm para los tratamientos con 25 % de compost. Nosotros en nuestra investigación obtuvimos la mayor longitud de la raíz con la dosis de 20 g de micorriza/planta y la mayor longitud de raíz fue de 21.05 cm. valores parecidos a lo conseguido por los investigadores anteriormente citados, lo que puede haber sido influido el incremento de la longitud de la raíz a la acción de las micorrizas, ya que *Del Aguila*, (2016), en su investigación, manifiesta que la acción de las micorrizas es incrementar la longitud de las raíces por acción del micelio extra radicular, consiguiendo medir 148.72 cm. adicional a la raíz, lo que le confiere mayor extensión para obtener mayor cantidad de nutrientes del suelo.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos para evaluar el efecto de las micorrizas en el cultivo del cafeto (*Coffea arabica* var. Caturra), en etapa de vivero en Chanchamayo - Junín se concluye en lo siguiente:

- Que las dosis de 20 y 15 gramos de micorrizas/planta, influyen en incrementar la altura de las plantas, el diámetro del tallo, el número de hojas, el peso fresco y seco de la planta; concluyendo que las micorrizas influyen en el crecimiento aéreo de los plantones de café caturra a nivel de vivero.
- Que las dosis de 20 y 15 gramos de micorrizas/planta, influyen en incrementar la longitud y el peso seco de la raíz; concluyendo que las micorrizas influyen en el crecimiento radicular de los plantones de café caturra a nivel de vivero.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda realizar otras investigaciones para determinar la cantidad de micorrizas nativas en la zona de Chanchamayo, con la intención de no importar especies de otros lugares que pueden tener problemas de adaptabilidad a esta zona, por su humedad ambiental y mayor temperatura ambiental.
2. Se recomienda realizar una comparación de la influencia de las micorrizas nativas y las micorrizas comerciales en los parámetros de crecimiento aéreo y crecimiento radicular de los plántones de café para la zona de Chanchamayo.
3. Se recomienda usar otras dosis de micorrizas para evaluar el rendimiento de las plantas de café a nivel de producción cafetalera.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *Abbot, L. K.; Robson, A. D.* 1982. Infectivity of vesicular-arbuscular. fungi in agricultural soils. *Aust. J. Agric. Res.* 33
2. *Alarcón, A. y Ferrera-Cerrato, R.* (1999). Manejo de la micorriza arbuscular en sistemas de propagación de plantas frutícolas. Montecillo, Estado de México
3. *Arcila, P.; Buhr, L, Bleiholder, H, Hack, H, v Wicke, H.* (2001). Aplicación de la escala BBCH ampliada para la descripción de las fases fenológicas del desarrollo de la planta de café *Coffea sp.* Boletín Técnico Cenicafé, Colombia
4. *Arcila, P, J.; Farfán, F.; Moreno, B.; Salazar, G.; Hincapié, G.* (2007). Sistemas de producción de café en Colombia. Cenicafé, Chinchiná, colombia: Blanecolor Ltda.
5. *Alvarado, M, Rojas, G.* (2007). El cultivo y beneficio del café. Costa Rica. Segunda reimpresión
6. *Augé, R.* (2001). *Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis.* Mycorrhiza
7. *Azcon-Aguilar, C.; Barea, J. M.; Roldán-Fajardo, B.* (1984). Avances recientes en el estudio de las micorrizas VA II. Factores que afectan su formación función y aplicaciones prácticas en agricultura (1). *Anales de Edafología y Agrobiología* tomo XLIII N° 5-6
8. *Barea José-Miguel, Pozo María-José, Azcón-Aguilar Concepción.* 2013. Significado y aplicación de las micorrizas en agricultura. Estación Experimental del Zaidín, CSIC, Departamento de Microbiología del Suelo. CRC Press, USA.
9. *Barea, J. M.; Azcon-Aguilar, C.; Roldán-Fajardo, B.* 1984. Avances recientes en el estudio de las micorrizas VA I. Formación, funcionamiento y efectos en nutrición vegetal. *Anales de Edafología y Agrobiología* Tomo XLIII N° 3-4:
10. *Barrera López, Jairo y Arango Sereno, Guillermo.* (2015). Uso y manejo de las micorrizas: investigación en cultivos. Laboratorio Agrotecnia Ltda. Colombia.

11. *Benavides, N.* (1986). Las micorrizas y su papel en la naturaleza. Ciencia y Tecnología, Colombia.
12. *Blandón, J.* (2008). Producción de almácigos de café en tubetes en tres sustratos y tres tipos de fertilización. Zamorano, Honduras.
13. *Burbano, F. V. y Urbano, J. G.* (1992). Efecto de la inoculación con micorrizas arbusculares en plantas de café (*Coffea arabica* L. var. Colombia), en la etapa de almácigo. Pasto, Colombia. 95 p. Tesis Ing. Agrónomo, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.
14. *Burckhardt, E. y Howeler, R.* (1984). Efecto de las micorrizas en el crecimiento de la yuca, estudiado en ensayos de invernadero. En: XIV Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Suelos Ecuatoriales. Colombia: 1984.
15. *Calzada, J.* 1982; Métodos estadísticos para la investigación. 5ta ed. Editorial "Milagros". Lima Perú.
16. *Castillo, Lorenzo.* 2017. Junta Nacional del Café. Mercado del café registra pérdidas millonarias, porque no logra despertar el interés de sus recolectores. Diario Gestión. Lima – Perú.
17. *Castañeda, E.* (2009). El ABC del café: cultivando calidad. Perú.
18. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENICAFÉ. (2011). Informe Anual de Labores de la Disciplina de Fitopatología. Chiuchiná, Colombia.
19. *Christiasen, J.* (2004). Café orgánico con diversificación. 1ª ed. Lima, Perú.
20. *Del Aguila P. Karen.* (2016). Efectos de la inoculación de hongos micorrizicos arbusculares en plantones de café (*Coffea arabica*, Var. Caturra) a nivel de vivero en la región de San Martín- Perú. Tesis para optar el título de ing. Agrónomo en la Universidad Nacional de San Martín.
21. *Duran, F.* (2010). Cultivo del Café. Colombia: Grupo Latino Editores S.A.S.
22. *Encalada, M; Paulina, F; Nohemí, j; A. Antonio, A; Luis, A.* (2018). Evaluación del crecimiento de plántulas de *Coffea arabica* L. c.v. caturra en condiciones de

vivero con diferentes sustratos y recipientes. Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Publicado por Bosques Latitud Cero. Loja – Ecuador.

23. *Figueroa, Z; Fischersworrning, B. y Rosskamp, R.* (1996). *Café Orgánico*. Edit. Novella Publigraf S.R.L. Perú.
24. *Fischersworrning, B. y Robkamp, R.* (2001). *Guía para la caficultura ecológica*. 3<sup>a</sup> ed. Lima, Perú.
25. *Fernández, F. et al.*, (1997). Tecnología de recubrimiento de semilla con biofertilizantes micorrizógenos. Alternativa sostenible de bajo costo. En: III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. Programa y resúmenes. Villa Clara, Cuba.
26. *Fung Mc Leod, Emily.* 2016. *Forests, Biodiversity and Climate Change*. CATIE - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – Costa Rica.
27. *Gordón, R. y Camargo, I.* 2015. Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Panamá.
28. *Herrera, R. y Ferrer, R.* (1984). Glosario de términos en español relativos al estudio de las micorrizas vesículo-arbusculares. *Acta Botánica Cubana*
29. *Holdridge, H. l.* 1975. *Clave Ecológica del Perú. Zonas de vida*. Centro Tropical de Investigación y Enseñanza. Lima. Perú.
30. *Jara D.* (2017). Efecto de dos fuentes de materia orgánica en la producción de plantones de café (*Coffea arabica*) en el caserío Nuevo Amazonas, distrito Yamón, provincia Utcubamba – Amazonas. Tesis para optar el título de ing. Agrónomo en la Univesidad Toribio Rodríguez de Mendoza. Amazonas.
31. *León, J.* (2000). *Botánica de los cultivos tropicales*. Costa Rica.
32. *Mamani, R. Jesús.* (2013). Evaluación de dos variedades de (*Coffea arabica* L.) bajo tres formas de producción en vivero en la Estación Esperimental de

Sapecho– LA PAZ Tesis para optar el título de ing. Agrónomo en la  
Universidad Mayor de San Andres - Bolivia

33. *Molina, L. M., Mahecha, L. y Medina, M.* (2005). Importancia del manejo de hongos micorrizógenos en el establecimiento de árboles en sistemas Silvopastoriles
34. *Ojeda Rivera, J.F.* (1992). Políticas forestales y medio ambiente en Doñana y su entorno. Agricultura y sociedad.
35. *Patel, J.K., N.M. Patel, y R.L. Shiyani.* (2001). Coefficient of variation in field experiments and yardstick thereof-an empirical study. *Curr. Sci.* 81(9).
36. *Pimentel, F.* (1985). Curso de estadística experimental. Livraria Nobel S.A., São Paulo, Brasil
37. *Pozo, M.J., Jung, S.C., Martínez-Medina, A., López-Ráez, J.A., Azcón-Aguilar, C., Barea, J.M.* 2013. Root allies: Arbuscular mycorrhizal fungi help plants to cope with biotic stresses In: *Symbiotic Endophytes* (Ed: R. Aroca). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
38. *Rivillas O., C.A.* (1999). Micorrizas arbusculares asociadas al cultivo de café.
39. *Sieverding, E. y Toro, S.* (1986). Evaluación cuantitativa y cualitativa de hongos formadores de micorrizas vesículo arbusculares en la región de Mondomo, Colombia, In *Suelos Ecuatoriales*. (Colombia). 16 (1),
40. *Sosa, J.; Arencibia, R. y Garcia, J.* (2007). El Café de Agaete: historia y cultivo. Las Palmas de Gran Canaria. Ed. Agroagaete.
41. *Sosa, J.* (2014). Influencia del endocarpio sobre el tiempo de germinación de la semilla de café (*Coffea arabica* L. var. Typica) en dos tipos de sustratos: turba y fibra de coco. Trabajo Fin de Grado. Escuela Superior y Técnica de Ingeniería Agraria de la Universidad de León.
42. *Suárez de Castro, F.* (1999). Distribución de las raíces del cafeto en un suelo franco limoso. *Boletín Técnico Cenicafé* 1(12)

43. Tamayo, L. y Tamayo, M. 1998. El proceso de la investigación científica, Limusa S.A., México
44. Vargas, M, E. Combs, G. Alvarado, G. Atlin, K. Mathews, y J. Crossa 2013. META: A suite of SAS Programs to analyze multi environment breeding trials. Agron

#### **Fuentes Electrónicas:**

1. CONAGRA. 2021. Las micorrizas. Extraído de internet, el 15 de agosto de 2022 de: <https://conagra.com.pe/producto/myco-grow/>
2. FAOSTAT (2021). División de Estadística. Consultado el 25 agosto 2022. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data>
3. Junta Nacional del Café (JNC, (2019). Historia del café en Perú (en línea, sitio web). Consultado el 15 de setiembre 2022. Disponible en: <https://juntadelcafe.org.pe/sector-cafetalero-sumara-su-tercer-ano-en-perdidas/>
4. Junta Nacional del Café (JNC, 2021). Historia del café en Perú (en línea, sitio web). Consultado el 15 de octubre 2021. Disponible en: <https://juntadelcafe.org.pe/?s=Cadena+productiva+del+caf%C3%A9>
5. MINAGRI. 2013. Plan nacional de reducción de la incidencia y severidad de la roya amarilla del cafeto en el Perú (*Hemileia vastatrix*). Extraído de internet, el 07 de marzo de 2022, de: [https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/resolucionesministeriales/2013/agosto/plan-roya\\_rm293-2013-minagri.pdf](https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/resolucionesministeriales/2013/agosto/plan-roya_rm293-2013-minagri.pdf)
6. PUMA CAFE. 2021. Crisis cafetalera. Desafíos extremos. Extraído de internet el 10 de setiembre de 2022, de: <https://pumacafe.pe/crisis-cafetalera-desafios-extremos/>
7. Souza y Powell. 2016. Uso y manejo de las micorrizas: investigación en cultivos. Rural Primicias. Raleigh Carolina del Norte E.U.A. Extraído de internet en 2

de abril de 2021 de <http://www.ruralprimicias.com.ar/noticia-uso-y-manejo-de-las-micorrizas--investigacion-en-cultivos-27867.php>.

8. Sotelo, M. G., & Téllez, J. A. (2007). Efecto de distintos porcentajes de humus de lombriz, compost y suelo, como sustrato en la producción de plántulas de café (*Coffea arabica L*) variedad caturra. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional Agraria, Facultad de agronomía. Managua, Nicaragua. Extraído de internet el 15 de agosto de 2022, de <http://repositorio.una.edu.ni/2020/1/tnfo4s717.pdf>

## **ANEXOS**

**Título: Efecto de las micorrizas en el cultivo del cafeto (*Coffea arabica* var. *Caturra*), en etapa de vivero en Chanchamayo - Junín**

<b>Tesistas:</b> Gerardo Miguel POMA DOMINGUEZ y Rubén Adrián ROBLES CHÁVEZ				
<b><u>PROBLEMA</u></b>	<b><u>OBJETIVO</u></b>	<b><u>HIPOTESIS</u></b>	<b><u>METODOLOGIA</u></b>	<b><u>VARIABLES</u></b>
<p><b>Problema General</b> ¿Cuál es la influencia de las micorrizas en el desarrollo y crecimiento de plántulas de café en la etapa de vivero?</p> <p><b>Problemas Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Cuál es la efectividad de las micorrizas en relación al crecimiento aéreo de los plántones de cafeto (<i>Coffea arabica</i> var. <i>Caturra</i>), en etapa de vivero para Chanchamayo, Junín?</li> <li>- ¿Cuál es la efectividad de las micorrizas en relación al crecimiento radicular de los plántones de cafeto (<i>Coffea arabica</i> var. <i>Caturra</i>), etapa de vivero para Chanchamayo, Junín?</li> </ul>	<p><b>Objetivo General</b> Evaluar la efectividad de las micorrizas en el cultivo del cafeto (<i>Coffea arabica</i> var. <i>Caturra</i>), etapa de vivero.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluar la efectividad de las micorrizas en relación al crecimiento aéreo de los plántones de cafeto (<i>Coffea arabica</i> var. <i>Caturra</i>), etapa de vivero para Chanchamayo, Junín</li> <li>- Evaluar la efectividad de las micorrizas en relación al crecimiento radicular de los plántones de cafeto (<i>Coffea arabica</i> var. <i>Caturra</i>), etapa de vivero para Chanchamayo, Junín</li> </ul>	<p><b>Hipótesis General</b> Se encontrará respuesta favorable de las micorrizas como estimulador del crecimiento de los plántones de café (<i>Coffea arabica</i> var. <i>Caturra</i>) en la etapa de vivero</p> <p><b>Hipótesis Nula:</b> No se encontrará respuesta favorable de las micorrizas como estimulador del crecimiento de los plántones de café (<i>Coffea arabica</i> var. <i>Caturra</i>) en la etapa de vivero</p> <p><b>Hipótesis Específica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Las micorrizas influyen en el crecimiento aéreo de los plántones de cafeto (<i>Coffea arabica</i> var. <i>Caturra</i>), etapa de vivero para Chanchamayo, Junín</li> <li>- Las micorrizas influyen en el crecimiento radicular de los plántones de cafeto (<i>Coffea arabica</i> var. <i>Caturra</i>), etapa de vivero para Chanchamayo, Junín</li> </ul>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACION</b> El tipo de Investigación a usarse será la Investigación Aplicada</p> <p><b>METODO A UTILIZARSE</b> El método de investigación a usarse será el método el experimental, porque manipula la variable dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Técnica:</b> La observación.</li> <li>- <b>Instrumentos:</b> Vernier, Balanza, Metro</li> </ul> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACION</b> Se empleará el diseño Completamente al azar (DCA con 5 tratamientos y 4 repeticiones)</p> <p><b>POBLACION:</b> 180 plantas</p> <p><b>MUESTRA:</b> 20 plantas</p>	<p><b>Variable independiente (X)</b> Micorrizas</p> <p><b>Indicadores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- T1: 0 g/planta</li> <li>- T2: 5 g/planta</li> <li>- T3: 10 g/planta</li> <li>- T4: 15 g/planta</li> <li>- T5: 20 g/planta</li> </ul> <p><b>Variable dependiente (Y)</b> <b>Crecimiento aéreo</b></p> <p><b>Indicadores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Altura de la planta</li> <li>- Diámetro del tallo</li> <li>- Peso fresco de la planta</li> <li>- Peso seco de la planta</li> <li>- Número par de hojas</li> </ul> <p><b>Variable dependiente (Y)</b> <b>Crecimiento radicular</b></p> <p><b>Indicadores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Longitud de la raíz</li> <li>- Peso seco de la raíz</li> </ul>

**Anexo 01: Altura de las plantas hasta los 90 días después del embolsado**

<b>Tratam.</b>	<b>Rep.</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>90</b>
<b>T1</b>	<b>R1</b>	10	11	12	13.4	15.3	17	20.3	23	25.6
<b>T1</b>	<b>R2</b>	11	11.5	13	14	15.4	17.5	21	23.5	25.8
<b>T1</b>	<b>R3</b>	11	11	12	13.6	15	16.5	21	24.7	27
<b>T1</b>	<b>R4</b>	10	11	12.5	14.5	15.5	17.4	21.3	23.6	27.6
<b>T2</b>	<b>R1</b>	10	11	13	15.3	17.4	20.4	22.5	24.7	26.5
<b>T2</b>	<b>R2</b>	11	12	14	15.6	17.3	20.2	22.6	24.3	27.4
<b>T2</b>	<b>R3</b>	11	12.5	13.5	15.4	16.4	17.8	21.6	23.5	27.6
<b>T2</b>	<b>R4</b>	11	12.5	13.6	15.4	17.4	19.3	22.1	24.7	28.5
<b>T3</b>	<b>R1</b>	11	12.4	15.2	16.4	19.4	21.6	23.5	24.7	26.3
<b>T3</b>	<b>R2</b>	10.5	12.5	15.6	17.5	19.4	21.8	23.7	26.7	27.9
<b>T3</b>	<b>R3</b>	10.4	13.2	14.5	16.7	19.8	21.2	23.1	24.1	25.3
<b>T3</b>	<b>R4</b>	11	13.1	14.3	15.3	16.4	18.4	19.5	21.2	29.4
<b>T4</b>	<b>R1</b>	10.4	12.5	14.3	16.8	18.5	21.4	24.2	26.4	28.5
<b>T4</b>	<b>R2</b>	10.6	12.6	14.6	20.5	22.4	24.7	26.6	27.4	29.4
<b>T4</b>	<b>R3</b>	11	12.4	14.7	18.5	21	24.6	26.6	27.8	29
<b>T4</b>	<b>R4</b>	11	12.5	14.6	18.5	22.1	24.1	26.5	28.4	30
<b>T5</b>	<b>R1</b>	10.4	12.4	14.5	16.9	18.9	22.3	25.7	28.6	31.4
<b>T5</b>	<b>R2</b>	11	13	14.7	18.8	21.6	24.5	27.5	28.7	29.5
<b>T5</b>	<b>R3</b>	11	12.5	15	19.4	22.5	24.7	27.4	29.5	31.2
<b>T5</b>	<b>R4</b>	11	13	14.7	18.4	22.1	24.4	27.5	29.6	30.5

**Anexo 02: Diámetro del tallo hasta los 90 días después del embolsado**

<b>Tratam.</b>	<b>Rep.</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>90</b>
<b>T1</b>	<b>R1</b>	0.35	0.40	0.51	0.70	0.85	1.15	1.25	1.45	1.60
<b>T1</b>	<b>R2</b>	0.36	0.45	0.55	0.68	0.90	1.20	1.26	1.50	1.85
<b>T1</b>	<b>R3</b>	0.40	0.44	0.57	0.73	0.90	1.12	1.30	1.55	1.70
<b>T1</b>	<b>R4</b>	0.40	0.47	0.60	0.73	0.92	1.25	1.40	1.65	1.85
<b>T2</b>	<b>R1</b>	0.37	0.55	0.60	0.70	0.85	1.20	1.27	1.38	1.60
<b>T2</b>	<b>R2</b>	0.35	0.5	0.61	0.68	0.92	1.20	1.26	1.58	1.85
<b>T2</b>	<b>R3</b>	0.4	0.55	0.60	0.75	0.90	1.12	1.32	1.60	1.80
<b>T2</b>	<b>R4</b>	0.4	0.48	0.55	0.78	0.92	1.25	1.42	1.65	1.90
<b>T3</b>	<b>R1</b>	0.37	0.5	0.60	0.72	0.80	1.15	1.30	1.40	1.65
<b>T3</b>	<b>R2</b>	0.35	0.52	0.63	0.70	0.92	1.25	1.30	1.58	1.80
<b>T3</b>	<b>R3</b>	0.4	0.53	0.63	0.75	0.90	1.20	1.35	1.58	1.85
<b>T3</b>	<b>R4</b>	0.4	0.5	0.60	0.80	0.92	1.25	1.42	1.70	1.90
<b>T4</b>	<b>R1</b>	0.4	0.55	0.65	0.80	0.95	1.25	1.35	1.80	2.20
<b>T4</b>	<b>R2</b>	0.34	0.52	0.68	0.82	0.97	1.40	1.60	2.20	2.50
<b>T4</b>	<b>R3</b>	0.37	0.55	0.70	0.85	1.20	1.30	1.80	2.30	2.60
<b>T4</b>	<b>R4</b>	0.4	0.55	0.70	0.85	1.10	1.45	1.90	2.20	2.70
<b>T5</b>	<b>R1</b>	0.45	0.55	0.70	0.85	1.30	1.80	2.20	2.65	2.80
<b>T5</b>	<b>R2</b>	0.36	0.55	0.73	0.90	1.30	1.90	2.10	2.55	2.90
<b>T5</b>	<b>R3</b>	0.35	0.57	0.76	0.90	1.40	1.85	2.10	2.60	3.00
<b>T5</b>	<b>R4</b>	0.38	0.58	0.78	0.85	1.45	1.75	2.00	2.70	3.10

**Anexo 03: Peso fresco de las plantas por tratamiento y repetición a los 90 días**

<b><i>Trat./Rep.</i></b>	<b><i>T1</i></b>	<b><i>T2</i></b>	<b><i>T3</i></b>	<b><i>T4</i></b>	<b><i>T5</i></b>
<b><i>R1</i></b>	19.00	20.20	19.80	22.00	22.20
<b><i>R2</i></b>	18.30	19.20	21.40	22.50	21.30
<b><i>R3</i></b>	19.00	19.00	21.10	21.50	22.30
<b><i>R4</i></b>	20.40	19.40	19.60	21.50	24.10
<b><i>Promedio</i></b>	<b>19.18</b>	<b>19.45</b>	<b>20.48</b>	<b>21.88</b>	<b>22.48</b>

**Anexo 04: Peso seco de las plantas por tratamiento y repetición a los 90 días**

<b><i>Trat./Rep.</i></b>	<b><i>T1</i></b>	<b><i>T2</i></b>	<b><i>T3</i></b>	<b><i>T4</i></b>	<b><i>T5</i></b>
<b><i>R1</i></b>	3.04	3.23	3.17	3.52	3.55
<b><i>R2</i></b>	2.93	3.07	3.42	3.60	3.41
<b><i>R3</i></b>	3.04	3.04	3.38	3.44	3.57
<b><i>R4</i></b>	3.26	3.10	3.14	3.44	3.86
<b><i>Promedio</i></b>	<b>3.07</b>	<b>3.11</b>	<b>3.28</b>	<b>3.50</b>	<b>3.60</b>

**Anexo 05: Número de pares de hojas a los 90 días después del embolsado**

<b>Tratam.</b>	<b>Rep.</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>90</b>
<b>T1</b>	<b>R1</b>	2	2	2	2	4	4	5	6	7
<b>T1</b>	<b>R2</b>	2	2	2	2	4	4	5	6	8
<b>T1</b>	<b>R3</b>	2	2	2	2	4	4	6	7	8
<b>T1</b>	<b>R4</b>	2	2	2	2	4	4	6	7	8
<b>T2</b>	<b>R1</b>	2	2	2	2	4	4	5	6	7
<b>T2</b>	<b>R2</b>	2	2	2	2	4	4	5	6	8
<b>T2</b>	<b>R3</b>	2	2	2	2	4	4	6	6	8
<b>T2</b>	<b>R4</b>	2	2	2	2	4	4	6	7	8
<b>T3</b>	<b>R1</b>	2	2	2	2	4	4	5	6	7
<b>T3</b>	<b>R2</b>	2	2	2	2	4	4	5	6	8
<b>T3</b>	<b>R3</b>	2	2	2	2	4	5	6	7	8
<b>T3</b>	<b>R4</b>	2	2	2	3	4	5	6	7	8
<b>T4</b>	<b>R1</b>	2	2	2	2	4	4	6	7	8
<b>T4</b>	<b>R2</b>	2	2	2	2	4	5	6	7	8
<b>T4</b>	<b>R3</b>	2	2	2	2	4	5	6	8	9
<b>T4</b>	<b>R4</b>	2	2	2	3	4	5	6	8	9
<b>T5</b>	<b>R1</b>	2	2	2	2	4	4	6	8	9
<b>T5</b>	<b>R2</b>	2	2	2	2	4	4	6	7	9
<b>T5</b>	<b>R3</b>	2	2	2	3	4	5.5	7	8	9
<b>T5</b>	<b>R4</b>	2	2	2	3	4	6	7	8	9

**Anexo 06: Longitud de la raíz hasta los 90 días después del embolsado**

<b>Trat./Rep.</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>90</b>
<b>T1 R1</b>	4.1	6.2	8.4	9.9	11.3	13.5	15.6	17.8	18.34
<b>T1 R2</b>	4.2	5.7	7.7	9.1	11.2	12.5	15.2	16.5	17.55
<b>T1 R3</b>	4.4	4.9	6.8	7.9	9.6	11.4	12.4	13.6	15.50
<b>T1 R4</b>	4.3	5.5	6.8	7.9	9.5	11.4	13.1	15.2	16.50
<b>T2 R1</b>	4.3	5.4	7.3	9.4	12.4	13.3	14.6	16.5	17.50
<b>T2 R2</b>	4.5	6.4	7.8	9.1	12.4	13.5	14.5	16.2	17.10
<b>T2 R3</b>	4.2	4.9	6.8	8.5	10.5	12.4	13.2	14.5	16.10
<b>T2 R4</b>	4.5	5.5	7.0	8.1	9.5	11.2	12.5	13.5	16.70
<b>T3 R1</b>	4.4	5.5	6.7	8.7	11.4	13.3	15.5	16.8	17.90
<b>T3 R2</b>	4.3	6.4	7.8	10.2	13.2	14.2	15.4	16.2	18.10
<b>T3 R3</b>	4.3	5.6	7.1	9.0	11.4	13.5	14.6	15.4	16.10
<b>T3 R4</b>	4.5	6.1	7.0	8.1	9.8	12.0	14.5	15.4	16.70
<b>T4 R1</b>	4.5	5.6	6.8	8.8	11.5	14.2	16.2	17.3	19.40
<b>T4 R2</b>	4.2	5.8	7.7	9.9	13.2	14.5	16.4	17.5	19.50
<b>T4 R3</b>	4.3	6.2	7.9	9.4	12.4	14.6	15.6	17.4	19.40
<b>T4 R4</b>	4.4	6.6	7.8	9.5	12.7	14.6	15.7	16.7	20.10
<b>T5 R1</b>	4.4	6.2	7.7	9.6	12.5	14.7	17.5	18.7	20.30
<b>T5 R2</b>	4.5	5.8	7.8	9.9	13.5	15.4	17.1	18.3	20.50
<b>T5 R3</b>	4.3	6.2	7.9	9.3	12.1	14.5	16.1	18.3	21.20
<b>T5 R4</b>	4.5	6.8	8.1	9.5	12.7	14.6	16.4	18.8	22.20

**Anexo 07: Peso seco de la raíz hasta los 90 días después del embolsado**

<b>Trat./Rep.</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
<b>R1</b>	1.70	1.70	1.70	1.90	1.90
<b>R2</b>	1.60	1.60	1.80	1.80	1.78
<b>R3</b>	1.60	1.70	1.70	1.90	1.92
<b>R4</b>	1.70	1.80	1.70	2.10	2.10
<b>Promedio</b>	<b>1.65</b>	<b>1.70</b>	<b>1.73</b>	<b>1.93</b>	<b>1.93</b>



**Foto 01: Selección de las semillas**



**Foto 02: Semillas seleccionadas**



**Foto 03: Producto comercial de micorrizas**



**Foto 04: Manejo de los plantones de cafeto**



**Foto 05: Evaluación de la altura de la planta**



**Foto 06: Evaluación de la altura de la planta**



**Foto 07: Evaluación del diámetro del tallo**



**Foto 08: Evaluación del diámetro del tallo de la planta**



**Foto 09: Peso fresco de la planta**



**Foto 10: Peso seco de las raíces**



**Foto 11: Longitud de las raíces**