

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

**Efecto de aplicación de micorrizas en el desarrollo vegetativo de la
planta del Café (*Coffea arábica* L.) variedad Geisha en vivero**

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Autores:

Bach. Jhoselyn Thalia RIVAS CASTRO

Bach. Jhonn Anthony TALAVERA MEMENZA

Asesor:

Mg. Karina Jessica MARMOLEJO GUTARRA

La Merced – Perú - 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

**Efecto de aplicación de micorrizas en el desarrollo vegetativo de la
planta del Café (*Coffea arábica* L.) variedad Geisha en vivero**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Nilda HILARIO ROMAN
PRESIDENTE

Ing. Iván SOTOMAYOR CORDOVA
MIEMBRO

Mg. Carlos RODRIGUEZ HERRERA

DEDICATORIA



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 080-2023/UIFCCAA/V

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por

RIVAS CASTRO , Jhoselyn Thalia
TALAVERA MEMENZA, Jhonn Anthony

Escuela de Formación Profesional
Agronomía – La Merced

Tipo de trabajo
Tesis

“Efecto de aplicación de micorrizas en el desarrollo vegetativo de la planta del Café (*Coffea arabica* L.) variedad Geisha en vivero”

Índice de similitud
17%

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti plagio.

Cerro de Pasco, 18 de agosto de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Dr. Luis A. Huanes Tovar
Director

DEDICATORIA

Dedico de manera especial a mis padres Verónica Castro Casafranca y Edmundo Rivas Cusi que, fueron el pilar elemental en la culminación de mi estudio profesional, inculcándome la responsabilidad y deseos de superación y a mi hermano Neymar Edmundo Rivas Castro por su constante motivación de concretizar mis metas trazadas.

Rivas Castro Jhoselyn Thalia

Agradezco a mis padres por apoyarme en terminar mis estudios superiores e inculcarme valores como el respeto, honradez y responsabilidad, siendo mi inspiración para ser cada día un profesional de éxito.

Talavera Memenza Jhonn Anthony

AGRADECIMIENTO

Al concluir nuestros estudios superiores, queremos agradecer, a quienes hicieron posible de realizarse nuestros sueños. Agradecer en primer lugar, a Dios a nuestros padres, hermanos y amigos.

1. Nuestra gratitud a nuestra alma mater Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Formación Profesional de Agronomía – Filial La Merced; por habernos albergado los cinco años de estudios universitarios y haciendo posible nuestra formación profesional a través de las enseñanzas impartidas por los docentes.
2. Mi agradecimiento a la M. Sc. Karina Jessica Marmolejo Gutarra, por su asesoramiento y guía en el desarrollo de la presente investigación.
3. Mi agradecimiento a la Dra. Nilda Hilario Román por orientarnos en la elaboración del proyecto de tesis.
4. A nuestros compañeros de clase, con quienes compartimos momentos maravillosos en la parte académica, deportiva y de cultura.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar los efectos que produce la aplicación de micorrizas en el desarrollo vegetativo de las plantas de Café (*Coffea arábica* L.) variedad Geisha en vivero en la provincia de Oxapampa, región Pasco. La instalación del experimento fue bajo un diseño completamente al azar DCA con 4 tratamientos y 6 plantas por unidad experimental haciendo un total de 72 plantas por muestra. Se evaluó las variables altura de planta, ancho de hoja, longitud de hoja, diámetro de tallo, longitud de raíz y peso fresco de la raíz a las dosis de suelo micorrizado de 15, 10 y 5 gramos por planta. Después de los 93 días de inoculado se observó que el tratamiento T4 destacó en las variables altura de planta con 15.64 cm, ancho de la hoja con 3.5 cm, longitud de la hoja con 8.50 cm, diámetro del tallo con 0.96 cm y peso de la raíz con 4.21 g siendo superior a los tratamientos inoculados T3 (10g) y T2 (5 g) con respecto al testigo sin inocular. El testigo supero ligeramente en la variable longitud de raíz con 22.52 cm al tratamiento T4 que obtuvo un 22.19 cm, asimismo la planta testigo mostró menor raíces secundarias y altura de planta con respecto a los tratamientos inoculados con micorriza. Según los resultados obtenidos se acepta la hipótesis específica que, la aplicación de micorrizas influye positivamente en la altura de planta, número de hojas, longitud de las hojas, ancho de las hojas en el desarrollo vegetativo de la planta del café (*Coffea arábica* L.) variedad Geisha en vivero y asimismo se acepta la hipótesis específica que la aplicación de micorrizas influye en la longitud y peso de la raíz fresca.

Palabra clave: Vivero, Micorriza, inocular, variedad

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the effects produced by the application of mycorrhizae on the vegetative development of Coffee plants (*Coffea arabica* L.) Geisha variety in a nursery in the province of Oxapampa, Pasco region. The installation of the experiment was under a completely randomized DCA design with 4 treatments and 6 plants per experimental unit, making a total of 72 plants per sample. The variables plant height, leaf width, leaf length, stem diameter, root length and root fresh weight were evaluated at the mycorrhized soil doses of 15, 10 and 5 grams per plant. After 93 days of inoculation, it was observed that the T4 treatment stood out in the variables plant height with 15.64 cm, leaf width with 3.5 cm, leaf length with 8.50 cm, stem diameter with 0.96 cm and weight of the root with 4.21 g being higher than the inoculated treatments T3 (10g) and T2 (5 g) with respect to the control without inoculation. The control slightly exceeded the root length variable with 22.52 cm compared to the T4 treatment, which obtained 22.19 cm, likewise the control plant showed fewer secondary roots and plant height with respect to the treatments inoculated with mycorrhiza. According to the results obtained, the specific hypothesis is accepted that the application of mycorrhizae positively influences the height of the plant, number of leaves, length of the leaves, width of the leaves in the vegetative development of the coffee plant (*Coffea arabica* L.) Geisha variety in the nursery and the specific hypothesis that the application of mycorrhiza influences the length and weight of the fresh root is also accepted.

Keywords: Nursery, Mycorrhiza, inoculate, variety

INTRODUCCIÓN

El café es el producto de mayor importancia del sector agrícola en el Perú, siendo otorgado el segundo lugar en la lista de los productos de mayor importancia a nivel mundial (Temis, López, & Sosa, 2011). Es el principal producto agrícola de exportación en el Perú, alcanzando para el 2016 el valor de sus exportaciones a los 750 millones de dólares; beneficiando a 223 mil familias que conducen 425 400 ha⁻¹ de café localizadas en 15 regiones del país (INEI, 2012); son estas familias las que obtienen sustento económico gracias a esta actividad (Díaz & Carmen, 2017). En el 2012 se produjo una baja en la productividad de los cafetales en todo el sector de selva central a causa del cambio climático produciendo de esta manera un ambiente apropiado para la incidencia de la roya amarilla del Café.

En los últimos años, se ha tomado mucha importancia en la actividad biológica del suelo y el rol de los microorganismos en la nutrición de las plantas, potenciando la fertilidad del suelo, incrementando la eficiencia de los procesos de absorción de nutrientes y formando parte de los sistemas integrales de nutrición vegetal (Read & Pérez, 2003).

Con las aplicaciones de micorrizas lo que se quiere conseguir son plántulas de café altamente vigorosas, con suficiente cantidad de nutrientes en su tejido, y que la relación simbiótica con hongos micorrízicos provenientes de inoculantes comerciales puedan proteger de las inclemencias edafoclimáticas cuando las plántulas de café sean transportadas a campo definitivo, que aseguraría buena calidad y producción del café (Prates et al., 2019).

En ese sentido la presente investigación está orientado a demostrar, que la aplicación de la micorriza en la producción de plántulas de café variedad Geisha tiene múltiples beneficios como es la absorción de nutrientes y agua, protección frente a patógenos que

garantizan la obtención de plantas vigorosas con características fenotípicas superiores para su trasplante a campo definitivo; que influyen en el desarrollo vegetativo en las variables altura de planta, ancho y longitud de hoja, diámetro de tallo, longitud de raíz y peso de raíz fresco, con la finalidad de que los resultados aporten a los agricultores de selva central.

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

CAPÍTULO 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 los objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Justificación de la investigación	5
1.6. Limitaciones de la investigación.....	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	7
2.2. Bases teóricas - científicas	10
2.2.1. Café.....	10
2.2.2. Vivero	19

2.2.3. Micorriza	22
2.3. Definición de términos básicos	31
2.3.1. Simbiosis	31
2.3.2. Micorriza	31
2.3.3. Micorrización	31
2.3.4. Variedad Geisha	31
2.4. Formulación de hipótesis	32
2.4.1. Hipótesis general	32
2.4.2. Hipótesis específica	32
2.5. Identificación de variables	32
2.5.1. Variable independiente	32
2.5.2. Variable dependiente	32
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	33

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación.....	34
3.2. Nivel de investigación.....	34
3.3. Método de investigación	34
3.4. Diseño de investigación	35
3.4.1. Diseño experimental.....	35
3.4.2. Análisis de Varianza.....	35
3.5. Población y muestra	36
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	36
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	36
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	36

3.9. Tratamiento estadístico	37
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica	37

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	38
4.1.1. Lugar de ejecución	38
4.1.2. Materiales y equipos	39
4.1.3. Materiales de escritorio	39
4.1.4. Equipos	40
4.1.5. Material biológico	40
4.1.6. Descripción de los tratamientos.....	40
4.1.7. Croquis en el vivero del material experimenta.....	41
4.1.8. Evaluación de las variables	41
4.1.9. Procedimiento y conducción del experimento	42
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	44
4.2.1. Altura de planta	44
4.2.2. Ancho de la hoja	46
4.2.3. Longitud de la hoja	48
4.2.4. Diámetro de tallo	50
4.2.5. Longitud de la raíz.....	52
4.2.6. Peso fresco de la raíz	53
4.3. Prueba de hipótesis.....	55
4.4. Discusión de resultados.....	56

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis de varianza para la altura de planta (cm) en la variedad de café Geisha., evaluados a los 93 DDI en condiciones de vivero.....	44
Tabla 2: Análisis de varianza para ancho de la hoja (cm) en la variedad Geisha, evaluados a los 93 DDI en condiciones de vivero.....	46
Tabla 3: Análisis de varianza para la longitud de la hoja (cm) en C. arábica L., de la variedad Geisha, evaluados a los 93 DDI en condiciones de vivero.....	48
Tabla 4: Análisis de varianza para diámetro de tallo (mm) en C. arábica L. en la variedad Geisha, evaluados a los 132 DDI en condiciones de vivero.....	50
Tabla 5: Análisis de varianza para longitud de raíz (cm) en C. arábica L., evaluados a los 132 DDI en condiciones de vivero.	52
Tabla 6: Análisis de varianza para peso fresco de raíz (g) en C. arábica L. variedad Geisha, evaluados a los 93 DDI en condiciones de vivero.....	53

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa Satelital del vivero en el Anexo Yezu – Villa Rica.....	39
Figura 2: Distribución de los tratamientos con micorriza en la variedad Geisha en el vivero del fundo Santa Anita.....	41
Figura 3: Prueba de Duncan ($p<0.05$), para la altura de planta (cm) en Coffea arábica L. en la variedad Geisha, evaluados a los 93 DDI en condiciones de vivero.....	45
Figura 4: Prueba de Duncan ($p<0.05$), para el ancho de hoja (cm) en Coffea arábica L. en la variedad Geisha, evaluados a los 93 DDI en condiciones de vivero.	47
Figura 5: Prueba de Duncan ($p<0.05$), para longitud de hojas (cm) en Coffea arábica L. en la variedad Geisha, evaluados a los 93 DDI en condiciones de vivero.	49
Figura 6: Prueba de Duncan ($p<0.05$), para diámetro de tallo (mm) en Coffea arábica L. en la variedad Geisha, evaluados a los 93 DDI en condiciones de vivero.....	51
Figura 7: Prueba de Duncan ($p<0.05$), para longitud de raíz (cm) en Coffea arábica L. en la variedad Geisha, evaluados a los 93 DDI en condiciones de vivero.	52
Figura 8: Prueba de Duncan ($p<0.05$), para peso fresco de raíz (cm) en Coffea arábica L. en la variedad Geisha, evaluados a los 93 DDI en condiciones de vivero.....	54
Figura 9: Raíces por tratamiento inoculadas con micorrizas y el testigo en plántulas de café variedad Geisha a los 93 días en condiciones de vivero.....	55

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El café es el principal producto agrícola de exportación en el Perú así lo indica el último Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012), beneficiando en promedio a 223 mil familias que cultivan 425.400 hectáreas de café, ubicadas en 15 regiones, 95 provincias y 450 distritos del Perú. Sin embargo, solo 7 de ellos (Junín, San Martín, Cajamarca, Cusco, Amazonas, Huánuco y Pasco) reúnen el 91% del total de los productores y tierras cultivables del Perú, se han registrado 449 áreas donde se cultiva café. A nivel Nacional la superficie cultivada de café se registró en 232,632.50 ha⁻¹, que es el 54.45% de área cultivada, en el distrito de Villa Rica la superficie cultivada de café es de 5,282.27 ha⁻¹ que es el 1.2%, (INEI, 2012). El café es cultivado por pequeños productores, quienes cultivan entre 1 ha⁻¹ y 5 ha⁻¹ y representan el 85% del total de caficultores. Estos conducen sus fincas con un nivel tecnológico bastante precario y solo un 20% está asociado en cooperativas, las cuales producen y exportan dando prioridad a la certificación orgánica de sus plantaciones y a los cafés especiales. Los productores y los

gremios precisan que el precio final de las ventas es menor en por lo menos 3 soles por kilo que el costo de producción. Esto repercute en un bajo desarrollo social, económico y ambiental de las zonas cafetaleras, quienes continúan viviendo en situación de pobreza y extrema pobreza (Dilas et al., 2021).

El rendimiento promedio nacional de café es de 13 qq/ha⁻¹ (quintales por hectárea) comparado con otros países productores es bajo. El 2011 fue un año extraordinario para el café peruano. Se produjeron cerca de 332 100 TM, y el valor de las exportaciones superó los US\$ 1650 millones. Un año después, la roya amarilla mostró las grandes debilidades del sector y generó una crisis productiva, social, económica e institucional. SENASA reportó el daño por roya amarilla de 290 000 ha⁻¹ de las cuales 80 mil fueron totalmente afectadas las plantaciones de café. Durante 2016 se produjeron más de 5 millones de quintales y se registraron exportaciones por un valor superior a los US\$ 750 millones, cifras que son muy distantes al récord alcanzado cinco años antes 2011 (Dilas et al., 2021).

En el cultivo de café los productores usan comúnmente la fertilización química nitrogenada y pesticidas, cuya contribución a la matriz de emisiones de GEI también es significativa. Actualmente, los suelos cafetaleros están siendo degradados como consecuencia del mal manejo del cultivo (Dilas et al., 2021).

El uso de herbicidas, de abonos nitrogenados, de insecticidas y nematocidas, empieza poco a poco a deteriorar la calidad del suelo. La microflora y microfauna edáfica se ven severamente disminuidas. Las fuentes de agua se empiezan a ver contaminadas por las sustancias utilizadas en los cafetales, la salud humana en general desmejora y toda aquella biodiversidad abundante del cafetal desaparece para darle espacio al escenario del monocultivo (Hernández, 2018).

La creciente variación climática y el aumento de la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, junto con la reducción de la resiliencia de los ecosistemas, incrementan la vulnerabilidad de las poblaciones rurales, que a su vez afecta la productividad agrícola y amenaza los medios de vida. El futuro del café en el Perú depende de la implantación de enfoques integrados de ordenamiento del territorio combinados con estrategias que impulsen los paisajes productivos sostenibles en las zonas cafetaleras. La productividad depende de un conjunto de variables, de las que destaca el manejo agronómico que se realiza en la finca (Dilas & Carmen, 2017).

Habiendo antecedentes de estudio en la aplicación de micorrizas en a nivel de vivero, en las cuales se obtuvieron resultados favorables como lo indicó (Hernández et al., 2018). Los hongos micorrízicos arbusculares pueden aumentar los rendimientos, mejorar el crecimiento y el desarrollo vegetativo de las plantas; (Del Aguila et al., 2018) realizaron una investigación, sobre la Inoculación de consorcios micorrízicos arbusculares en *Coffea arábica* L., variedad Caturra en la región San Martín (Soza & Jiménez, 2018) también trabajaron en la validación de dos dosis de micorrizas en el desarrollo de las plantas en vivero de café (*Coffea arábica* L.), variedad Caturra en dos localidades del municipio de Jinotega, destacando de todos ellos el resultado positivo en la morfología de los cafetos haciendo uso de micorrizas en remplazo de la fertilización sintética.

1.2. Delimitación de la investigación

El presente proyecto de investigación se llevó a cabo en el vivero ubicado en el distrito de Villa Rica en la provincia de Oxapampa a una altitud de 1500-1800 m.s.n.m. El tiempo que se realizó la investigación fue de 5 meses.

El material vegetal es el café de la variedad Geisha por sus características genéticas y calidad especial. Asimismo, se aplicó las micorrizas que son ectomicorrizas, endomicorrizas y las ectendomicorrizas todas estas divididas según su estructura; las cuales se encuentran en los bosques de Pinos (*Pinus radiata*) en la provincia de Oxapampa.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál será el efecto de la aplicación de micorrizas en el desarrollo vegetativo y radicular de la planta del café (*Coffea arábica* L.) variedad Geisha en vivero?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Qué efecto produce la aplicación de micorrizas en el desarrollo vegetativo de la planta del café (*Coffea arábica* L.) variedad Geisha en vivero?
- ¿Qué efecto produce la aplicación de micorrizas en el desarrollo radicular de la planta del café (*Coffea arábica* L.) variedad Geisha en vivero?

1.4. Formulación de los objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto que produce la aplicación de micorrizas en el desarrollo vegetativo y radicular de la planta del café (*Coffea arábica* L.) variedad Geisha en vivero.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la aplicación de micorrizas en el desarrollo vegetativo de la planta del café (*Coffea arabica* L.) variedad Geisha en vivero.
- Determinar el efecto que produce la aplicación de micorrizas en el desarrollo radicular de la planta del café (*Coffea arabica* L.) variedad Geisha en vivero.

1.5. Justificación de la investigación

El café es el cultivo más importante en el sector agrícola en el Perú y el principal producto de exportación del país; en el 2016 las exportaciones alcanzaron a los 750 millones de dólares; beneficiando a 223 mil familias que conducen 425 400 ha⁻¹ de café localizadas en 15 regiones del país (INEI, 2012); son estas familias las que obtienen sustento económico gracias a esta actividad (Dilas et al., 2021). En el 2012 se tuvo el ataque de la roya amarilla que ocasionó pérdida a los productores cafetaleros de selva central. A consecuencia de la roya amarilla los precios internacionales del café fueron bajos, obligando a los productores a buscar alternativas en el manejo agronómico del cultivo, invirtiendo menos en insumos y realizando un mejor uso de los recursos de la finca.

La importancia de la investigación radica en el uso de micorrizas como una alternativa para mejorar el crecimiento y desarrollo vegetativo del café en vivero y una alternativa para la adaptación al cambio climático, ya que este hongo ayuda a la planta en todo momento, en época seca ayuda a guardar humedad y en época lluviosa ayuda a infiltrar el agua, además es una técnica que reduce los costos de inversión en fertilización y ayuda a prevenir enfermedades causadas por hongos patógenos (Soza & Jiménez, 2018).

La investigación tiene por finalidad beneficiar a productores de café, para que adopten una agricultura amigable y sostenible con el medio ambiente.

1.6. Limitaciones de la investigación

La presente investigación, tiene como limitación la dosificación de micorrizas en el sustrato que intervienen en el crecimiento y desarrollo de las plántulas de café en condiciones de vivero, la investigación no discute tema de resistencia a enfermedades causadas por hongos patógenos que se presentan frecuentemente. Otra de las limitaciones fue la distancia al lugar donde se instaló el vivero para realizar las evaluaciones debido a las restricciones de seguridad sanitaria que fue impuesto por el gobierno ha consecuencia de la pandemia Covid-19 que afecto al planeta.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Del Águila et al., (2018) estudiaron el efecto de nueve consorcios micorrízicos arbusculares y la inoculación a plántulas de café *Coffea arabica* L., variedad Caturra, comparados con un control (sin inoculación), durante siete meses en vivero. Utilizó el diseño completamente al azar (DCA), con nueve tratamientos y un control constituido por tres repeticiones. La procedencia de los consorcios micorrízicos fueron de fincas cafetaleras de la región San Martín en Perú. Evaluaron el porcentaje de colonización, longitud de micelio extra radical, altura de planta, área foliar, biomasa aérea y biomasa radicular seca. Los resultados del estudio mostraron que tres de los nueve consorcios estudiados fueron más eficientes en el crecimiento y desarrollo de las plantas de café.

Ibarra et al., (2014) estudiaron el efecto de *Coffea canephora* inoculado con micorriza y bacteria fijadora de nitrógeno en vivero, con el objetivo de evaluar el efecto de la inoculación con *Rhizophagus intraradices* o *Azospirillum brasilense* a *Coffea canephora* en sus componentes morfológicos y fisiológicos

en el rendimiento de los dos sustratos utilizados en vivero, identificaron la cantidad de fósforo en el tejido vegetal y la colonización micorrízica. Los resultados muestran que la inoculación con micorrizas en *Coffea canephora* en vivero favoreció el crecimiento y la acumulación de materia seca de los componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento en comparación con el testigo sin inocular. *Azospirillium brasiliense* promovió mayor acumulación de biomasa que *Rhizophagus intraradices* al final del estudio. Con *Rhizophagus intraradices* se incrementó la concentración de fósforo en el tejido vegetal de las plantas y la mayor colonización micorrízica se presentó en el primer tercio de la raíz cuando se inoculó *Rhizophagus intraradices*.

Según Hernández et al., (2018) reportaron que los hongos micorrízicos arbusculares pueden aumentar los rendimientos, mejora el crecimiento y el desarrollo vegetativo de las plantas. La introducción en vivero de micorrizas arbusculares en café es de gran importancia, ya que el manejo adecuado de este biofertilizante favorece la producción de plántulas de café más vigorosas y de bajo costo. Estudiaron el efecto de dos inóculos micorrízicos: uno formado por los hongos *Glomus claroideum*, *Glomus diaphanum* y *Glomus albidum* y el segundo por el hongo *Rhizophagus aggregatus*, en cuatro variedades de café (Garnica, Catimor, Caturra y Catuai). Las plantas permanecieron en el vivero durante once meses, inoculadas a partir de semillas, para evaluar el efecto de los hongos en las plantas. El inóculo formado por *Glomus claroideum*, *Glomus diaphanum* y *Glomus albidum* fue el más eficaz para promover el crecimiento y desarrollo de las plantas. Se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos y los incrementos con respecto al control en altura, área foliar, volumen de raíz y peso seco. Aunque *Rhizophagus aggregatus* no fue tan

eficiente como *Glomus claroideum*, *Glomus diaphanum* y *Glomus albidum*, si mostró aumentos significativos en comparación con el control en todas las variables evaluadas. La inoculación con estas especies de micorrizas le permitieron obtener plantas sanas y vigorosas para trasplante al campo en menos tiempo, por lo que se recomienda su uso como biofertilizantes. Sí mostró incrementos significativos en comparación con el control en todas las variables evaluadas. Sí mostró incrementos significativos en comparación con el control en todas las variables evaluadas.

Según (Soza & Jiménez, 2018) , con el objetivo de evaluar el uso de micorrizas en el desarrollo de las plantas en vivero de café (*Coffea arábica* L.), validando dos dosis de 5 y 10 gramos, siendo definidos como tratamientos 1 y 2 respectivamente y nombrando un tercero como testigo con dosis de 15 gramos diluidos de fertilizante sintético 18 – 46 – 00 (decisión del productor). Definió como indicadores medidos: el número de hojas y número de cruces; el largo y ancho de las hojas; largo y grosor del tallo; altura de la planta, tamaño y peso de la raíz. Llegando a la conclusión, que el tratamiento 2 (10 gramos micorriza/planta) predominó con los promedios más altos en la mayoría de los indicadores evaluados en ambas localidades.

Llanos, (2015) en una investigación cuyo objetivo fue ver el crecimiento de las variedades de *Coffea arábica* L. Catimor y Caturra con inoculación de suelo micorrizado en vivero temporal de Ipoki – río negro, donde la investigación se realizó en el fundo Llanos en un vivero temporal, ubicado en el Centro Poblado de Ipoki, del distrito de Río Negro-Satipo, a una altitud de 600 msnm, con el objetivo de determinar el efecto de suelo micorrizado en el crecimiento de altura, diámetro de tallo, área foliar, peso fresco de la parte aérea, peso fresco de la raíz

y apariencia de las plantas en dosis gradientes de 20, 40 y 60 gramos por planta y determinar el modelo matemático para estimar la dosis adecuada de inóculo mediante la función de crecimiento de las variedades de *Coffea arábica* L., variedad Catimor y Caturra. Después de 120 días de inoculación las variables altura total, diámetro de tallo, área foliar, peso de la parte aérea, peso de la raíz y apariencia de las plantas control fueron significativamente inferiores al de las unidades tratadas con suelo micorrizado. Asimismo, no se encontró diferencia estadística significativa entre los resultados de las variables respuesta, variedad Catimor y Caturra. Sin embargo, se observó que las unidades experimentales tratadas con 60 gramos de suelo micorrizado tuvieron un crecimiento promedio de altura 18,98 cm; diámetro 2,1 mm, área foliar 14,99 cm, peso de la parte aérea 7,05 gramos, peso de la raíz 1,21 gramos con la variable cualitativa aceptable. La dosis adecuada estimada mediante el modelo de regresión de crecimiento está entre 70 y 80 gramos por planta (Llanos, 2015).

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Café

Conocido como de café o cafeto es un arbusto que se desarrolla de manera natural en la región tropical de la tierra que pertenece a la familia de las rubiáceas. Abarca 500 géneros y 8.000 especies. Uno de esos géneros es el *Coffea*, que lo constituyen árboles, arbustos, y bejucos, y comprende unas 10 especies civilizadas, es decir, cultivadas por el hombre y 50 especies silvestres. Se destaca la *Coffea Arábica* L., la *Coffea Canephora* o Robusta y la *Coffea Ibérica*; cada una aporta diferentes matices, sabores y olores al café (Sosa & Jiménez, 2021).

2.2.1.1. Origen

Sosa & Jiménez (1991), menciona que el café procede de África de las montañas de Abisinia en Etiopía, pero son los árabes quienes implantan y difunden la costumbre de la bebida, ellos son pioneros en extraer los granos, tostarlos, molerlos y mezclarlos con agua caliente brindando un manejo al grano de café.

Alvarado (2012) los nativos africanos lo extendieron a Madagascar y Mozambique de ahí los holandeses y portugueses lo trasladaron a Ceylán y posteriormente a Java y la India.

Llanos (2015), menciona que desde Etiopía el café pasó a la Arabia luego al Yemen, donde se cultivó después intensamente, que fue introducido por el jeque Shéhab Eddin Dhabani, quien, conociendo su virtud de producir insomnio, se los dio a los sacerdotes mahometanos para que pudiesen elevar sus plegarias a Alá, sin ser vencidos por el sueño y luego pasó a Egipto, donde los comerciantes venecianos y los marselleses lo introdujeron en Europa donde una demanda Europea que iba en aumento progresivo y la producción africana no llegaba a cumplir la demanda. Al tener la necesidad los holandeses llevaron el cultivo de la planta a sus territorios de Oceanía a fines del siglo XVII, los ingleses a sus colonias y los franceses a sus islas del Caribe. Años más tarde en las zonas tropicales de América, el café encontró el medio óptimo para crecer y fructificar.

2.2.1.2. Taxonomía

La clasificación taxonómica de la planta del café *Coffea arábica*

L. (Capa, 2015) es:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Orden	: Rubiales
Familia	: Rubiaceae
Género	: <i>Coffea</i>
Especie	: <i>C. arábica</i> L.

2.2.1.3. Morfología

1. Raíz

Raven (1999), fundamenta que la raíz es el órgano fundamental por el cual la planta se ancla al suelo y absorbe, transporta el agua y los minerales esenciales para su crecimiento y la producción del café. Otras funciones que tiene la raíz también es la síntesis de algunas hormonas reguladoras del crecimiento como las citoquininas y el ácido giberélico, y en ocasiones, la síntesis de metabolitos secundarios (Arcila, 2013).

2. Yemas del tallo

Para cada nudo formado en el tallo se desarrollan dos axilas foliares opuestas y en cada una de las axilas que dan origen de 4 a 5 yemas en forma lineal de mayor a menor, por eso se les conoce como yemas laterales o axilares. La primera es de mayor edad que da origen únicamente a brotes que crecen

horizontalmente (ramas primarias), se forma un solo par de ramas primarias por nudo. La siguiente yema origina brotes o chupones, mientras que las otras yemas permanecen para formar flores y frutos caulinares ósea que crecen en el tallo (Arcila, 2013).

3. Yemas de la rama

Por cada nudo formado en las ramas se desarrollan 2 axilas foliares opuestas y en cada una de ellas se originan de 4 a 5 yemas ordenadas en forma lineal, de mayor a menor, razón por la cual se les denomina yemas laterales. Estas yemas son de edades uniformes y dan origen principalmente a flores, en la medida que las condiciones ambientales sean propicias. De cada yema se forman entre 4 y 6 flores y a este conjunto se le llama inflorescencia o glómérulo (Arcila, 2013).

4. Hoja

Son órganos donde se realizan procesos importantes como la fotosíntesis, la respiración y la transpiración (Arcila, 2013).

5. Flor

La flor de café se caracteriza por ser una flor completa y perfecta con dos estructuras estériles que son el cáliz, la corola y dos estructuras fértiles que son los carpelos ovario, estilo, estigma y los estambres Arcila (2004). La flor se une a la inflorescencia mediante el pedicelo, y por encima de éste se ubica el ovario, el cual es ínfero. Una vez que el ovario es

fecundado se desarrolla como una drupa globular u oval, que normalmente contiene dos semillas (Arcila, 2013).

6. Fruto

Según Chavarría (2021), la fruta del café es una drupa cabe mencionar que los tejidos externos en la madurez son separados por una capa mucilaginosa, del endocarpio, delgado, duro y coriáceo, llamado pergamino (Arcila, 2013).

2.2.1.4. Fisiología

1. Ciclo de vida

El cultivo de café es perenne cuyo ciclo de vida alcanza hasta 20 a 25 años dependiendo de las condiciones o sistema de cultivo. A medida que la planta se desarrolla esta comienza a producir frutos en ramas de un año de edad, continuando su producción durante varios años y alcanza su máxima productividad entre los 6 y 8 años de edad. Se denomina desarrollo reproductivo a la fase donde ocurre la formación y desarrollo de estructuras de reproducción como las flores y los frutos. Fase de senescencia o envejecimiento que trata de después de varios años de actividad, la planta envejece y entra en un proceso de deterioro (Chavarría, 2021).

2.2.1.5. Fenología

1. Fase de desarrollo vegetativo

Es el tiempo transcurrido desde la germinación hasta la primera floración consta desde el crecimiento vegetativo, la formación de nudos, hojas y la generación de nuevas raíces,

ocurre durante toda la vida de la planta y está intercalado con el crecimiento reproductivo.

El desarrollo vegetativo como la formación de raíces, ramas, nudos y hojas, comprende tres etapas: Germinación a trasplante (2 meses), Almacigo (5-6 meses), Siembra definitiva a primera floración (11 meses).

Hasta este momento se considera una etapa netamente vegetativa y de ahí en adelante, las fases de crecimiento vegetativo y reproductivo transcurren simultáneamente durante el resto de vida de la planta (Arcila, 2013).

2. Fase de desarrollo reproductivo

Esta fase inicia con la aparición de las primeras flores y este periodo puede estar influenciado por la duración del día (fotoperiodo), la época de siembra, la temperatura y la disponibilidad hídrica. Cuando por lo menos el 50% de las plantas hayan florecido se considera como primera floración. La fase reproductiva continúa luego con el desarrollo del fruto y la maduración (Sosa, 2018).

3. Superposición de las fases de desarrollo vegetativo y reproductivo

Se considera una etapa netamente vegetativa desde terminada la siembra hasta la primera floración, luego están las fases de desarrollo vegetativo y reproductivo que ocurren simultáneamente durante el resto de vida de la planta (Cenicafé, 2014).

4. Fase de senescencia

Después de su productividad máxima entre los 6 y los 8 años de edad esta disminuye a niveles de poca rentabilidad. Esta fase de envejecimiento o senescencia depende de la región donde se establece la plantación, la densidad de siembra, la intensidad de la producción, la disponibilidad de nutrimentos, la presencia de plagas y enfermedades entre otros. Los órganos de la planta completan su ciclo de vida en épocas y edades diferentes, por ejemplo, la hoja tiene una duración promedio de 350 días, una rama primaria dura varios años y una flor abierta dura tres días (Arcila, 2013).

2.2.1.6. Variedad Geisha

La variedad Geisha obtuvo gran acogida, en distintos mercados tanto nacional, así como mercados internacionales, todo esto gracias a sus características organolépticas siendo uno de los cafés de alta calidad. Por esta razón un grupo amplio de caficultores están invirtiendo en este cultivo por su alta demanda y gran acogida que este producto presenta (Cenicafé, 2014).

1. Origen

Variedad que nace al sur de Etiopía en la región de Geysa, donde toma ahí el nombre de la región y aún puede verse su crecimiento natural en zona. Las semillas de Geisha fueron llevadas primero a Kenia en 1936 luego a Tanzania, de ahí al país de Costa Rica en 1953 y años después llegó a Panamá.

Al llegar a los países latinoamericanos las semillas de Geisha encontraron condiciones óptimas en el trópico para su desarrollo, llegando así a las tasas de excelencia y volviéndose famosas (Granado, 2016).

2. Características

La variedad Geisha al ser de porte alto indica que se debe aplicar técnicas de podas. Alcanza el doble de altura que una planta caturra. La planta de Geisha está conformando por un eje central y varias ramas verticales basales que vienen de yemas que salen espontáneamente y muestran su aspecto vigoroso y las ramificaciones laterales abundantes (Granado, 2016).

Las hojas de una planta Geisha son oblongo-elípticas de color verde oscuro con flores normales y sus frutos grandes, son de una maduración tardía por eso se desarrollan mejor en regiones altas. Su producción es un 30% menos que una Caturra, es decir su producción es baja. Esta variedad también destaca por sus genes de resistencia a la Roya del cafeto (Granado, 2016).

3. La nota de Cata

Muchos catadores expertos tras realizar la catación del café Geisha determinan que es Ligero, con poco cuerpo y suave, aromas florales y notas cítricas muy definidas. Entre otras cosas podemos encontrar mandarina, nueces, bergamota, jengibre, mora, mango maduro, y canela. También presenta aromas a jazmín. En pocas palabras este café es elegante, delicado y muy, muy perfumado. En la actualidad también se le conoce como el Chapan del Café (Granado, 2016).

4. Precio

Este café de excelencia, cada vez tiene más demanda y tiene un precio elevado gracias a la calidad de taza que brinda este café.

Los principales mercados son Asia, Japón, Taiwán, Corea, EEUU y Australia. En Panamá se celebra las subastas electrónicas con el nombre de The Best of Panamá dos veces al año donde llegaron a pagar precios astronómicos en hasta 350,25 dólares por libra, Saza Cofee (Japón) y Haya Gourmet (Taiwán) fueron los compradores (Granado, 2016).

2.2.1.7. Condiciones agroclimáticas

1. Suelo

El café requiere suelos profundos, con buen drenaje, que no sea demasiado ligero ni demasiado pesado. Los suelos volcánicos son los más ideales. Este cultivo requiere suelos ácidos de pH entre 4.2- 5,1 (Cenicafé, 2005).

2. Altitud

Es un factor que incide sobre los factores de temperatura y precipitación. La altitud adecuada para el cultivo de café se encuentra entre los 500 y 1,700 msnm. Por encima de este nivel altitudinal se presentan limitaciones en el desarrollo adecuado de la planta de café (Cenicafé, 2005).

3. Precipitación

La precipitación adecuada es mayor a 1,000mm (para evitar defoliación y muerte de la planta por sequías) y menor a

3.000mm anuales, para mantener una calidad física del café oro y la calidad de taza (Cenicafé, 2005).

4. Temperatura

La temperatura promedio anual favorable para el cafeto se encuentra entre los 17 a 23 °C. Las temperaturas menores a 10 °C, causan clorosis y paralización del crecimiento de las hojas jóvenes (Cenicafé, 2005).

5. Humedad relativa

La humedad relativa debe ser inferior al 85%, ya que si se supera este porcentaje se crea humedad adecuada para el ataque de enfermedades fungosas (Cenicafé, 2005).

6. Viento

Se recomienda escoger terrenos que estén protegidos del viento, o establecer rompe vientos para evitar la acción de éste (Cenicafé, 2005).

2.2.2. Vivero

2.2.2.1. Semilla

Según ICAFE el 2011 comenta que se debe seleccionar una semilla de buena calidad, menciona también que 1 kilogramo contiene más de 3000 semillas de café. Es necesaria la semilla lo antes posible, ya que si se almacena el material este sufre deterioro rápidamente. Inicie el semillero unas 8 semanas antes de trasplantar al almacigo (Icafé, 2011).

2.2.2.2. Germinador

Aquí se inicia el desarrollo de los órganos vegetativos, que incluyen la raíz, el tallo y las hojas, los cuales serán el soporte de los

órganos reproductivos. Un buen comienzo en el germinador mantendrá al máximo el potencial de crecimiento en las etapas siguientes del cultivo. El germinador permite obtener plántulas sanas y bien formadas, lo que garantizara el establecimiento de un buen almácigo (Gaitán et al., 2011)

Se recomienda realizarlo 8 meses antes de la fecha de siembra, lo puede construir con material de la zona, es mejor construirlo elevado del suelo, y debe conseguir arena y los demás materiales para establecer el sustrato para la siembra de la semilla. En un cajón que tenga 1m. x 1m. puede germinar 1 kilogramo de semilla, que viene a ser 3.000 chapolas. Para evitar el volcamiento por mal del tallito, antes de la siembra se debe aplicar un fungicida sobre la arena. Se debe humedecer la arena y esparcir la semilla en el área, con ayuda del dedo presionar la semilla y posteriormente se cubre con arena tratada a un 1cm de espesor. El germinador siempre debe mantenerse húmedo. Cuando salgan los primeros fosforitos se debe ir quitando los costales, a medida que salgan los demás se quita por completo la cobertura. Para la selección de chapolas se debe analizar que estén bien formadas y tengan la raíz completa y vigorosa. El tiempo desde la siembra hasta la obtención de la chapola es de 2 meses aproximadamente (Gaitán et al., 2011).

2.2.2.3. Almácigos en bolsa

El desarrollo de almácigos de café en bolsa es una técnica para producir plantas en menor tiempo y con características que le permiten adaptarse mejor al estrés asociado al trasplante en el campo, principales aspectos a considerar (Icafé, 2011).

1. Tamaño de bolsa

Según (Heredia & Barva, 2011) el tamaño de la bolsa debe estar en función del clima de la zona y de la duración de la planta en el vivero. Se recomienda utilizar bolsas de 17,0 x 23,0 cm, con una capacidad aproximada de 2,0 kg de suelo, para almácigos que se establecerán de entre 3 meses a más. Para almácigos menores a 3 meses se recomienda emplear bolsas de 13,0 x 17,0 cm, con capacidad de 1,0 kg. (Cenicafé, 2015).

2. Preparación de sustrato

Recomienda para almácigo emplear una mezcla de suelo más abono orgánico, en proporción de 2:1 ó de 3:1 de suelo y pulpa descompuesta (Cenicafé, 2015).

Suelo

El tipo de suelo a usar en almácigos es el suelo franco arenoso o franco. Los suelos francos tienen las características físicas deseables de las arcillas y las arenas sin mostrar las propiedades indeseables de soltura extrema, baja fertilidad, y baja retención de humedad por un lado, y adherencia, compactación, drenaje y movimiento lento del aire (Alvarado & Solano, 2012).

Sustratos orgánicos

Una gran proporción de microporos para mejorar la retención de humedad, buena textura la cual resista a la compactación, capacidad de intercambio catiónico relativamente alta que ayude a retener los nutrientes, su densidad debe ser liviano para facilitar el transporte y el manipuleo.

Las cantidades de materia orgánica a utilizar pueden oscilar de 20 a 50 % del volumen de la bolsa para muchos cultivos. Deben ser escogidos preferentemente, materiales ricos en celulosas más resistentes y compuestos de ligninas (maderas y fibras vegetales) que aquellos altos en proteínas, aminoácidos, y otros componentes nitrogenados (estiércoles). Aunque son una fuente importante de nutrientes para las plantas no debe ser escogida solo en base a ese criterio, sino más bien buscar su función primaria de la materia orgánica que es mejorar la estructura del suelo (Alvarado & Solano, 2012).

Compost de pulpa de café

La pulpa (epicarpio y mesocarpio) del fruto del café se constituye en un desecho abundante y problemático. Se acumula en masas húmedas, difíciles de airear y secar. Para realizar compost es preferible usar materiales de la cosecha del año anterior, que ya se ha estabilizado y descompuesto. Para manejar el contenido alto de humedad, se debe permitir que drene, y luego es mezclada con material seco y estiércol.

La broza o pulpa de café es rica en nutrientes y materia orgánica (Alvarado & Solano, 2012).

2.2.3. Micorriza

2.2.3.1. Hongo

Los hongos no pueden producir sus propios alimentos por tal motivo estos deben adquirirlos de otras plantas, a través de simbiosis, como también causándoles enfermedades o perjuicios (Ruiz et al., 2011).

1. Hongo Micorríticos

Los hongos micorríticos colonizan las raíces de las plantas, formando así extensos hilos fungosos en forma de raíz, llamados hifas. Estas, penetran el suelo, aumentando el área de la superficie de absorción. Muchos investigadores concuerdan que estos hongos se desarrollan en su mayoría en suelos ácidos. Las micorrizas requieren mayor humedad, para su proliferación. Se ha comprobado que las micorrizas se desarrollan inversamente con la fertilidad del suelo. Las micorrizas se encuentran normalmente en suelos que tienen deficiencia en uno o más minerales. Asimismo, indica que la presencia de ciertos aminoácidos y vitaminas son factores que influyen en la distribución y actividades de los hongos micorrizales (Ruiz et al., 2011).

La micorriza como una estructura que resulta de la asociación simbiótica de hongos específicos con las raíces, esta asociación transforma profundamente la biología de las raíces de la planta, se encuentra constantemente en suelos forestales (Ruiz et al., 2011).

2. Formación de las micorrizas

Las micorrizas empiezan a infectar a la planta en la primavera cuando empieza el crecimiento de la planta. El inóculo consta de elementos activos como esporas, raíces micorrizadas trozadas, micelio en el suelo y ocasionalmente rizomorfos. Son las raíces largas quienes son infectadas primero y las raíces alimenticias cortas se infectan antes que emerjan del córtex. El número de raíces cortas infectadas tiende a ser casi el doble en comparación con las raíces cortas de plantas no infectadas. El desarrollo radicular está relacionado a la presencia o

deficiencia de Nitrógeno, Fósforo y Potasio. Así las plantas en suelo fértil normalmente tienen pocas micorrizas que aquellas en suelos infértiles. El desarrollo de las micorrizas se reduce con la poca cantidad de luz, *Conococcum graniforme* es la más tolerante de las especies que ocurren comúnmente. El pH que favorece a estos hongos está entre 4,0- 5,5. Distintos hongos forman micorrizas a diferentes temperaturas y sin la exigencia de una temperatura óptima. Los suelos demasiado secos y húmedos son dañinos para las micorrizas; *C. graniforme* es favorable a diferencia de otros hongos en suelos secos (Ruiz et al., 2011)

3. Simbiosis Micorrizal

Específica a la simbiosis como un sistema de absorción el cual se extiende a través del suelo y es capaz de proporcionar nutrientes principales como nitrógeno, fósforo y agua a la planta, además de proteger a las raíces contra algunas enfermedades. El hongo recibe de la planta azúcares que provienen de la fotosíntesis (Ruiz et al., 2011) Por otro lado, (Camarena, 2012), explica que la asociación micorrizal es uno de los factores que contribuyen en el crecimiento y desarrollo del género *Pinus* y otras especies forestales. Las micorrizas son de suma importancia para la nutrición mineral, crecimiento y sobrevivencia de las plantas.

4. Clases de micorrizas

La clasificación actual de las micorrizas fue propuesta por Harley y Smith en 1983, y refrendada por Read y Pérez el 2003. Se reconoce siete diferentes tipos de micorriza, caracterizándolos por su

estructura, el grupo taxonómico del hongo o la planta involucrada y las alteraciones morfológicas que suelen experimentar las partes en el desarrollo de la nueva estructura.

4.1. Ectomicorrizas

De acuerdo con (Koltai, H., & Kapulnik, 2010) Ectomicorriza se trata de la interacción entre las hifas de un hongo, cuando estas penetran las raíces secundarias de la planta para desarrollarse, rodeando las células de la corteza radical, y se forma una trama intercelular a la que se denomina red de Hartig, también forman también una capa de micelio (conjunto de hifas que constituyen el cuerpo o talo del hongo) en la parte exterior de la raíz, a la cual se le llama manto.

Se ha estimado que 3% de las especies de plantas vasculares del planeta forman esta interacción, considerando principalmente a todas las Pinaceae, Betulaceae y Fagaceae, así como especies de Rosaceae, Salicaceae, Tiliaceae, Leguminosae y Juglandaceae. Los hongos que actúan en estas relaciones son principalmente integrantes del grupo Basidiomycotina (Koltai, H., & Kapulnik, 2010).

4.2. Endomicorrizas

Es un subtipo de micorriza que se describió hace más de 100 años, en este tipo de micorriza también se observa que el hongo penetra las células radicales y forma estructuras (Andrade, 2010).

4.3. Micorrizas Arbusculares

Estas micorrizas son el tipo más común de micorrizas y presentan una gran diversidad de plantas hospedantes. El nombre arbuscular es derivado de sus estructuras características, los arbusculos, que ocurren dentro de las células corticales de muchas raíces de plantas, también colonizan micotalos. Esta simbiosis es antigua.

Las hifas y arbusculos de micorrizas arbusculares en fósiles de *Aglaophyton*, esta evidencia estableció la existencia de la simbiosis de HMA a inicios del Devoniano. Además trabajos moleculares basados en la divergencia de secuencia de nucleótidos de 18DNAsr sugiere que los glomales surgieron aproximadamente hace 350-460 millones de años y que la simbiosis sirvió de instrumento a las plantas para la colonización exitosa del suelo (Arévalo, 2016).

Estos hongos han sido recientemente clasificados en una división separada (*Glomerycota*) en base a secuencias de DNA. Los HMA, son los más ubicuos en los suelos agrícolas, representando de 9 – 55 % de biomasa total de microorganismos del suelo (Derkowska et al., 2015). Una micorriza arbuscular tiene tres componentes principales: la raíz, las estructuras fungosas dentro y fuera de las células de la raíz y un micelio extraradical en el suelo. Forman estructuras internas 7 como: hifas intracelulares tipo bomba, hifa intercelular, hifa intracelular con numerosas ramificaciones y las hifas inter o intracelulares hipertrofiadas.

Según Seguel, (2014), uno de los mayores enfoques en la investigación de HMA ha sido su relación con la disponibilidad y reservas de fósforo en el suelo. Los efectos en el crecimiento de plantas debido al alivio de estrés por este elemento, es una de las respuestas más conocidas de las micorrizas. Además, algunas plantas inoculadas con micorrizas pueden presentar mayores concentraciones de fósforo en las hojas que las no colonizadas. Es importante considerar que, a medida que el contenido del fósforo en el suelo se incrementa, el efecto de crecimiento en las plantas micorrizadas declina. De acuerdo con Rhodes & Gerdenman, 1978, referenciado por Arévalo el 2012, indica que, el micelio externo en la simbiosis de HMA también juega un rol directo en la toma y translocación de nitrógeno debido a una mayor área de exploración. Los HMA pueden incrementar el poder de absorción de sulfatos de las raíces, pero probablemente es producto de un efecto secundario debido a una mejor nutrición del fósforo.

5. Ectendomicorrizas

Este tipo de micorriza es muy especial, ya que presenta características de las Ectomicorrizas (red de Hartig y manto), pero al mismo tiempo presenta un cierto grado de penetración intracelular, como en las Endomicorrizas. En algunas ocasiones no se forma el manto, pero siempre se forma la red de Hartig. Esta interacción se presenta frecuentemente entre hongos de los grupos Ascomycotina y Basidiomycotina, y plantas coníferas del género *Pinus*, *W. rehmi* y

Wilcoxina mikolae son las dos especies de hongos asociados mejor caracterizadas por Peterson y Farquhar en 1994, reportado por (Andrade, 2010).

6. Clasificación de micorrizas en el Perú

Las micorrizas en bosques tropicales tienen una larga historia, en un artículo escrito por Janse (1896) fue publicado once años después que el artículo de Frank (1885) referenciados en Ruiz et al., (2011), quien acuñó la palabra ‘micorriza’. Este trabajo contiene no solamente algunas de las primeras descripciones exactas de micorrizas arbusculares, orquidáceas y ericoides, sino también descripciones detalladas de plantas mico heterotróficas orquidáceas y no orquidáceas. Aun en los tiempos de Janse fue aparente la presencia de muchas y variadas interacciones micorrícicas de especies coexistentes, pero filogenéticamente distantes, de bosques tropicales (Ruiz et al., 2011).

Resulta importante también considerar que en la Amazonía peruana alrededor del 65% de los suelos están clasificados como ultisoles, los que se caracterizan por ser extremadamente ácidos y deficientes en fósforo disponible. Es precisamente en estos suelos donde los hongos de micorriza arbuscular abundan y tienen un rol relevante, ya que muchas especies de plantas dependen de estos hongos para tomar en forma eficiente el fósforo del suelo y sobrevivir (Ruiz et al., 2011).

7. Función de las micorrizas

Es el micelio de los hongos el que desempeña un papel muy importante en la nutrición de las plantas al micorrizar. Se explica que

el micelio, al ocupar mayor volumen del suelo permite a las raíces micorrizadas competir con mayor ventaja por los nutrientes del suelo, en comparación con los otros microorganismos. Se ha comprobado que los hongos Micorrízicos tienen la capacidad de actuar como controlador biológico, ya que producen un antibiótico antibacteriano natural llamado "diatreyna de poliacetileno" para el control de los hongos que producen la enfermedad conocida como "Damping off" o Chupadera fungosa en almácigos y en plantas repicadas (Vergara, 2004).

8. Beneficios de las micorrizas

Según IDEMA en 1999 hace referencia que el incremento notable en la superficie de absorción de los pelos radiculares más la que se produce por la cobertura producida por el hongo.

Mejoramiento de la absorción iónica y acumulación más eficiente y selectiva, especialmente en el caso del fósforo. Solubilizarían de minerales que se encuentran en el suelo, facilitando su absorción por las raíces de las plantas.

Incremento de la vida útil de las raíces absorbentes; las raíces micorrizadas persisten durante mayor tiempo que las raíces no micorrizadas.

Resistencia de raíces a infecciones causadas por hongos patógenos, tales como *Phytophthora* spp. *Pythium* spp., *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia*, especialmente en coníferas en época de lluvia.

Incremento de la tolerancia del árbol a las toxinas del suelo (orgánica e inorgánica), con valores extremos de acidez del suelo y mayor resistencia a las sequías (Vergara, 2004)

9. Técnicas de inoculación de micorrizas

Vergara, (2004) describen las siguientes técnicas:

Inóculo suelo. - Este tipo de inóculo está constituido por suelo o humus colectado de plantaciones establecidas con plantas hospederas de estos hongos Ectomicorríticos y fragmento de raíces infestadas por estos simbiontes. Este método es preferido especialmente en los trópicos, porque es de fácil aplicación (Vergara, 2004).

Inóculo con esporas. - Esporóforos o esporas de varios hongos Ectomicorríticos que se usan como inóculo para formar ectomicorrizas en plantas de especies forestales. Este tipo de inóculo está constituido por basidiósporas de hongos, ya que la matriz vegetativa del esporóforo pierde la viabilidad durante el proceso de secado. Los hongos Ectomicorríticos, tales como *Sclerodenna*, *Rhizopogon* y *Pisolithus* (Vergara, 2004).

Inóculo Vegetativo. - El inóculo vegetativo está constituido por micelio de hongos Ectomicorríticos, este tipo de inoculo ha sido recomendado por varios autores. Lamentablemente muchas especies de hongos ectomicorrizal son difíciles de cultivar en medios artificiales. Se considera a este tipo de micorrización como el más eficiente, selectivo, y seguro para la obtención de plántulas de pino robustas, sanas y resistentes a condiciones adversas en el menor tiempo posible en vivero (Vergara, 2004).

El método tiene mayor aplicación cuando se practica siembra directa, es comúnmente usada en algunos viveros de la Sierra del Perú.

Loroña (1992), recomienda realizar la inoculación del hongo en el momento del trasplante puesto que es el momento apropiado para que la micorriza incremente la capacidad radicular de la plántula y la absorción de nutrientes (Vergara, 2004).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Simbiosis

Según la RAE, simbiosis es la asociación de individuos animales o vegetales de diferentes especies, sobre todo si los simbiosites sacan provecho de la vida en común.

2.3.2. Micorriza

Es el resultado de una historia evolutiva, se caracteriza por poseer una interacción en la que las hifas de al menos una especie de hongo y las raíces secundarias de una o más plantas conforman una estructura (Simbiosis) a través de la cual se realiza un intercambio de agua, nutrimentos y reguladores del crecimiento.

2.3.3. Micorrización

Es el establecimiento de simbiosis entre el hongo y el hospedero.

2.3.4. Variedad Geisha

Variedad que nace en el sur de Etiopia, en la región de Geisha. Adaptada a condiciones tropicales, esta planta es de porte alto y tolerante a la roya amarilla del café, es de producción media y de taza de excelencia.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La aplicación de micorrizas influirá significativamente en el desarrollo vegetativo de la planta del café (*Coffea arabica* L.) variedad Geisha en vivero.

2.4.2. Hipótesis específica

- ✓ La aplicación de micorrizas influirá positivamente en el desarrollo vegetativo de la planta del café (*Coffea arabica* L.) variedad Geisha en vivero.
- ✓ La aplicación de micorrizas influirá positivamente en el desarrollo radicular de la planta del café (*Coffea arabica* L.) variedad Geisha en vivero.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

Micorrizas.

2.5.2. Variable dependiente

Desarrollo vegetativo y radicular de las plantas.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Variable	Dimensiones	Indicador
Variable Independiente Micorriza	Absorción	<ul style="list-style-type: none"> • 5 gr. • 10 gr. • 15 gr.
Variable Dependiente Desarrollo vegetativo de las plantas	Altura de planta	Crecimiento de la altura de planta (cm.)
	Ancho de hoja	Crecimiento del ancho de hoja (cm.)
	Longitud de hojas	Crecimiento de longitud de hojas (cm.)
	Longitud de raíz	Crecimiento del tamaño de raíz (cm.)
	Diámetro de tallo	Formación del grosor de tallo (mm.)
	Peso fresco de la raíz	Peso fresco (gr.)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación aplicada – experimental.

3.2. Nivel de investigación

La presente investigación es de nivel experimental, observacional, descripción y explicación de los fenómenos que se producen durante el proceso de investigación, se utilizó micorriza y se evaluó el efecto en el desarrollo vegetativo y radicular de plantas de café de la variedad Geisha a nivel de vivero.

3.3. Método de investigación

El experimento dentro de los métodos inductivo – deductivo, resulta el más complejo, sin embargo, para profundizar la información que se recoge, es necesario complementarlo con el método del nivel teórico de análisis – síntesis. En la presente investigación se utilizó como instrumento de recolección de los datos la observación considerando que se debe investigar el efecto de la micorriza en el comportamiento del café variedad Geisha a nivel de vivero. El procedimiento y análisis de datos obtenidos durante el desarrollo del

experimento, se realizó mediante el análisis de variancia y la prueba de Tukey, la muestra fue 6 plantas por unidad experimental, haciendo un total de 72 plantas por muestreo en los cuatro tratamientos del experimento, estaría de una población de 360 plantas.

3.4. Diseño de investigación

3.4.1. Diseño experimental

El diseño experimental que se empleó la investigación es el diseño completamente al azar (DCA), con cuatro tratamientos y la prueba de Duncan.

Modelo Matemático

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

U: Media poblacional

T_i: Efecto aleatorio del i-esimo tratamiento

E_{ij}: Error experimental

3.4.2. Análisis de Varianza

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{cal}	F _{tab}		Sig
					0.05	0.01	
Tratamientos	3						
Error	8						
Total	11						
S =		\bar{x} =		C.V.=			

- ✓ Considerando cuando el F calculado es mayor que la F de la tabla al 5% de significación del ANVA es significativo.
- ✓ Considerando cuando el F calculado es mayor que la F de la tabla al 1% de significación del ANVA es altamente significativo y cuando la F calculada es menor que la F de la tabla al 5% no hay significación estadística.

3.5. Población y muestra

Población: La población en estudio estuvo conformada de 360 plantas de café variedad Geisha.

Muestra: La muestra fue 6 plantas por unidad experimental haciendo un total de 72 plantas por muestra del experimento, extraída de la población de plantas del cafeto en vivero.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La presente investigación comprende un estudio prospectivo, y para la recolección de los datos se empleó la técnica de la observación y el instrumento a empleado fue la ficha de colección de datos.

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

El presente trabajo de investigación se ejecutó con la finalidad de optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo, por lo que, la validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación se realizó mediante una revisión bibliográfica con la finalidad de elaborar los instrumentos de evaluación de las variables consideradas en la presente investigación. Los resultados obtenidos nos permiten dar respuesta a la hipótesis planteada y determinar el efecto de las micorrizas en plantas de café de la variedad Geisha a nivel de vivero.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El procesamiento y análisis de los datos obtenidos durante la ejecución de la investigación, se realizó mediante el análisis de varianza y los estadígrafos como la media, la varianza, la desviación estándar y el coeficiente de variabilidad que permiten el análisis cuantitativo de los datos obtenidos e inferir en la población.

3.9. Tratamiento estadístico

El procesamiento y análisis de datos obtenidos durante el desarrollo del trabajo de investigación se realizó con el Software estadístico Infostat, permitiéndonos estimar la media, varianza, desviación estándar y el coeficiente de variabilidad de la población y se realizó la prueba de Tukey.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

El presente trabajo de investigación, se ejecutó en el anexo Yezu en el distrito de Villa Rica perteneciente al fundo Santa Anita, en la provincia de Oxapampa en la región Pasco, con la finalidad de determinar los efectos que produce la aplicación de micorrizas en el desarrollo vegetativo y radicular de la planta de café (*Coffea arábica* L.) variedad Geisha en vivero, e informar a la sociedad los resultados de la investigación que permita beneficiar en el ámbito económico y ambiental. Consideramos que los resultados se debe transmitir la información a la sociedad con una conducta responsable en la investigación y la originalidad.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación, se ejecutó en el anexo Yezu en el distrito de Villa Rica perteneciente al fundo Santa Anita, en la provincia de Oxapampa en la región Pasco.

A. Ubicación política y geográfica

Región	: Pasco
Provincia	: Oxapampa
Distrito	: Villa Rica
Anexo	: Yezu
Lugar	: Fundo Santa Anita
Coordenadas	: -10.709159, -75.250844
Altitud	: 1606.76 msnm.

Figura 1:

Mapa Satelital del vivero en el Anexo Yezu – Villa Rica.



4.1.2. Materiales y equipos

Materiales de campo

- ✓ Tablero de campo
- ✓ Fichas de evaluación
- ✓ Vernier
- ✓ Machete
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Balde

4.1.3. Materiales de escritorio

- ✓ Cuaderno de campo
- ✓ Lápiz
- ✓ Lapicero
- ✓ Plumones
- ✓ Resaltador
- ✓ Plumón indeleble
- ✓ Cartulina cartón
- ✓ Memoria USB

✓ Etiquetas

✓ Letreros

4.1.4. Equipos

✓ Laptop

✓ Impresora

✓ Cámara digital

✓ Balanza gramera

4.1.5. Material biológico

✓ Plantas de café (*Coffea arábica* L.), variedad Geisha

✓ Micorrizas (BIOMICORRIZICO)

4.1.6. Descripción de los tratamientos

N° de Tratamiento	Descripción de la conformación de los tratamientos.
1	T1 Testigo
2	T2 5 g de micorriza
3	T3 10 g de micorriza
4	T4 15 g de micorriza

4.1.7. Croquis en el vivero del material experimenta

Figura 2:

Distribución de los tratamientos con micorriza en la variedad Geisha en el vivero del fundo Santa Anita.



4.1.8. Evaluación de las variables

La evaluación de las variables dependientes se realizó a los 93 días después del repicado de las plantas de café de la variedad Geisha, se extrajo una muestra de 6 plantas por cada tratamiento para evaluar los indicadores:

- A. **Altura de planta:** Se midió con ayuda de una cinta métrica desde la base del tallo hasta la punta de la hoja.
- B. **Número de hojas:** Se realizó el conteo de hojas verdaderas.
- C. **Ancho de hoja:** Se midió el ancho de la hoja (margen).
- D. **Longitud de hoja:** Con ayuda de un Vernier se midió desde el inicio del peciolo hasta el ápice.
- E. **Grosor de tallo:** Se realizó con la ayuda de un vernier.
- F. **Longitud de raíz:** Se extrajo la planta de la bolsa, se lavó la raíz y midió con una cinta métrica, estirando la raíz.
- G. **Peso fresco de la raíz:** Con ayuda de una balanza gramera se pesó la muestra extraída previamente lavada con agua.

4.1.9. Procedimiento y conducción del experimento

El procedimiento que se empleó para alcanzar los objetivos del proyecto:

- a. **Elección del área del vivero:** Se eligió un lugar plano (con 0 o menos 5 grados de pendiente), cerca de una afluencia de agua, con más de 8 horas de sol. Ubicado en el anexo Entre Ríos, parcela perteneciente al sr. Luis Rivas Orderes (Fundo Santa Anita).
- b. **Construcción del vivero:** El área del vivero fue de 4.50 m x 4.50 m. haciendo un área de 20.25 m², el cual albergo 360 bolsas de café y un germinador de 0.70m x 0.70m. Se utilizaron 6 postes de 2.50m (2m de altura sobre el suelo y se enterró 0.50m) que sirvieron como soporte del vivero; se extendió alambre por encima de los postes realizando el armazón con la finalidad de sostener a la malla rashell con 80% de sombra, en el techo y costados del vivero para de esta manera proteger los plántones de los rayos solares muy fuertes u otros que causen daño.
- c. **Preparación del sustrato:** Se usó 0.4044 m³ de tierra negra de la parcela del agricultor, y 0.1344 m³ de compost de pulpa de café, los cuales pasaron por un proceso de zarandeo. El sustrato se preparó con el sistema 3:1, que quiere decir 3 partes de tierra negra y 1 parte de compost de pulpa de café, para la obtención de 360 bolsas de 15cm x 19cm.
- d. **Embolsado:** Una vez combinados los sustratos se procedió al embolsado en bolsas de polietileno de 15cm x 19cm, con ayuda de una varita de madera se relleno bien las bolsas y de forma uniforme, evitando los mal llamados cuellos de bolsa. Las camas se ordenaron según el diseño DCA con 4 tratamientos y 3 repeticiones, cada repetición conformada por 30 bolsas (5

ud x 6 ud) haciendo un total de 360 bolsas manejando el mismo sustrato para todos.

- e. **Preparación de la semilla:** Se recolecto la semilla del mismo campo del agricultor, variedad Geisha; con un porcentaje de humedad de 35% , por último, se seleccionaron los granos uniformes y grandes.
- f. **Preparación del germinador:** Se utilizaron 4 planchas de madera de 0.25m x 0.70m formando un cuadrado, uniendo las esquinas con ayuda de clavos de 2", que sirvió como soporte para el sustrato. Luego se pasó a establecer este material en el vivero al cual se le añadió arena lavada hasta los 20cm de altura.
- g. **Siembra de semillas:** Se sembró las semillas al voleo en el germinador sobre la arena manteniendo un distanciamiento de 1cm entre semillas, luego se cubrió las semillas con aproximadamente ½ cm de arena, cubriendo con un costal de yute toda el área del germinador y por último se efectuó el riego, manteniendo toda el área húmeda, para lograr imbibición de agua por parte de la semilla.
- h. **Riego del germinador:** El riego se realizó cada día, según requerimiento.
- i. **Selección de mariposas y repique:** Cuando las plantas de café estuvieron en estado de mariposa (3 meses después de la siembra), se seleccionaron las plantas más vigorosas y sanas, pasando a repicar a las bolsas. Con la ayuda de una varilla de madera se realizó un hoyo en el centro de cada bolsa de polietileno con el sustrato, a donde se repicaron las plantas de café en estado de mariposa (sin realizar el corte de raíz), posteriormente se cubrió con sustrato hasta la altura del cuello de la planta.

- j. **Mantenimiento del vivero:** Esta práctica se realizó cada 15 días y según requerimiento, tales como desmalezamiento y riego.
- k. **Preparación e incorporación de los tratamientos:** Con ayuda de una balanza gramera se pesaron los tratamientos, T1: Testigo, T2: 5g de micorrizas, T3: 10 g de micorrizas y T4: 15g de micorrizas, las cuales se aplicaron en el momento del repique y cada 15 días por 3 meses, haciendo un total de 7 aplicaciones. La inoculación después del repique se realizó de forma directa, con ayuda de una varilla se realizaron hoyos de forma vertical (con 7cm de profundidad), alrededor de la plántula, donde se aplicaron las micorrizas y se cubrió con sustrato.
- l. **Evaluación de indicadores agronómicos:** Los indicadores fueron medidos con ayuda de un vernier al tercer mes después del repique.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Altura de planta

La Tabla 1 y la Figura 3 muestran el Análisis de Varianza y la Prueba de Duncan ($p < 0.05$) respectivamente, para la altura de planta (cm) de C. arábica L. variedad Geisha, evaluados a los 93 DDI en condiciones de vivero.

Tabla 1:

Análisis de varianza para la altura de planta (cm) en la variedad de café Geisha., evaluados a los 93 DDI en condiciones de vivero.

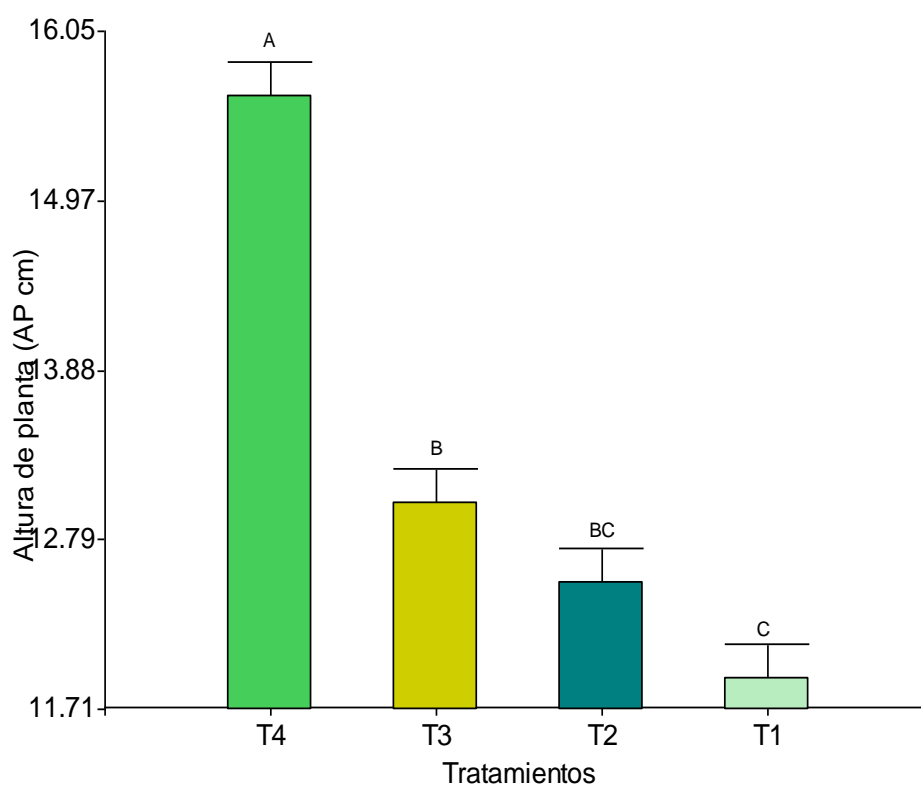
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F_{cal}	F_{tab}		Sig
					0.05	0.01	
Tratamientos	3	24.27	8.09	10.36	3.84	7.01	**
Error	8	6.25	0.78				
Total	11	30.52					
$S = 0.37$			$\bar{x} = 13.28$			$C.V. = 6.66\%$	

La Tabla 4 y la Figura 25 muestran el Análisis de Varianza y la Prueba de Tukey (p

El análisis de varianza (Tabla 1) para altura de planta (cm) en *C. arábica* L. variedad Geisha, indica que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, mostrando una media de 13.28 cm con un Coeficiente de variabilidad (C.V) de 6.66% resultados que se encuentran dentro del rango de dispersión aceptable para trabajos desarrollados en vivero.

Figura 3:

Prueba de Duncan ($p < 0.05$), para la altura de planta (cm) en *Coffea arábica* L. en la variedad Geisha, evaluados a los 93 DDI en condiciones de vivero.



El análisis de comparación de medias de Duncan ($p < 0.05$), (Figura 3) correspondiente al índice morfológico, altura de planta, muestra que el T4 (15 g de micorriza) y el T3 (10 g de micorriza), obtuvieron la mayor altura de planta con 15.64 cm y 13.03 cm respectivamente; seguido del T2 (5 g de micorriza) con 12.52 cm de altura. Todos los tratamientos inoculados con micorriza, presentaron

mayor altura de planta que el testigo T1 (sin inoculación) con 11.91 cm de altura. Los resultados obtenidos muestran que la inoculación con micorriza tiene un potencial benéfico, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de las plántulas de café variedad Geisha en condiciones de vivero, se realizaron 7 aplicaciones cada 15 días durante tres meses del inoculante Biomicorrizico (*Boletus* sp.). A diferencia de Sánchez, (2017) que, obtuvo resultados en la variable altura de planta con 7.80 cm en la variedad Caturra inoculando con micorriza en plantas clonales en comparación al testigo sin inocular que fue 6.45 cm de altura de planta. Siendo nuestros resultados superiores en la variable altura de planta, bajo las condiciones de Villa Rica.

Según la prueba estadística de Duncan, se muestran 2 categorías, la categoría (A) conformada por el tratamiento T4 y la categoría (B) conformado por los tratamientos T3, T2 y T1. La presencia de 2 categorías nos indica que, existe diferencia estadística entre los promedios, altura de planta a los 93 DDI.

4.2.2. Ancho de la hoja

Tabla 2:

Análisis de varianza para ancho de la hoja (cm) en la variedad Geisha, evaluados a los 93 DDI en condiciones de vivero.

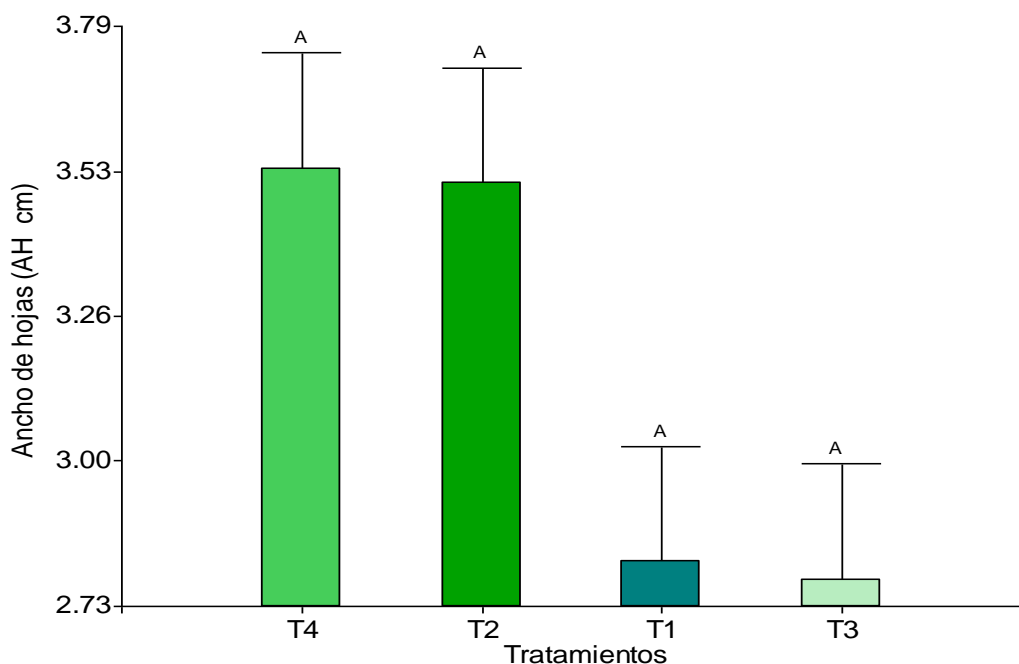
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{cal}	F _{tab}		Sig
					0.05	0.01	
Tratamientos	3	1.57	0.52	4.36	3.84	7.01	*
Error	8	0.96	0.12				
Total	11	2.53					
S = 0.36		$\bar{x} = 3.16$		C.V.= 10.98%			

El análisis de varianza (Tabla 2) para ancho de hoja (cm) en *C. arábica* L. variedad Geisha, indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos, mostrando una media de 3.16 cm con un Coeficiente de

Variabilidad (C.V) de 10.98% resultados que se encuentran dentro del rango de dispersión aceptable para trabajos desarrollados en vivero según Benza (1982). El ancho de las hojas de la variedad Geisha fue evaluado después de 93 días de repicado las plantas y realizado las 7 inoculaciones en el suelo con micorriza cuyos resultados muestra el cuadro 2. En el análisis de varianza del ancho de hojas existe diferencias estadísticas significativas de la fuente de tratamiento, debido a las diferentes concentraciones utilizadas de micorriza. Reyes (2020) indica que, en sus resultados que el ancho de la hoja es una variable discreta, depende del factor genético de la variedad de café y no del hongo simbiote que ayuda a las plantas en la absorción de nutrientes.

Figura 4:

Prueba de Duncan ($p < 0.05$), para el ancho de hoja (cm) en *Coffea arábica* L. en la variedad Geisha, evaluados a los 93 DDI en condiciones de vivero.



Al realizar la prueba de comparación de promedios de ancho de la hoja de la variedad

Geisha en la figura 4, se encontró diferencias entre los tratamientos en estudio. El tratamiento T4 inoculadas con 15 gramos con 7 aplicaciones al suelo alcanzo un ancho de hoja de 3.53 cm, seguidos de los tratamientos T3 y T2 con promedios de 3.51 y 2.81 cm, estos resultados estadísticamente no son significativos, sin embargo, son significativamente mayor que las micorrizadas con 15 gramos y sin inoculación o testigo que sólo alcanzó 2.78 cm. La simbiosis micorrítica en las plantas está determinado por el micelio externo del hongo, ya que el simbiote tiene mayor capacidad de absorción de los nutrientes del suelo mediante la extensa red de hifas que penetra en sitios donde el sistema radicular no llega, de este modo, la actividad del micelio contribuye en la función de la raíz como ha observado también (Llanos 2015).

Según la prueba estadística de Duncan, se muestran 2 categorías, la categoría (A) conformada por el tratamiento T4; la categoría (B) conformado por los tratamientos T3, T2 y T1. La presencia de 2 categorías nos indica que, existe diferencia estadística entre los promedios, ancho de las hojas a los 93 DDI.

4.2.3. Longitud de la hoja

Tabla 3:

Análisis de varianza para la longitud de la hoja (cm) en *C. arábica* L., de la variedad Geisha, evaluados a los 93 DDI en condiciones de vivero.

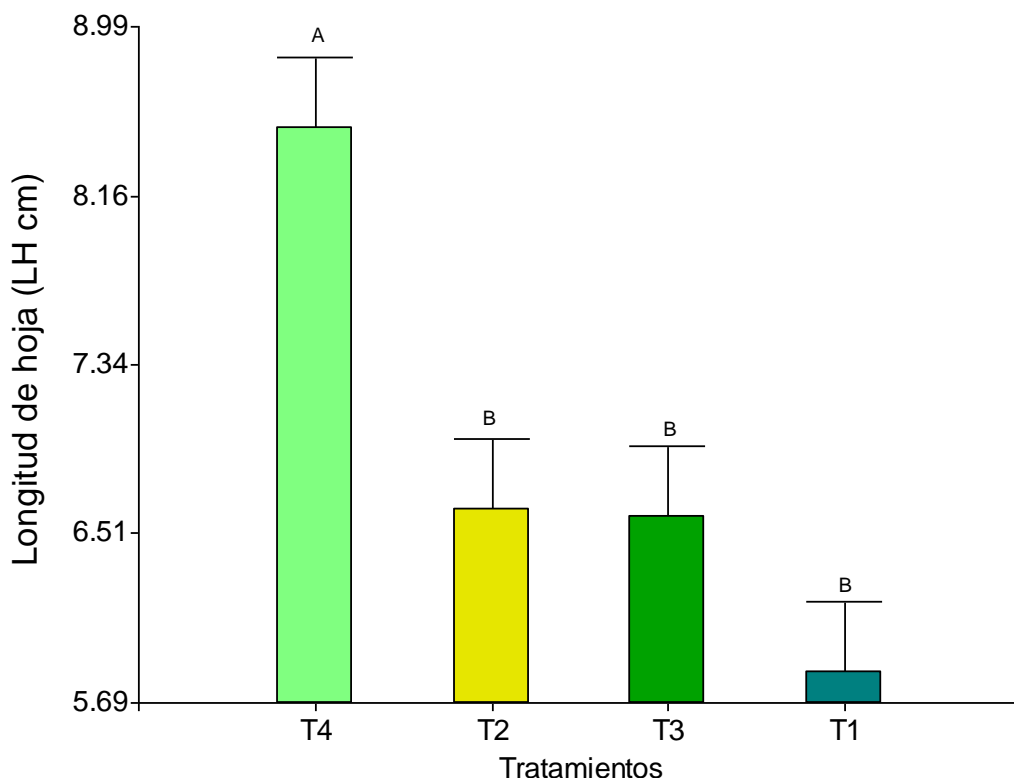
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{cal}	F _{tab}		Sig
					0.05	0.01	
Tratamientos	3	11.53	3.84	9.86	3.84	7.01	*
Error	8	3.12	0.39				
Total	11	14.65					
S = 0.59			$\bar{x} = 6.89$			C.V.= 9.06%	

El análisis de varianza (Tabla 3) para longitud de la hoja (cm) en *C. arábica* L. variedad Geisha, indica que existen diferencias significativas entre los

tratamientos, mostrando una media de 6.89 cm con un Coeficiente de Variabilidad (C.V) de 9.06% resultados que se encuentran dentro del rango de dispersión aceptable para trabajos desarrollados en vivero.

Figura 5:

Prueba de Duncan ($p < 0.05$), para longitud de hojas (cm) en *Coffea arábica* L. en la variedad Geisha, evaluados a los 93 DDI en condiciones de vivero.



La variable, longitud de hojas figura 5 de plántulas de café de la variedad “Geisha” en la etapa de vivero a los 93 días después del repique, observamos en la figura 3, que el testigo registró un valor de longitud de 5.84 cm/plántula, mientras que el tratamiento T4 (15 g de micorriza) presento mayor longitud de hoja con 8.50 cm, con respecto a los tratamientos T3 y T2 con inoculantes micorrízicos fueron estadísticamente significativos con valores para la longitud de hoja de las plantas con promedios 6.63 y 6.60 cm. Además, las plántulas con

inoculaciones micorrízicos no se diferenciaron entre sí al nivel estadístico, las mismas que fueron 10 y 5 g/planta.

Según la prueba estadística de Duncan, se muestran 3 categorías, la categoría (A) conformada por el tratamiento T4; la categoría (B) conformado por los tratamientos T3, T2 y T1. La presencia de 2 categorías nos indica que, existe diferencia estadística entre los promedios, longitud de hoja a los 93 DDI.

4.2.4. Diámetro de tallo

Tabla 4:

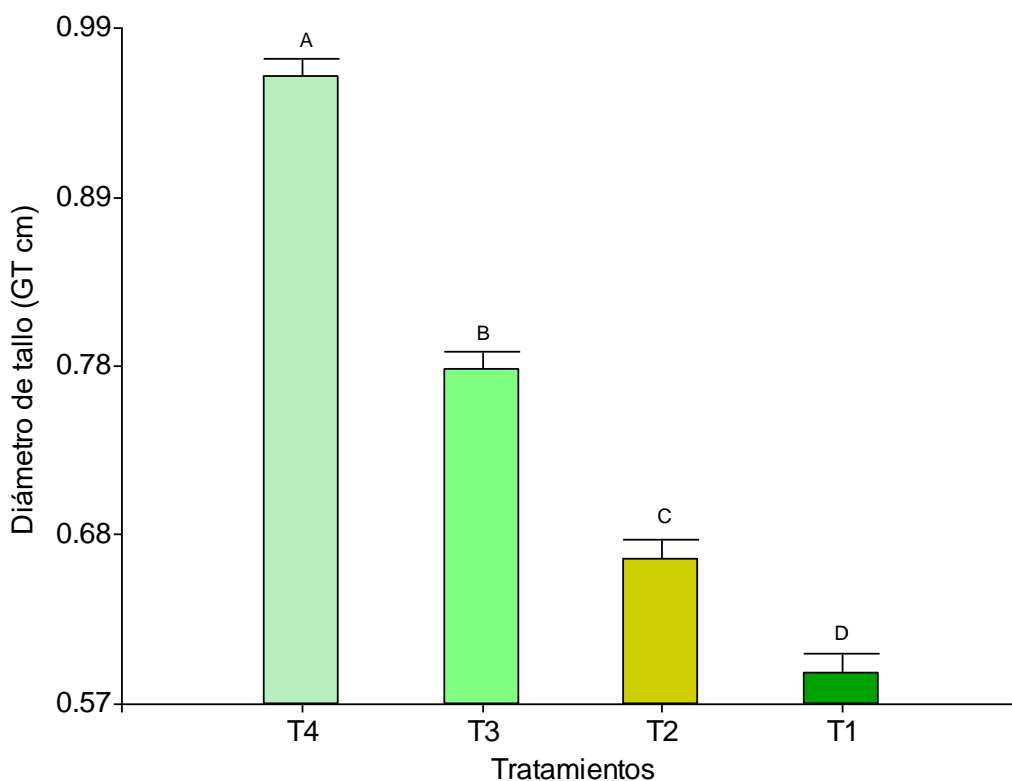
Análisis de varianza para diámetro de tallo (mm) en *C. arábica* L. en la variedad Geisha, evaluados a los 132 DDI en condiciones de vivero.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{cal}	F _{tab}		Sig
					0.05	0.01	
Tratamientos	3	0.23	0.08	100.50	3.84	7.01	**
Error	8	0.01	0.0008				
Total	11	0.24					
S = 0.03			$\bar{x} = 0.75$				C.V.= 3.70 %

El análisis de varianza (Tabla 4) para diámetro de tallo (mm) en *C. arábica* L. variedad Geisha, indica que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, mostrando una media de 0.75 cm con un Coeficiente de Variabilidad (C.V) de 3.70% resultados que se encuentran dentro del rango de dispersión aceptable para trabajos desarrollados en vivero.

Figura 6:

Prueba de Duncan ($p < 0.05$), para diámetro de tallo (mm) en *Coffea arábica* L. en la variedad Geisha, evaluados a los 93 DDI en condiciones de vivero.



En la figura 6, prueba de significación de Duncan al 5% para el diámetro del tallo a los 93 DDI, el tratamiento T4 se observa que, inoculando con 15 gramos cada 15 días por tres semanas, ocupó el primer lugar con un promedio de 0.96 mm, seguido de T3 y T2, con promedios de 0.78 mm y 0.66 mm en comparación con el testigo que obtuvo un promedio de 0.59.

Según la prueba estadística de Duncan, se muestran 4 categorías, la categoría (A) conformado por el tratamiento T4; la categoría (B) conformado por el tratamiento T3; la categoría (C) conformado por el tratamiento T2 y la categoría (D) conformado por el tratamiento T1 (Testigo sin inocular). La presencia de 4 categorías nos indica que, existe diferencia estadística entre los promedios, diámetro de tallo a los 93 DDI.

4.2.5. Longitud de la raíz

Tabla 5:

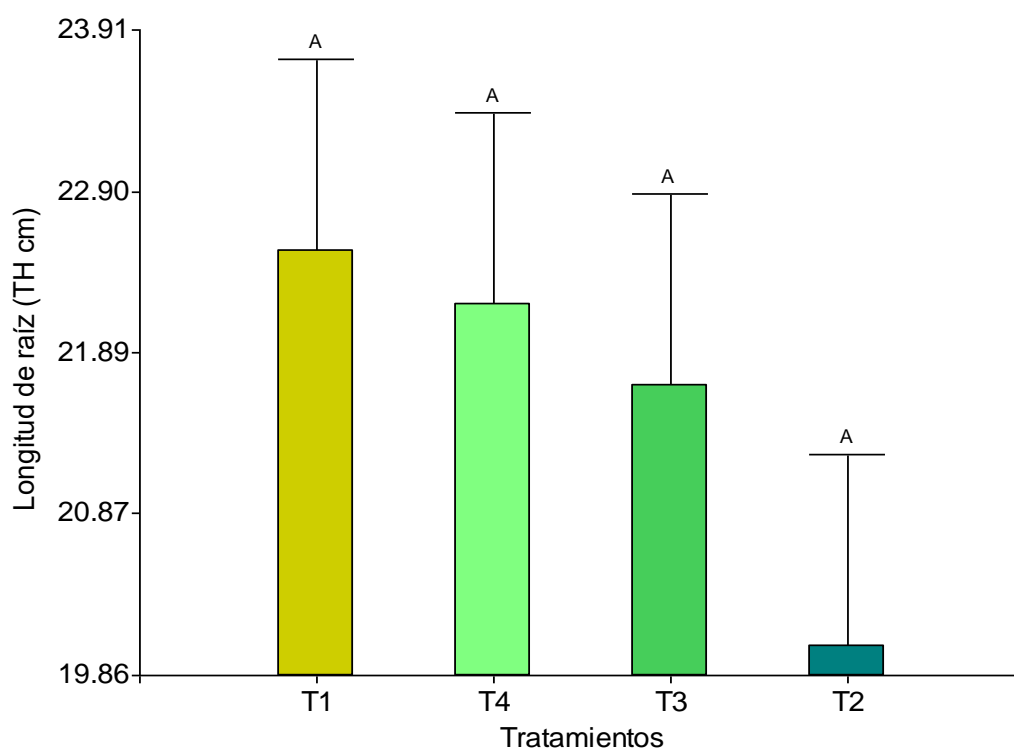
Análisis de varianza para longitud de raíz (cm) en *C. arábica* L., evaluados a los 132 DDI en condiciones de vivero.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{cal}	F _{tab}		Sig
					0.05	0.01	
Tratamientos	3	10.89	3.63	0.91	3.84	7.01	ns
Error	8	32.02	4				
Total	11	42.91					
S = 2.09		$\bar{x} = 21.61$		C.V.= 9.26%			

El análisis de varianza (Tabla 5) para longitud de la raíz (cm) en *C. arábica* L. variedad Geisha, indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, mostrando una media de 21.61 cm con un Coeficiente de Variabilidad (C.V) de 9.26% resultados que se encuentran dentro del rango de dispersión aceptable para trabajos desarrollados en vivero.

Figura 7:

Prueba de Duncan ($p < 0.05$), para longitud de raíz (cm) en *Coffea arábica* L. en la variedad Geisha, evaluados a los 93 DDI en condiciones de vivero.



A los 93 días después del repique, las plántulas de café fueron recolectadas para evaluar la longitud de la raíz. En la figura 7 de la longitud de la raíz influenciado por los tratamientos con inoculante micorrízico, se observa que el tratamiento testigo registra la mayor longitud radicular, con 22.52 cm/planta y las diferencias no fueron significativas con el tratamiento T4 inoculado con micorriza. La longitud de la raíz de plántulas de los tratamientos T3 y T2 mostraron promedios de 21.68 cm y 20.04 cm las diferencias estadísticas no fueron significativas entre sí; sin embargo, la longitud radicular de plántulas del tratamiento T4 alcanzo los mayores valores en promedio, con 22.19 cm/planta entre los tratamientos inoculados con micorriza mostrando mayor vigorosidad, área radicular, diámetro de tallo, peso de la raíz fresca y en altura de planta en comparación al testigo, como se observa en la (figura 9).

Según la prueba estadística de Duncan, se muestran 1 categorías, la categoría (A) conformada por el T1, T4, T3 y T2. La presencia de 1 categorías nos indica que, no existe diferencia estadística entre los promedios, longitud de raíz a los 93 DDI.

4.2.6. Peso fresco de la raíz

Tabla 6:

Análisis de varianza para peso fresco de raíz (g) en *C. arábica* L. variedad Geisha, evaluados a los 93 DDI en condiciones de vivero.

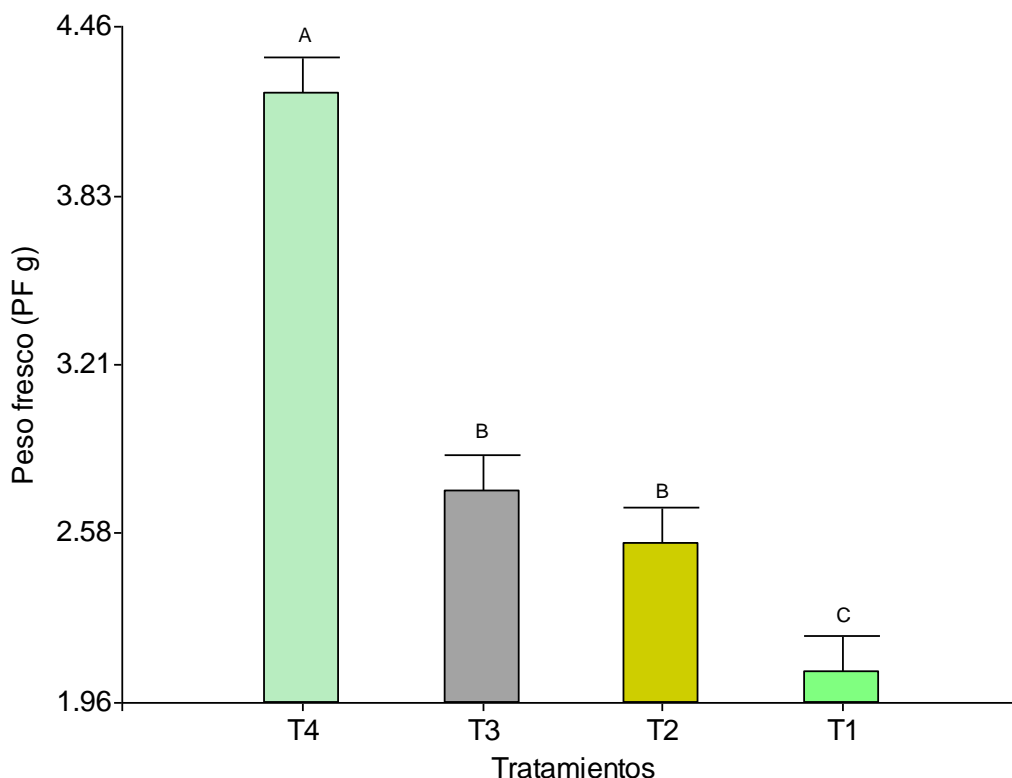
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _{cal}	F _{tab}		Sig
					0.05	0.01	
Tratamientos	3	7.65	2.55	19.00	3.84	7.01	**
Error	8	1.07	0.13				
Total	11	8.72					
S = 0.24		$\bar{x} = 2.89$		C.V.= 12.66 %			

El análisis de varianza (Tabla 6) para diámetro de tallo (cm) en *C. arábica* L. variedad Geisha, indica que existen diferencias altamente significativas entre

los tratamientos, mostrando una media de 2.89 gramos con un Coeficiente de Variabilidad (C.V) de 12.66% resultados que se encuentran dentro del rango de dispersión aceptable para trabajos desarrollados en vivero.

Figura 8:

Prueba de Duncan ($p < 0.05$), para peso fresco de raíz (cm) en *Coffea arábica* L. en la variedad Geisha, evaluados a los 93 DDI en condiciones de vivero.



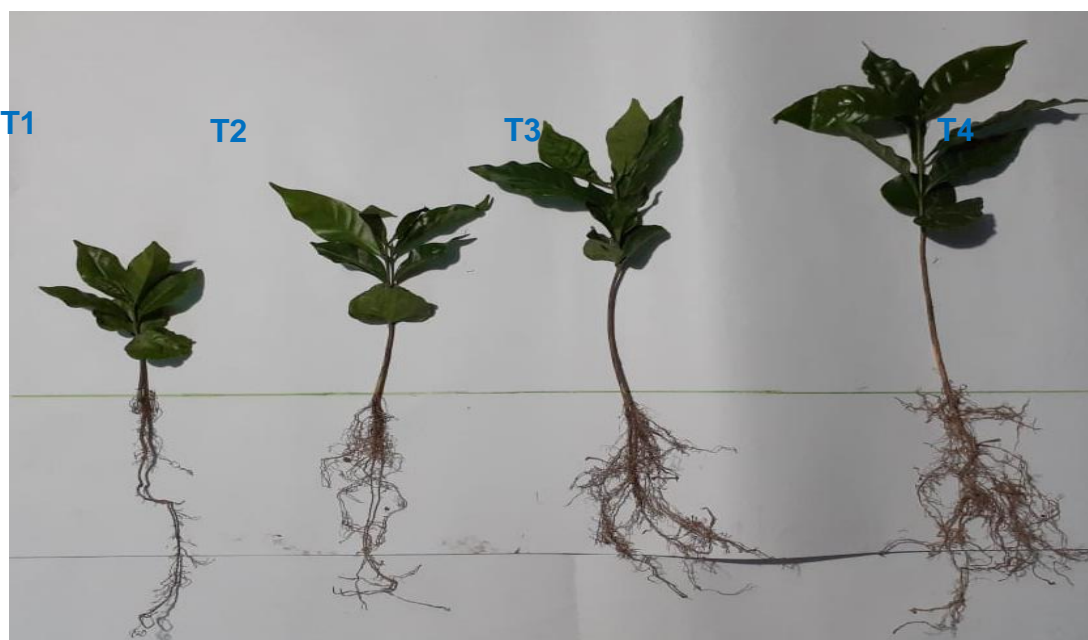
Según la prueba de Duncan figura 8 en las plantas inoculadas con suelo micorrizado aplicados 7 veces cada 15 días los tratamientos T4, T3 y T2 tuvieron pesos promedios 4.21, 2.74 y 2.55 gramos de sus raíces significativamente mayores que el testigo con 2.07 g. Según de Roger y Stanier (1992) reportado por Llanos (2015) se comprueba que las plantas micorrizadas incrementan el área fisiológicamente activa en las raíces, aumentan la captación de agua y nutrientes como fósforo, nitrógeno, potasio y calcio del suelo. Asimismo, incrementan la tolerancia de las plantas a las temperaturas del suelo y acidez extrema causadas por la presencia de elementos como el aluminio, magnesio y azufre. Inducen

relaciones hormonales que producen que las raíces alimentadoras permanezcan fisiológicamente activas por periodos mayores que las raíces no micorrizadas.

Según la prueba estadística de Duncan, se muestran 2 categorías, la categoría (A) conformada por el tratamiento T4; la categoría (B) conformada por el tratamiento T3, T2 y T1. La presencia de 2 categorías nos indica que, existe diferencia estadística entre los promedios, peso fresco de la raíz a los 93 DDI.

Figura 9:

Raíces por tratamiento inoculadas con micorrizas y el testigo en plántulas de café variedad Geisha a los 93 días en condiciones de vivero



En la figura 9 se puede observar que, las raíces de los tratamientos T4, T3 y T2 presentan mayor área radicular, sanidad, por lo tanto, las raíces inoculadas con micorrizas (Biomicorrizico) tuvieron mayores pesos con respecto al testigo sin inocular

4.3. Prueba de hipótesis

A partir de los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis general, donde establece que hay un efecto en la aplicación de micorrizas en el desarrollo vegetativo y radicular de la planta del café (*Coffea arábica* L.) variedad Geisha

en vivero. Los resultados obtenidos en las hipótesis específicas se acepta donde indica que hay efectos en la aplicación de micorrizas en la altura de planta, número de hojas, longitud de las hojas, ancho de las hojas en el desarrollo vegetativo de la planta del café (*Coffea arabica* L.) y en las variables longitud de raíz y peso fresco de la raíz en el desarrollo radicular. Destacando el tratamiento T4 con 15 gramos/planta, T3 con 10 gramos/planta y T2 con 5 gramos/planta en comparación al testigo sin inocular.

Hipótesis estadística:

Ho: *Todas las medias de los tratamientos son menores o igual que la f tabular*

Ha: *Al menos una media de un tratamiento es mayor que la f tabular*

Regla de decisión:

Si $f_{cal} \leq 3.84$, se acepta la Ho, y se rechaza la Ha

Si $f_{cal} > 3.84$, se rechaza la Ho, y se acepta la Ha

Variables	F cal	F tab	Decisión
Altura de planta	10.36	3.84	Se acepta la Ha
Ancho de la hoja	4.36	3.84	Se acepta la Ha
Longitud de la hoja	9.86	3.84	Se acepta la Ha
Diámetro de tallo	100.50	3.84	Se acepta la Ha
Longitud de la raíz	0.91	3.84	Se rechaza la Ha
Peso fresco de la raíz	19.00	3.84	Se acepta la Ha

4.4. Discusión de resultados

En la presente investigación se evaluó el efecto de la aplicación de micorrizas en el desarrollo vegetativo y radicular de la planta del café (*Coffea arabica* L.) variedad Geisha en vivero” en condiciones del distrito de Villa Rica,

provincia de Oxapampa. Observándose a los 93 días después del repique para la variable altura de planta, el tratamiento T4 inoculando con (15 g) y el T3 con (10 g) de micorriza, mostraron mayor altura de planta con 15.64 cm y 13.03 cm, seguido del T2 inoculado con (5 g) de micorriza con 12.52 cm de altura; a diferencia de Poma & Robles (2023) que reportan en sus resultados, aplicando 20 g y 15 g de micorriza/planta, mayor altura de planta de 30.65 y 29.23 cm a los 90 días. Según Reyes (2020), indica en sus resultados una altura de 6.02 cm a los 30 días de inoculado con Myco root, concluyendo que las micorrizas influyen en el crecimiento de las plantas a nivel de vivero. El crecimiento y diferencia en altura de planta a favor de los tratamientos inoculados se debe a la asociación con micorrizas que promueve un mayor crecimiento y desarrollo al facilitar la asimilación de diferentes elementos (N, K, Zn, Cu, Bo y F); por otro lado, Valencia (1998) referenciado por Rodríguez (2001), menciona que, diversos estudios han determinado que el Zn al igual que otros elementos menores son importantes en el crecimiento de la planta, estimulando la elongación de entrenudos y la síntesis de auxinas aumentando también la eficiencia de la acción del fósforo (p. 43). Asimismo refiere Rodríguez (2001) que, todos sus tratamientos inoculados con micorriza mostró mayor altura de planta en comparación al testigo T1 (sin inoculación) con 11.91 cm, valores próximos a los resultados reportado por Reyes (2020) a los 75 días después del repique en la variedad Catuaí, utilizando los inoculantes Myco up, Myco gel y Myco root, reportando que hay una diferencia estadística significativa entre los tratamientos en altura de planta con 15.10 cm/planta con respecto a su testigo con 10.75 cm/planta. Llanos (2015) indica en sus resultados de la prueba de comparación de medias en altura de planta en las variedades Catimor y Caturra evaluadas a los

120 días después del repique, inoculadas con micorriza tuvieron promedios de 18.98; 18.46 y 17.89 cm. Sin embargo, existe diferencia estadística significativa en comparación al testigo o control que alcanzó 16.32 cm a diferencia de lo reportado por Vallejos et al., (2019) en la variable altura de planta a los 120 días después del repique el testigo presentó la menor tasa de crecimiento con 6.15 cm; mientras que el tratamiento inoculado con micorriza T10 Omia-V en la variedad Típica mostró una altura de 8.09 cm. Entre los tratamientos con inoculación micorrícica se encontraron rangos entre 6.83 hasta 8.09 cm, con una tasa de incremento desde 6% a 25% respecto al testigo; resultado similar a lo reportado por Del Águila et al., (2018) en condiciones de vivero encontrando incrementos entre 35% y 40% respecto al testigo. Mientras que Trejo et al., (2011) en estudios realizados con inoculaciones de HMA a nivel de invernadero encontraron incrementos de altura de plantas de cafeto de 91% en comparación con el testigo. Los resultados de la presente investigación para la variable altura de planta se observan en el grafico 3 y al realizar el ANVA a los 93 días después de repicado, una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, lo que nos indica que alguno de los tratamientos tiene influencia en incrementar la altura de planta de la variedad Geisha; el coeficiente de variación fue de 13.28%, valor que según Gordón & Camargo (2015), considerado como bueno; por otro lado, Gómez y Gómez (1984) y Patel et al. (2001) son más específicos al indicar que, los coeficiente de variabilidad 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; asimismo Ramos et al., (2017), indica que, entre 10 a 15% es considerado regularmente homogéneo con moderada variabilidad, como

bueno. La desviación estándar es de 0.37 respecto a la altura de planta promedio de todos los tratamientos, indicando que hubo variación en la variable altura de planta entre los tratamientos.

Al evaluar la variable ancha de la hoja de la variedad Geisha mostró el tratamiento T4 (15g) mayor ancho de hoja con 3.53 cm, seguidos de los tratamientos T3 (10g) y T2 (5g) con promedios de 3.51 y 2.81 cm y el testigo T1 sin inoculación alcanzó 2.78 cm. Al realizar el ANVA, se reporta que, hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos, lo que nos indica que, los tratamientos influyen en el incremento de ancho de la hoja de la variedad Geisha y el coeficiente de variación a los 93 días después del repique fue de 10.98% considerado como aceptable por Benza (1982) para trabajos en vivero y por Ramos et al., (2017), que indique, los rangos de 10 a 15% es considerado regularmente homogéneo con moderada variabilidad, como bueno.

Para la variable, longitud de hojas de la variedad “Geisha” se observó que el testigo registró un menor valor en longitud de 5.84 cm/planta, en comparación al tratamiento T4 con (15 g) inoculado con micorriza ocupó el primer lugar con 8.50 cm seguido de los tratamientos T3 (10 g) y T2 (5 g) con inoculantes micorrízicos fueron estadísticamente significativos con promedios para la longitud de hoja de 6.63 y 6.60 cm. Además, las plantas con inoculaciones micorrízicas no se diferenciaron entre sí al nivel estadístico.

La longitud de la raíz de los tratamientos T3 (10 g) y T2 (5 g) mostraron promedios con 21.68 cm y 20.04 cm observándose que, las diferencias estadísticas no fueron significativas entre sí; sin embargo, la longitud radicular de las plantas del tratamiento T4 (15 g) alcanzó el mayor valor en promedio, con 22.19 cm/planta.

La evaluación de diámetro de tallo a los 93 días después de repicado las plantas de café de la variedad Geisha, el tratamiento T4 con la inoculación de (15 g) de micorriza mostró un promedio de 0.96 cm, seguido del T3 (10 g) con 0.78 cm. La aplicación de (5g) de suelo micorrizal en la variedad Geisha muestra similar grosor de tallo al testigo T1 con 0.59 cm, siendo superior a los resultados reportado por Llanos (2015) para la variable diámetro de tallo a los 120 días después de repicado la planta de café inoculadas con 40 y 60 gramos de suelo micorrizado alcanzaron promedios de 0.25 y 0.26 cm de diámetro de tallo con respecto al inoculado con 20 g y su testigo (Sin inocular) con 0.24 y 0.23 cm respectivamente.

En la variable peso de la raíz el tratamiento T4 (15 g) alcanzó 4.21 g, seguido de los tratamientos T3 (10 g) y T2 (5 g) con promedios de 2.75 g y 2.55 g, mostrando diferencia significativa a los 93 días después de repicado las plantas de café. La aplicación de 10g y 5g de suelo micorrizal en la variedad Geisha muestra similar peso de la raíz al testigo (sin inocular) con 2.05 g, a diferencia de lo reportado por Llanos (2015) que, obtuvo resultados en peso de raíz con inoculaciones de 60, 40 y 20 g de micorriza evaluadas a los 120 días después de repicadas de las plantas de café, obteniendo promedios de 1.20, 1.19 y 1.07 g con respecto al tratamiento T1 (testigo) con 0.99 g, valores menores en peso de raíz a lo encontrado en la presente investigación.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos para determinar el efecto de la aplicación de micorrizas en el desarrollo vegetativo de la planta del Café (*Coffea arabica* L.) variedad Geisha en vivero en el Anexo Yezu del distrito de Villa Rica, se concluye en los siguiente:

- La dosis 15 g de micorriza/planta, influye en incrementar la altura de planta, ancho de la hoja, longitud de la hoja y diámetro del tallo con respecto al testigo T1 (sin inocular) a los 93 días después de haber sido repicadas las plántulas de café; concluimos que las micorrizas tienen un efecto en el desarrollo vegetativo de las plantas de café variedad Geisha a nivel de vivero.
- La dosis 15 g de micorriza/planta, influye en incrementar la longitud de raíz y peso de la raíz con respecto al testigo T1 (sin inocular) a los 93 días después de haber sido repicadas las plántulas de café; concluimos que las micorrizas tienen un efecto en el desarrollo radicular de las plantas de café variedad Geisha a nivel de vivero.

RECOMENDACIONES

1. Continuar con las investigaciones de aplicación de micorrizas en variedades de café establecidas en campo definitivo y determinar la influencia sobre el rendimiento.
2. Realizar la identificación y caracterización de las micorrizas de la zona en estudio.
3. Realizar el análisis foliar para ver la asimilación de nutrientes en plantas a nivel de vivero.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, M., & Solano, J. (2012, julio 18). Producción de sustratos para Viveros. 2012, 47. Retrieved from <https://www.chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rchshV741.pdf>
- Andrade, A. (2010, octubre 12). Micorrizas: Antigua Interacción entre plantas y hongos. *Ciencia*, (October 2010), 84–90. Retrieved from https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_4/PDF/11_MICORRIZAS.pdf.
- Arcila, J. (2013, enero 10). Crecimiento y desarrollo de la planta de café. Vol.2. In *Journal of Petrology* (Vol. 369). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Arévalo, C. (2016, mayo 11). Prospección de la densidad de esporas y colonización de micorrizas en cacao silvestre de *Ucayali y Madre de Dios*- UNALM. Recuperado de: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1968>
- Barrantes, E. S., Ballesteros, D. E., & Rosales, D. A. (2019, setiembre 9). El efecto de la fertilización mineral, orgánica y mineral-orgánica sobre las características agroproductivas en plantas de café y de la calidad de taza. *Universidad en Diálogo: Revista de Extensión*, 9(2), 175-185.
- Cenicafé (2014, abril 1). Épocas recomendables para la fertilización de cafetales. Federación Nacional de Cafetaleros de Colombia. Programa de Investigación Científica. Fondo Nacional del Café., 1-16.
- Cenicafé (2005, abril 1). La Agroclimatología del café. Federación Nacional de Cafetaleros de Colombia. Programa de Investigación Científica. Fondo Nacional del Café., 149 -157. Recuperado de:

[https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/859/17/15.%20Agroclimatolog%
C3%ADa%20cafeto.pdf](https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/859/17/15.%20Agroclimatolog%C3%ADa%20cafeto.pdf)

- Cenicafé. (2015, febrero 1). *Almácigos para caficultura orgánica alternativas y costos*. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).
- Camarena-Gutiérrez, G. (2012, abril 19). Interacción planta-hongos micorrízicos arbusculares. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 18 (3), 409-421. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2011.11.093>
- Capa Mora, E. D. (2015, junio 12). *Efecto de la fertilización orgánica y mineral en las propiedades del suelo, la emisión de los principales gases de efecto invernadero y en las diferentes fases fenológicas del cultivo de café (Coffea arábica L.)* (Doctoral dissertation, Agrónomos).
- Chavarría Reyes, H. E., & Pravia Orozco, J. V. (2021, julio 10). *Bioplaguicidas estimulantes de crecimiento y controladores de patógenos de suelo en plántulas de café (Coffea arábica L.) en la finca Las Pilas, San Lucas-Somoto* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria).
- Del Águila Parrillo, K. M; Vallejos Torres, G; Arévalo, L. A. y Becerra, A. B. (2018, febrero 8). Inoculación de Consorcios Micorrízicos Arbusculares en Coffea arábica, Variedad Caturra en la Región San Martín. *Información Tecnológica* 29(1):137- 146. URL: Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000100137>.
- Dilas-Jiménez, J. O., Dumont, J. R. D., Huamani, J. T., Mendoza-Pumapillo, J. E., & Ortiz, C. V. T. (2021, diciembre 16). Producción, precios y dinámica de las exportaciones del café peruano. *Llamkasun*, 2, 99-109.4.

- Derkowska, E., Paszt, L. S., Dyki, B., & Sumorok, B. (2015, enero 29). Assessment of mycorrhizal frequency in the roots of fruit plants using different dyes. *Advances in Microbiology*, 5(01), 54.
- Granado, N. (2016, July 21). Variedades de Café | Café Kinetic Street Coffee. Retrieved from Variedades de Café website: <http://www.cafekineti.net/tag/variedades-de-cafe/>
- Gaitán, Á., Villegas, C., Rivillas, C., Hincapié, É., & Arcila, J. (2011, febrero 1). ALMÁCIGOS DE CAFÉ: Calidad fitosanitaria, manejo y siembra en el campo. *Federacion Nacional de Cafeteros*, 404, 8. Retrieved from <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/350/1/avt0404>.
- Gordón-Mendoza, R., & Camargo-Buitrago, I. (2015). Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 56-63.
- Gómez, K.A., y A.A. Gómez (1984). Statistical procedures for agricultural research. 2nd ed. John Wiley Inter Science, Hoboken, NJ, USA.
- Hernández-Acosta, E., Trejo-Aguilar, D., Ferrera-Cerrato, R., Rivera-Fernández, A., & González-Chávez, M. C. (2018, abril 4). Hongos micorrízicos arbusculares en el crecimiento de café (*Coffea arábica* L.) variedades Garnica, Catimor, Caturra y Catuaí. *Agroproductividad*, 11(4).
- ICAFFE. (2011, junio 1). Guía técnica para el cultivo del café. Instituto del café de Costa Rica. Centro de Investigación del café., 6 - 63. Recuperado de: <https://www.icafe.cr/wp-content/uploads/cicafe/documentos/GUIA-TECNICA-V10.pdf>
- Ibarra-Puón, J. C., Aguirre-Medina, J. F., Coss, L. D., Cadena-Iñiguez, J., & Zavala-Mata, G. A. (2014, agosto 7). *Coffea canephora* (Pierre) ex Froehner inoculado

con micorriza y bacteria fijadora de nitrógeno en vivero. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 20(2), 201-213.

INEI (2012, julio 1). IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Recuperado de:

<http://censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/>

Koltai, H., & Kapulnik, Y. (Eds.). (2010). *Arbuscular mycorrhizas: physiology and function*. Springer Science & Business Media. Recuperado de:

https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=VEcA0ip0eU0C&oi=fnd&pg=PR3&dq=related:5qi0WPqqtYAJ:scholar.google.com/&ots=j4nKAYK9x0&sig=vnT8tBvgTk98I-i8_8PHVXUjR-Y#v=onepage&q&f=false

Llanos Yauri, M. D. (2015, abril 16). Crecimiento de las variedades de Coffea arábica L. Catimor y caturra con inoculación de suelo micorrizado en vivero temporal de Ipoki-Río Negro.

Nogales García, A. M. (2009, junio 15). *Estudio de la interacción entre el hongo formado de micorrizas arbusculares " Glomus intraradices" Schenck y Smith y el hongo patógeno " Armillaria mellea (Vahl: fr)" P. Kuhn en vid*. Universitat de Barcelona.

Prates P.J., Bruno Moreira B.C., da Silva M.C.S., Veloso T.G.R., Stürmer S.L., Fernandes R.B.A., Mendonça E.S. & Kasuya M.C.M. (2019, Julio 20). Agroecological coffee management increases arbuscular mycorrhizal fungi diversity. PLOS ONE 14(1): e0209093.

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):1163-1164.

Poma Domínguez, G. M., & Robles Chávez, R. A. (2023). Efecto de las micorrizas en el cultivo del cafeto (Coffea arábica var. Caturra), en etapa de vivero en

Chanchamayo-Junín [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://45.177.23.200/handle/undac/3264>

Ruiz, P., Rojas, K., & Sieverding, E. (2011, junio 1). La distribución geográfica de los hongos de micorriza arbuscular: una prioridad de investigación en la Amazonía peruana. *Espacio y Desarrollo*, 63(23), 47–63.

Reyes Córdova, D. A. (2020, marzo 6). Efecto de la inoculación de micorrizas en el desarrollo de plantas de café en etapa de vivero en San Martín de Pangoa-Satipo. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

Rodríguez, J. L. (2001). *Efecto del biofertilizante Mycoral®(micorriza arbuscular) en el desarrollo del café (Coffea arabica L.) en vivero en Zamorano, Honduras* (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2013.).

<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/ee2acc94-0892-4ad9-a8be-1a45579bd83d/content>

Soza, H. J., & Jiménez, O. A. (2018, octubre 8). Validación de dos dosis de micorrizas en el desarrollo de las plantas en vivero de café (*Coffea arabica* L.), variedad Caturra en dos localidades del municipio de Jinotega, periodo 2017-2018. *Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Matagalpa, Nicaragua*.

Seguel Fuentealba, A. (2014, enero 1). El potencial de las micorrizas arbusculares en la agricultura desarrollada en zonas áridas y semiáridas. *Idesia (Arica)*, 32(1), 3-8. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000100001>

- Sánchez Santillán, T. (2017, agosto 3). Efecto de inóculos de hongos micorrízicos arbusculares en plantas clonales de café (*Coffea arábica* L.) variedad caturra en condiciones de invernadero, Rodríguez de Mendoza, Región Amazonas.
- Read, D., & Pérez-Moreno, J. (2003, diciembre 9). Mycorrhizas and nutrient cycling in ecosystems-a journey towards relevance? *New Phytologist*, 157, 475-492.
- Ramos Ramírez, J. C., Del Águila Ríos, V. R., & Bazalar Boulanger, A. C. (2017). Estadística básica para los negocios. Editorial Universidad de Lima. 227 pág.
- Trejo, D; Hernández, E. y Ferrera-Cerrato, R. (1998, agosto 1). Ecología y comportamiento de la endomicorriza arbuscular en el cultivo del café (*Coffea arabica* L.) Avances de la investigación micorrízica en México. R. Zulueta, M. A. Escalona, y Trejo, Edits.) Universidad Veracruzana, 283. URL: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=orton.formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=047998>.
- Temis, P. A., López, M. A., & Sosa, M. M. (2011, enero 1). Producción de café (*Coffea arábica* L.): cultivo, beneficio, plagas y enfermedades. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 54-74.
- Vallejos-Torres, G., Sánchez, T., García, M. A., Trigos, M., & Arévalo, L. A. (2019, diciembre 26). Efecto de hongos formadores de micorrizas arbusculares en clones de café (*Coffea arábica*) variedad Caturra. *Acta Agronómica*, 68(4), 278-284. Recuperado de: doi: <https://doi.org/10.15446/acag.v68n4.72>

ANEXOS

Instrumentos de Recolección de Datos

Tabla 7.

Datos evaluados del experimento de inoculación con micorriza en la variedad Geisha.

Tratamiento	Obs	Altura de planta (AP cm)	Número de hojas (NH u)	Ancho de hojas (AH cm)	Longitud de hoja (LH cm)
T1	1	12.61	6	3.10	6.22
T1	2	11.75	6	2.77	6.32
T1	3	11.36	6	2.57	4.97
T2	1	13.41	6	3.00	6.93
T2	2	12.18	6	3.63	6.43
T2	3	11.98	6	3.89	6.53
T3	1	13.63	6	3.00	7.10
T3	2	13.06	6	2.31	5.58
T3	3	12.41	6	3.03	7.12
T4	1	17.16	6	3.65	8.93
T4	2	14.98	6	3.32	8.23
T4	3	14.78	6	3.63	8.33

Tabla 8.*Datos evaluados del experimento de inoculación con micorriza en la variedad Geisha.*

Tratamiento	Obs	Longitud de raíz (TH cm)	Número de cruces (NC u)	Diámetro de tallo (GT mm)	Peso fresco (PF g)
T1	1	21.83	3	0.59	2.52
T1	2	19.67	3	0.61	2.17
T1	3	26.07	3	0.58	1.53
T2	1	19.00	3	0.65	2.72
T2	2	20.50	3	0.68	2.62
T2	3	20.63	3	0.66	2.30
T3	1	22.33	3	0.75	3.02
T3	2	22.20	3	0.79	2.43
T3	3	20.50	3	0.80	2.77
T4	1	20.07	3	0.91	4.65
T4	2	23.67	3	0.99	4.05
T4	3	22.83	3	0.98	3.93

Panel Fotográfico

Figura 10.

Evaluación de longitud y ancho de la hoja de los tratamientos en estudio

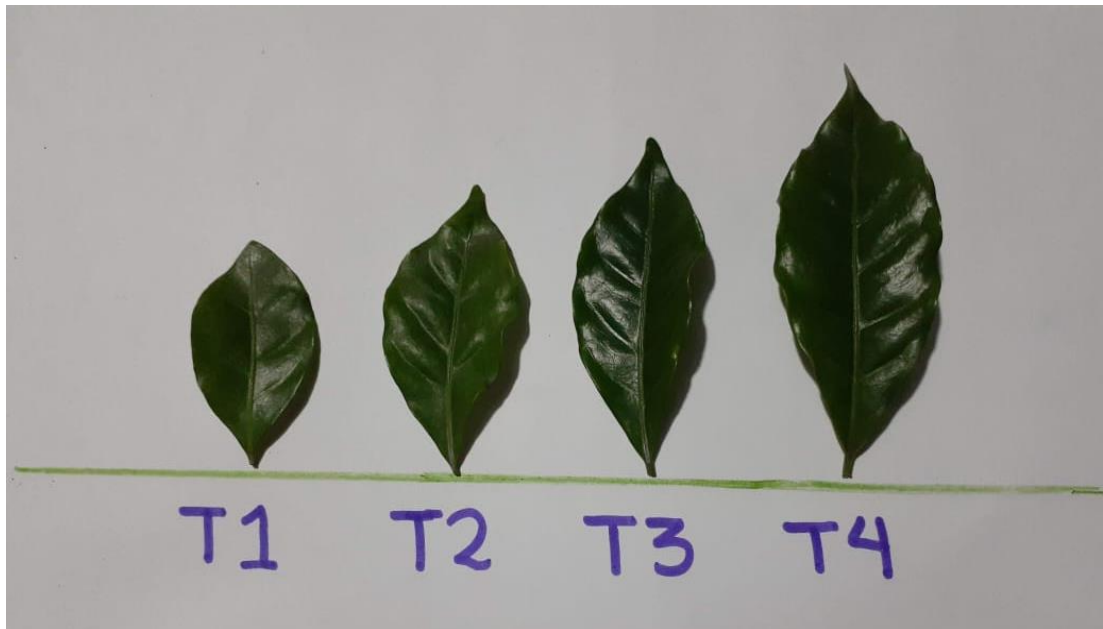


Figura 11.

Evaluación de la variable altura de planta en la variedad Geisha.



Figura 12.

Evaluación de la variable diámetro de tallo.



Figura 13.

Labores culturales como deshierbo del material experimental



Figura 14.

Distribución de los tratamientos en el vivero.



Figura 15.

Evaluación de la variable longitud de raíz y peso de raíz fresca.

