

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**T E S I S**

**Efecto de ectomicorrizas y endomicorrizas en la producción de  
plantones de café (*Coffea arabica*) variedad Catuai en condiciones de  
Oxapampa**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Agrónomo**

**Autor:**

**Bach. Samanta Jaqueline CÓRDOVA BARRIOS**

**Bach. Marleni Maribel VALDEZ MAQUERA**

**Asesor:**

**Mg. Josué Hernán INGA ORTIZ**

**Cerro de Pasco - Perú – 2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**T E S I S**

**Efecto de ectomicorrizas y endomicorrizas en la producción de  
plantones de café (*Coffea arabica*) variedad Catuai en condiciones de  
Oxapampa**

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

---

Dr. Manuel LLANOS ZEVALLOS  
PRESIDENTE

---

Dr. Manuel Jorge CASTILLO NOLE  
MIEMBRO

---

Mg. Fernando James ALVAREZ RODRIGUEZ  
MIEMBRO



**Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Unidad de Investigación**

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 0111-2024/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  
**CÓRDOVA BARRIOS, Samanta Jaqueline**  
**VALDEZ MAQUERA, Marleni Maribel**

Escuela de Formación Profesional  
**Agronomía - Oxapampa**

Tipo de trabajo  
**Tesis**

**Efecto de ectomicorrizas y endomicorrizas en la producción de plántones de café (*Coffea arabica*) variedad Catuai en condiciones de Oxapampa**

Asesor  
**Mag. Inga Ortíz, Josué Hernán**

Índice de similitud  
**16%**

Calificativo  
**APROBADO**

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

Cerro de Pasco, 17 de noviembre de 2024



Firmado digitalmente por HUANES  
TOVAR Luis Antonio FAU  
20154805048 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 17.11.2024 11:19:27 -05:00

Firma Digital  
Director UIFCCAA

c.c. Archivo  
LHT/UIFCCAA

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo de investigación a Dios, quien es nuestra fuerza espiritual y nos sostiene en cada desafío que enfrentamos; a nuestros padres, por su apoyo constante e incondicional, y por inculcarnos valores y disciplina fundamentales.

**Samanta y Marleni**

## **AGRADECIMIENTO**

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a nuestra alma mater, la “Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión,” por brindarnos una sólida formación académica a lo largo de estos años.

Reconocemos con especial gratitud a nuestros profesores de la Escuela de Agronomía, filial Oxapampa, quienes compartieron sus conocimientos y experiencias, guiándonos con ética profesional en nuestro proceso de formación.

Nuestro sincero agradecimiento al Mg. Sc. Josué Hernán Inga Ortiz, asesor de tesis, por su generosidad al compartir su tiempo, experiencia, conocimientos y valiosas recomendaciones, orientando cada paso en el desarrollo de esta investigación.

A nuestros queridos padres, fieles ejemplos de amor incondicional, quienes siempre estuvieron a nuestro lado, incluso en los momentos difíciles. Sus palabras de aliento son y serán nuestra fortaleza para alcanzar nuestras metas.

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de ectomicorrizas y endomicorrizas en la producción de plantones de café variedad Catuai, bajo condiciones de Oxapampa, entre diciembre de 2023 y mayo de 2024. Se trabajó con dos productos comerciales, Great White y Organic Granular, en dosis de 8 g/L y 16 g/L, además de un tratamiento testigo. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con un total de cinco tratamientos y 100 plantas por tratamiento. Los resultados mostraron que las micorrizas, en ambas dosis, favorecieron un 100% de prendimiento después del repique, en contraste con el 95% del tratamiento testigo, lo que sugiere un efecto positivo de las micorrizas. El tratamiento T4 Organic Granular 16 g/L destacó en varias características agronómicas, logrando 10.00 hojas por planta, mientras que el testigo obtuvo un promedio de 7.20 hojas. En cuanto a la altura, T3 Great White 16 g/L alcanzó los 19.23 cm a los 120 días, frente a los 14.07 cm del tratamiento testigo. Además, el tratamiento T3 Great White 16 g/L obtuvo el mayor diámetro de tallo (3.64 mm), mientras que el testigo presentó el menor (2.98 mm). En términos de crecimiento radicular, T2 Organic Granular 8 g/L mostró una longitud de raíz de 20.44 cm, en comparación con los 13.34 cm del testigo. En peso radicular, el tratamiento T4 Organic Granular 16 g/L logró 2.82 g, destacándose sobre el testigo que alcanzó solo 1.22 g. Finalmente, los tratamientos con dosis más altas de micorrizas también sobresalieron en peso fresco de la parte aérea y volumen radicular, siendo T4 Organic Granular 16 g/L y T3 Great White 16 g/L las dosis más efectivas para optimizar el desarrollo agronómico de los plantones de café.

**Palabras clave:** Micorrizas, prendimiento, plantones de café, crecimiento radicular.

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of ectomycorrhizae and endomycorrhizae on the production of Catuai variety coffee seedlings, under Oxapampa conditions, between December 2023 and May 2024. Two commercial products were used, Great White and Organic Granular, at doses of 8 g/L and 16 g/L, in addition to a control treatment. A completely randomized design (CRD) was used, with a total of five treatments and 100 plants per treatment. The results showed that mycorrhizae, at both doses, favored 100% take-up after transplanting, in contrast to 95% in the control treatment, suggesting a positive effect of mycorrhizae. The T4 Organic Granular 16 g/L treatment stood out in several agronomic characteristics, achieving 10.00 leaves per plant, while the control obtained an average of 7.20 leaves. In terms of height, T3 Great White 16 g/L reached 19.23 cm at 120 days, compared to 14.07 cm for the control treatment. In addition, the T3 Great White 16 g/L treatment had the largest stem diameter (3.64 mm), while the control had the smallest (2.98 mm). In terms of root growth, T2 Organic Granular 8 g/L showed a root length of 20.44 cm, compared to 13.34 cm for the control. In terms of root weight, the T4 Organic Granular 16 g/L treatment achieved 2.82 g, standing out over the control which reached only 1.22 g. Finally, treatments with higher doses of mycorrhizae also stood out in fresh weight of the aerial part and root volume, with T4 Organic Granular 16 g/L and T3 Great White 16 g/L being the most effective doses to optimize the agronomic development of coffee seedlings.

**Keywords:** Mycorrhizae, root take, coffee seedlings, root growth.

## INTRODUCCIÓN

La producción de plántones de café (*Coffea arabica* L.) desempeña un papel esencial en la cadena de cultivo, ya que la calidad de las plántulas impacta de forma directa en el rendimiento y la calidad del cultivo final. En este marco, el presente estudio se enfocó en analizar el efecto de las ectomicorrizas y endomicorrizas en la producción de plántones de café bajo las condiciones específicas de Oxapampa.

Esta investigación se enmarca dentro de un contexto de creciente interés por prácticas agrícolas sostenibles que optimicen el rendimiento de cultivos mediante el uso de biofertilizantes naturales. Las micorrizas, asociaciones simbióticas entre hongos y raíces de plantas, juegan un rol fundamental en la mejora de la absorción de nutrientes, el incremento de la resistencia frente a patógenos y condiciones adversas, y la promoción del crecimiento vegetal. En este estudio, se evaluaron los efectos específicos de dos tipos de micorrizas: las ectomicorrizas, que forman estructuras externas alrededor de las raíces, y las endomicorrizas, que penetran las células de las raíces, en el desarrollo y la productividad de plántones de café en una región clave para su cultivo como Oxapampa. El objetivo fue determinar qué tipo de micorriza genera mayores beneficios en términos de crecimiento, vigor y adaptabilidad de los plántones, contribuyendo así a una mayor sostenibilidad en la producción cafetalera.

Este estudio tiene como objetivo ofrecer una comprensión más profunda de cómo estas variables influyen en la producción de plántones de café, centrándose en la variedad Catuaí. Los hallazgos de esta investigación no solo enriquecerán el conocimiento científico en el campo agrícola, sino que también brindarán información práctica para los agricultores de la región. Así, podrán tomar decisiones informadas que contribuyan a mejorar la eficiencia y calidad en la producción de plántones de café en Oxapampa.



La estructura de esta tesis se organiza de la siguiente forma: en el Capítulo I, se aborda el problema de investigación, junto con los objetivos, las justificaciones y las limitaciones del estudio. El Capítulo II explora los antecedentes, las bases teóricas, el planteamiento de la hipótesis y la definición operacional de las variables e indicadores. En el Capítulo III se detallan la metodología y las técnicas de investigación empleadas, mientras que el Capítulo IV expone los resultados obtenidos y la discusión correspondiente. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

### CAPITULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

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

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio .....	7
2.2.	Bases teóricas científicas .....	11
2.3.	Definición de términos básicos .....	33

2.4.	Formulación de hipótesis.....	34
2.4.1.	Hipótesis general .....	34
2.4.2.	Hipótesis específicas .....	34
2.5.	Identificación de variables.....	35
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores .....	35

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN**

3.1.	Tipo de investigación .....	36
3.2.	Nivel de investigación .....	36
3.3.	Métodos de investigación .....	36
3.4.	Diseño de investigación.....	37
3.5.	Población y muestra .....	37
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	38
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	38
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	38
3.9.	Tratamiento estadístico.....	39
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica .....	39

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	Descripción del trabajo de campo .....	41
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	46
4.3.	Prueba de hipótesis .....	60
4.4.	Discusión de resultados .....	60

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Contenido nutricional del café .....	16
Tabla 2 Matriz de operacionalización de variables .....	35
Tabla 3 Tratamientos en estudio, cultivo de café con ectomicorrizas y endomicorrizas .....	39
Tabla 4 Precipitación mensual en Oxapampa, periodo del experimento .....	42
Tabla 5 Porcentaje de prendimiento (%) .....	47
Tabla 6 Análisis de variancia para número de hojas por planta a los 120 días (n°) .....	47
Tabla 7 Prueba de Tukey para número de hojas por planta a los 120 días (n°).....	47
Tabla 8 Análisis de variancia para altura de planta a los 120 días (cm) .....	49
Tabla 9 Prueba de Tukey para altura de planta a los 120 días (cm).....	49
Tabla 10 Análisis de varianza para diámetro de tallo (mm).....	51
Tabla 11 Prueba de Tukey en diámetro de tallo a los 120 días (mm) .....	51
Tabla 12 Análisis de varianza para longitud de raíz a los 120 días (cm) .....	53
Tabla 13 Prueba de Tukey para longitud de raíz (cm) .....	53
Tabla 14 Análisis de varianza para peso fresco radicular a los 120 días (g).....	55
Tabla 15 Prueba de Tukey para peso fresco radicular a los 120 días (g) .....	55
Tabla 16 Peso fresco de la parte aérea (g).....	56
Tabla 17 Prueba de Tukey para peso fresco de la parte aérea a los 120 días (g) .....	57
Tabla 18 Análisis de variancia para volumen radicular a los 120 días (cm <sup>3</sup> ).....	58
Tabla 19 Prueba de Tukey para volumen de raíz cm <sup>3</sup> .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Croquis experimental .....	37
Figura 2 Detalles de la parcela experimental .....	37
Figura 3 Número de hojas por planta a los 120 días (n°) .....	48
Figura 4 Desarrollo de número de hojas por planta hasta los 120 días (n°) .....	48
Figura 5 Altura de planta a los 120 días (cm) .....	50
Figura 6 Desarrollo de altura de planta después del repique hasta los 120 días (cm) ....	50
Figura 7 Diámetro de tallo a los 120 días (mm) .....	52
Figura 8 Desarrollo del diámetro de tallo en plantas de café con micorrizas (mm) .....	52
Figura 9 Longitud de raíz a los 120 días (cm) .....	54
Figura 10 Desarrollo de la longitud de raíz después del repique (cm) .....	54
Figura 11 Peso fresco radicular (g) .....	56
Figura 12 Peso fresco de la parte aérea (g) .....	57
Figura 13 Volumen radicular con micorrizas (cm <sup>3</sup> ) .....	59
Figura 14 Días a la producción de plántones (n°) .....	59

## CAPITULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Identificación y determinación del problema

En el Perú la café (*Coffea arabica* L.) es el primer cultivo agrícola de exportación y también es fuente de empleo para más de 2 millones de peruanos abarcando toda la cadena agroproductiva (López, 2020).

En el ámbito nacional, la superficie cultivada de café abarca 345,000 hectáreas, lo que representa una reducción del 19% en comparación con los datos del IV Censo Nacional Agrario realizado en 2012. Esta disminución compromete a la producción a nivel nacional (Junta Nacional de Café, 2023).

La caficultura en Perú enfrenta múltiples desafíos que afectan su productividad. En 2022, la producción alcanzó las 234,200 toneladas, una disminución del 14 % en comparación con las 272,000 toneladas registradas en 2021. Uno de los factores principales es el envejecimiento de las plantaciones, con aproximadamente un 70 % de ellas en declive, lo que impacta de manera significativa en la economía de cientos de miles de caficultores. La provincia de

Oxapampa también sufre por los bajos rendimientos de este cultivo, requiriendo así su renovación (Junta Nacional del Café, 2023).

La producción de café en el Perú, destacando los primero tres departamentos, Cajamarca tuvo una producción en el 2022, con un volumen de 76,821 t. esto representa un 0.6% más que el 2021, luego se encuentra San Martín con 69,950 t. y tuvo una caída de -10.3%, Junín con 65,952 t con una caída de -3.7% respectivamente (Junta Nacional de Café, 2023).

Para establecer una nueva plantación, es fundamental tomar en cuenta ciertos criterios al seleccionar la variedad a cultivar. La variedad Catuaí tiene una muy buena calidad en taza, la altura de la planta es bajo, lo cual facilita su cosecha y manejo, es tolerante al ataque de roya amarilla (*Hemileia vastatrix*) una enfermedad causada por hongos que de no ser controlada compromete la producción (Montañez *et al.*,2022). La roya amarilla es la enfermedad más importante del cultivo de café y el que causa importantes pérdidas económicas en el Perú (Cotrina,2021).

En 2013, el gobierno declaró el estado de emergencia en once regiones del Perú, incluida Junín, debido a la grave afectación causada por la roya amarilla (MINAGRI, 2013). La variedad Catuaí también se recomienda sembrar en zonas secas y de buena exposición a la luz (Cárdenas *et al.*,2017).

La producción de plántones sanos de café en la etapa de almácigo es fundamental desde el punto de vista económico, ya que garantiza el desarrollo de plantas productivas y rentables en el campo.

Los viveros que producen plántones de café utilizan tecnología tradicional, sin embargo, actualmente existe en el mercado endomicorizas y ectomicorizas que promueven el desarrollo del sistema radicular



En la región Pasco se cultiva café en las provincias de Oxapampa y producen café con alto contenido de cafeína lo cual es favorable para el aroma, color y sabor del café en tasa.

En la selva central del Perú, no se han realizado investigaciones sobre el uso de ectomicorrizas y endomicorrizas en la producción de plántones de café en viveros. No obstante, se espera que la aplicación de estos microorganismos favorezca un mejor desarrollo de las raíces.

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

### **1.2.1. Delimitación espacial**

El estudio se realizó en el vivero de la familia Córdova, ubicado en el distrito de Oxapampa, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco. Geográficamente, se encuentra a una altitud de 1814 m.s.n.m., con coordenadas de latitud sur 10° 35' 00" y longitud oeste 75° 24' 00".

### **1.2.2. Delimitación temporal**

La investigación se desarrolló entre diciembre de 2023 y mayo de 2024, abarcando desde la formulación inicial del estudio hasta la entrega del informe final de tesis.

En la selva central del Perú, la siembra de plántones debe coincidir con la época de mayor precipitación, en la provincia de Oxapampa la época de precipitaciones inicia desde el mes de agosto (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2012).

### **1.2.3. Delimitación social**

Para llevar a cabo esta investigación, se contó con el apoyo del equipo humano compuesto por el asesor de la tesis y las tesis, quienes fueron responsables de la ejecución del presente trabajo.

### **1.3. Formulación del problema**

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

¿Cuál será el efecto de ectomicorrizas y endomicorrizas en la producción de plántulas de café variedad Catuai en condiciones de Oxapampa?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

¿Cómo se modificarán las características agronómicas de las plántulas de café variedad Catuai con el uso de ectomicorrizas y endomicorrizas en condiciones de Oxapampa?

¿Cómo será la precocidad de los plántulas de café variedad Catuai con el uso de ectomicorrizas y endomicorrizas en condiciones de Oxapampa?

¿Cuál será la dosis óptima de ectomicorrizas y endomicorrizas en la producción plántulas de café variedad Catuai en condiciones de Oxapampa?

### **1.4. Formulación de objetivos**

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

Determinar el efecto de ectomicorrizas y endomicorrizas en la producción de plántulas de café variedad Catuai en condiciones de Oxapampa.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Evaluar las características agronómicas de las plántulas de café variedad Catuai con el uso de ectomicorrizas y endomicorrizas en condiciones de Oxapampa.
- Evaluar la precocidad de los plántulas de café variedad Catuai con el uso de ectomicorrizas y endomicorrizas en condiciones de Oxapampa.

- Determinar la dosis óptima de ectomicorrizas y endomicorrizas en la producción plantones de café variedad Catuai en condiciones de Oxapampa.

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

### **a. Desde el punto de vista económico**

La provincia de Oxapampa, debido a su ubicación geográfica única y sus condiciones climáticas, ofrece un entorno propicio para fomentar la siembra y cultivo de café. Sus condiciones agroecológicas son favorables, brindando a los agricultores una oportunidad para comercializar su café tanto en el mercado nacional como internacional.

### **b. Desde el punto de vista social**

El cultivo de café constituye una importante fuente de empleo para las familias rurales, lo que a su vez incrementa los ingresos de los agricultores y contribuye a mejorar su calidad de vida.

### **c. Desde el punto de vista tecnológico**

La utilización de ectomicorrizas y endomicorrizas en la producción de plantones de café en vivero favorecerá el desarrollo de plantones de alta calidad. Se mejorará las técnicas de producción de plantones de alta calidad, actualmente los agricultores no hacen uso de micorrizas en los viveros de café, así mismo desconocen la dosis exacta.

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

Se presenta la influencia del cambio climático y las fluctuaciones en la temperatura ambiental. Existen limitaciones para acceder a bases de datos científicas como Scopus, ScienceDirect, entre otras, debido a la falta de acceso

por parte de la UNDAC. La falta de financiamiento económico limita la ejecución del proyecto.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de estudio

En la provincia de Oxapampa, no se han realizado investigaciones sobre el impacto de las ecto y endomicorrizas en la producción de plántulas de café (*Coffea arabica* L.). Sin embargo, en otras latitudes existen trabajos referentes a dicha investigación:

Rodríguez (2001) en la investigación “Efecto del biofertilizante Mycoral® (micorriza arbuscular) en el desarrollo del café (*Coffea arabica* L.) en vivero en Zamorano, Honduras”. El estudio evaluó Mycoral® en plántulas de café ‘Lempira’ en un vivero entre mayo 2000 y abril 2001. Se probaron ocho tratamientos diferentes, incluyendo siembra en almácigo o bandeja multicelda, usando sustrato pasteurizado o no, con o sin Mycoral®. A los 85 días, Mycoral® en la bandeja multicelda aumentó significativamente el peso seco (25-51%), la altura (10-20%), y las raíces secundarias (40-50%) debido a una mayor disponibilidad de nutrientes. En almácigos, hubo un aumento del 35-50% en la raíz pivotante, aunque Mycoral® no tuvo un efecto significativo en la bandeja

multicelda. A los ocho meses, Mycoral® incrementó la longitud de la raíz pivotante, la altura, el grosor del tallo, el número de hojas y el volumen de raíz en más del 20%, 25%, 30%, y 100% respectivamente, gracias a su capacidad para proveer nutrientes escasos. El peso fresco y seco se duplicó en todos los tratamientos con Mycoral®. Pasteurizar el sustrato mejoró el efecto de las micorrizas, siendo la siembra en almácigo más efectiva que la bandeja multicelda, destacando la combinación de Mycoral® con sustrato pasteurizado para obtener plantas óptimas.

Hernandez et al., (2020) en la investigación “La micorriza arbuscular como biofertilizante en cultivo de café”. El estudio evaluó dos tipos de inóculos proporcionados por el Colegio de Postgraduados: uno compuesto por una única especie (*Rhizophagus aggregatus*) y otro que incluye varias especies (*Glomus claroides*, *Rhizophagus diaphanus* y *Paraglomus albidum*), denominado CMgrp, aplicados a plántulas de café de diversas variedades. Se evaluaron diversas variables, como altura de la planta, materia seca, contenido de fósforo en hojas y la interacción planta-hongo. El consorcio CMgrp mostró los mayores incrementos en altura y materia seca (1774% y 1701% respectivamente para garnica) y en contenido de fósforo (650% en catimor). Las variedades garnica y caturra respondieron mejor a la micorrización, mostrando altos porcentajes de colonización y eficiencia en la absorción de fósforo. Las plantas inoculadas con CMgrp exhibieron una mejor salud según el índice Em. Se sugiere usar este consorcio como biofertilizante en plantas de café para asegurar el éxito del trasplante, lo que resultaría en ahorro económico y temporal para los productores.

Ibarra et al., (2014) en la investigación “*Coffea canephora* (Pierre) ex Froehner inoculado con micorriza y bacteria fijadora de nitrógeno en vivero”. El

estudio, realizado entre noviembre de 2012 y mayo de 2013, evaluó el impacto de la inoculación con *Rhizophagus intraradices* y *Azospirillum brasilense* en *C. canephora* en diferentes factores de crecimiento y desarrollo en dos tipos de sustratos en vivero. Utilizó Andosol-mólico y dos mezclas de suelo: El sustrato utilizado consistió en una mezcla de suelo y arena de río en proporción 1:1, así como suelo con un 30% de pulpa de café, todo dispuesto en bolsas de plástico de 5 kg. Los tratamientos aplicados fueron: testigo, *R. intraradices*, *A. brasilense* y la combinación de ambos en cada tipo de sustrato. Se utilizaron ocho tratamientos en total, los cuales fueron distribuidos aleatoriamente en parcelas. Se realizaron muestreos periódicos para evaluar variables morfológicas, fisiológicas, colonización micorrízica y concentración de fósforo a los 140 días del trasplante. La inoculación individual de microorganismos favoreció el crecimiento y la acumulación de materia seca en comparación con el testigo. *A. brasilense* promovió mayor biomasa durante la evaluación, mientras que *R. intraradices* aumentó la concentración de fósforo en el tejido vegetal y mostró mayor colonización micorrízica en el tercio inicial de la raíz.

Álvarez (2017) en la investigación “Efecto de ácido húmico y micorriza el crecimiento de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) a nivel de vivero en San Pedro La Convención - Cusco”. El estudio, realizado de mayo a octubre de 2014, buscaba identificar la óptima cantidad de ácido húmico para el desarrollo de plántulas de café y su combinación con micorriza. Utilizó el diseño experimental Bloques Completos al Azar (BCA) con 9 tratamientos y 3 repeticiones, evaluando varias métricas como longitud de raíz, número de raíces secundarias, diámetro del tallo, altura, peso fresco y seco de raíces y parte aérea, y días para formar hojas. Los resultados señalan que dosis de 10 y 15 ml de ácido húmico mostraron

los mejores resultados para el desarrollo. En cuanto a la dosis de micorriza, se determinó que 5 y 10g fueron óptimas. El análisis económico del experimento mostró un costo global de S/. 781,19, con un costo unitario por tratamiento de S/. 76,80. El costo por plantón fue de S/. 1,45 con un precio de venta de S/. 2,00, lo que generó una relación beneficio costo de 1,56, indicando una ganancia de S/. 0,56 por sol invertido.

Vallejos et al., (2019) en la investigación “Efecto de hongos formadores de micorrizas arbusculares en clones de café (*Coffea arabica*) variedad Caturra”. El estudio evaluó el efecto de la incorporación de hongos micorrícicos arbusculares en la propagación de plantas clonales de café Caturra bajo condiciones de invernadero en la provincia de Rodríguez de Mendoza, Amazonas, Perú. Se empleó un diseño experimental aleatorio con tres repeticiones y trece tratamientos, utilizando hongos aislados de fincas cafetaleras y multiplicados mediante plantas de maíz. Los clones de café, cultivados en sustrato esterilizado, recibieron una dosis de 1500 esporas de estos hongos. Los mejores resultados se observaron al emplear los hongos San Nicolás-1 en la variedad Típica, Omia V en la misma variedad, y Omia VI en la variedad Caturra. Se encontraron diferencias significativas en la altura de las plantas y en la producción de masa seca, tanto en la parte aérea como en las raíces, en comparación con el control no inoculado ( $P < 0.005$ ). La procedencia de los hongos afectó la colonización radicular y la población de micelio extraradicular. Este estudio subraya la dependencia del cultivo de café de la asociación simbiótica con hongos micorrícicos arbusculares nativos, facilitando la absorción de nutrientes y agua para el crecimiento de las plantas.



## **2.2. Bases teóricas científicas**

### **2.2.1. Historia del café**

Según Aguilar et al. (2018), el café (*Coffea arabica* L.) posee una historia fascinante que se originó en las montañas de Etiopía. Se cuenta que un pastor observó que sus cabras se volvían más activas tras consumir los frutos rojos de un arbusto, lo que llevó al descubrimiento de las propiedades del café. Este hallazgo facilitó su expansión en la región y, posteriormente, su difusión a través de la Ruta del Mar Rojo hacia el Medio Oriente, donde comenzó a cultivarse en Yemen en el siglo XV. Desde allí, el café se difundió por todo el mundo árabe, convirtiéndose en una bebida popular y de gran significado social. En el siglo XVII, los europeos llevaron el café a sus colonias, lo que impulsó su comercio y expansión global. Actualmente, el café es una de las bebidas más consumidas en todo el mundo, con plantaciones que abarcan desde América Latina hasta Asia, y su cultura se ha transformado en un arte, una tradición y una industria esencial para muchas sociedades.

### **2.2.2. Comercio Internacional**

El café ha experimentado una redefinición en el ámbito agroindustrial, ofreciendo productos de alta calidad que integran principios de sostenibilidad para los consumidores y actores de la cadena de valor. Este concepto se ha ampliado con la inclusión de un segmento de mercado premium: café de calidad accesible al consumidor promedio, con un enfoque en la sostenibilidad. Para lograr el éxito, tanto los productores como los consumidores están vinculando la calidad del producto con la sostenibilidad, reconociendo su impacto en el medio ambiente y en las vidas de las personas que están "detrás de cada taza" (Von et al., 2022).

La industria cafetera juega un papel fundamental en la economía de los países tanto exportadores como importadores. Se ha consolidado como la bebida preferida de un número creciente de consumidores a nivel global. Además, el café es uno de los productos agrícolas más comercializados a nivel mundial. Los principales países importadores en 2019 fueron los Estados Unidos de América (\$6.200 millones), Alemania (\$3.500 millones) y Francia (\$2.800 millones (Von der Goltz *et al.*, 2022).

### **2.2.3. Origen del café**

El café y sus diversas especies tienen su origen en África. *Coffea arabica* está geográficamente aislada, restringida a dos bosques montañosos ubicados entre el oeste y el este del Gran Valle del Rift, en el sur de Etiopía, mientras que otras especies de café se distribuyen por las zonas centrales y occidentales del continente africano (Mesfin y Lisanework, 1996, citado en Andia, 2016).

La introducción del café arábico en América ocurrió alrededor de 1717, cuando se enviaron semillas desde Ámsterdam (Holanda). Estas plantas originarias de Ámsterdam provenían de Java, donde las plántulas ya habían sido establecidas con semillas traídas de Arabia. Desde Ámsterdam, las plántulas fueron llevadas a Surinam (Guyana Holandesa), luego a Cayena (Guyana Francesa) y, más tarde, se expandieron a diversas islas del Caribe, lo que permitió que Haití se convirtiera en el principal productor de café en América. A finales del siglo XVIII se llevó a Cuba, de ahí paso a centro América, México, Colombia y Cafetos procedentes de Suriman o Cayena llegó a Brasil (León,1968, como se citó en Andia,2016).

### **2.2.4. Clasificación taxonómica**

Carvalho, A. (1952) clasifica al café de la siguiente manera:

Reyno : Plantae  
División : Magnoliophyta  
Sub-división : Angiospermae  
Clase : Magnoliata  
Sub-clase : Asteridae  
Orden : Rubiales  
Familia : Rubiaceae  
Género : Coffea  
Especie(s) : arabica, canephora, liberica, etc.  
Nombre vulgar : “Café”

Koehbach, J., & Gruber, C. (2015) manifiestan que el café pertenece a la familia rubiáceas y dentro de esa familia existe alrededor de 650 géneros.

#### **2.2.5. Botánica del café**

El Coffea arabica es la única especie dentro del género que es al tetraploide con  $2n = 4x = 44$  (Berthaud y Charrier, 1964, como se citó en León, 2022).

El café es una planta arbustiva que presenta un único eje central, en cuyos extremos se encuentra una zona de crecimiento activo que alarga el tallo. De esta zona se forman nudos y entrenudos, de los cuales surgen ramas laterales que, a su vez, crecen en dirección vertical, extendiéndose hacia la parte superior del eje. A medida que se desarrollan nuevas ramas en diversos ángulos, la planta adquiere una forma cónica. El eje central, o ramas ortotrópicas (de crecimiento vertical), está encargado principalmente de reducir las yemas vegetativas. Por otro lado, las ramas laterales (plagiotrópicas), llegan a ser las ramas primarias, de ello se originan las ramas plagiotrópicas secundarias (Andia, 2016 y CENICAFE, 2008).

**a. La raíz**

La raíz del café está compuesta por diferentes tipos de raíces: pivotantes, axiales, laterales y raicillas. Las raíces axiales o de sostén se originan de la parte pivotante; de la parte lateral generalmente se desarrollan las raicillas que, en un alto porcentaje van entre (80 - 90 %) y se encuentran a los primeros 30 cm del suelo que llegan a tener un radio de 2 a 2,5 m a partir de la base del tronco, las raicillas cumplen un rol muy importante porque le permite a la planta la posibilidad de absorber los nutrientes y agua del suelo (Alvarado y Rojas, 2007). A un año de la instalación en campo definitivo del cafeto, la raíz principal logra alcanzar una profundidad mayor a 20 cm, en el segundo año después alcanza una profundidad de 30 cm, en plantas adultas de siete años, la raíz llega hasta una profundidad de 50 cm (De la Cruz, 2021).

**b. Tallo**

El tallo del café es leñoso y recto, con una longitud que varía entre 2.0 y 5.0 metros, dependiendo del clima, del tipo de suelo y de las variedades comerciales. En una planta de café adulta, la parte inferior es cilíndrica y la parte superior es cuadrangular y de color verde, el tallo tiene la particularidad de producir tres tipos de yema que son: el tallo, bandolas y hojas (Alvarado y Rojas, 2007). Las ramas primarias dan origen a las ramas plagiotrópicas secundarias que a su vez pueden originar ramificaciones terciarias o también conocidas como “palmillas” en ambos se ubican las flores y posterior los frutos (Arcilla et al. 2007).

**c. Hoja**

La hoja del café tiende a cumplir tres procesos fisiológicos muy importantes que compromete el desarrollo vegetativo y reproductivo, así también como

el crecimiento, estos son: la fotosíntesis, la respiración y la transpiración, las láminas de las hojas del cafeto pueden llegar a medir de 12 a 24 cm de largo por 5 a 12 cm de ancho, variando así su forma de elíptica a lanceolada, el tamaño de hoja tiende a variar por diferencia de especies y por condiciones de sombra o plena exposición al sol (Alvarado y Rojas, 2007).

El crecimiento de las hojas en la planta del cafeto comienza con la subdivisión de células en una de las tres capas celulares más superficiales, próxima a la yema apical, esta subdivisión da origen a una protuberancia lateral denominada primordio foliar, que posteriormente, mediante divisiones celulares sucesivas y el crecimiento de las células, se desarrolla en una hoja madura, las hojas jóvenes adoptan un color verde claro y a medida que se va desarrollando esta se vuelve de color verde oscuro, de tal manera, las hojas del café son glabras (sin pelos), tiene un sistema de nervadura reticulado, con una nervadura central y de 9 a 12 nervaduras secundarias para ambos lados de la hoja, recurvadas y sobresalientes en el envés, los bordes de la lámina foliar son enteros levemente ondulados (Flórez, 2013).

El peciolo es un órgano muy importante que se encarga de brindar soporte a la hoja, y está unido al tallo por esta razón también es un conductor para transporte de agua, sales minerales y fotoasimilados (Flórez, 2013).

Las hojas del café son hipoestomáticas, ya que presentan estomas únicamente en el envés. La distribución de estos estomas está determinada por factores genéticos, ambientales y el estadio de desarrollo de la hoja. La transpiración es regulada ya que las estomas se abren y sierran de manera rápida y eso hace que el cultivo de café tenga resistencia en cierta forma a las sequías (Flórez, 2013).

### 2.2.6. Composición química del café

Fierro *et al.* (2018) presenta la tabla con la composición nutricional del cultivo de café (*Coffea arabica* L.) el cual puede variar según factores como la variedad, las condiciones de crecimiento, el suelo y las prácticas agrícolas. Se ofrece a continuación una estimación general de la composición nutricional del café en grano crudo por cada 100 gramos:

**Tabla 1** Contenido nutricional del café

<b>Componente Nutricional</b>	<b>Cantidad por 100g</b>
Calorías	2
Grasas totales	0.1 g
Grasas saturadas	0 g
Colesterol	0 mg
Sodio	2 mg
Carbohidratos totales	0.3 g
Fibra dietética	2.4 g
Azúcares	0 g
Proteínas	0.2 g
Cafeína	Aproximadamente 40 – 75 mg

### 2.2.7. Especies cultivadas en el Perú

Palomino *et al.* (2014) destacan que el Perú se reconoce mundialmente como uno de los principales productores de café de alta calidad, cultivando diversas especies. Las más predominantes son *Coffea arabica* y *Coffea canephora* (conocida como robusta). A continuación, se presenta información detallada sobre las especies cultivadas:

*Coffea arabica*: Los cafés arábica peruanos suelen tener perfiles de sabor que incluyen notas frutales, florales y cítricas. Además, muchos de estos cafés

son cultivados en regiones de gran altitud, lo que contribuye a la acidez y complejidad en taza.

*Coffea canephora (Robusta)*: El café robusto se caracteriza por un sabor más intenso, con notas terrosas y amargas, en comparación con el café arábica. Su contenido de cafeína es superior, lo que lo hace ideal para su inclusión en mezclas de café o en la producción de café instantáneo.

*Coffea liberica*: El café Ibérica se caracteriza por un sabor único, que generalmente se describe como más afrutado y floral en comparación con otras especies.

*Coffea excelsa (Coffea liberica var. dewevrei)*: El "Café Liberica de Liberia", una variante adicional de *Coffea liberica*, se encuentra presente en diversas regiones del Perú.

#### **2.2.8. Producción de café en el Perú**

En el Perú la producción de café está localizada en 17 regiones, 67 provincias y 338 distrito y participan cerca de 225 mil familias de los cuales el 95 % representan los pequeños productores, es decir los que cuentan con menos 5 hectáreas (MINAGRI, 2019, como se citó en Villano, 2021).

El territorio de Oxapampa contribuye con el 4.2 % de la producción total de café en el Perú, que se caracteriza por una alta producción de café Arábica. Las variedades predominantes son Típica, con un 70 %, seguida de Caturra con un 20 %, y un 10 % de otras variedades. Es común que algunos caficultores mezclen diferentes variedades en sus parcelas, las cuales suelen asociarse con especies destinadas a la sombra. Las áreas de cultivo se concentran en su mayoría, un 75 %, en altitudes que oscilan entre los 1000 y 1800 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

### **2.2.9. Requerimiento edafoclimático**

Ludeña (2023) señala que el cultivo de café necesita las siguientes condiciones edafoclimáticas:

#### **a. Clima**

El café prospera en temperaturas moderadas, siendo la franja óptima para su desarrollo entre 10°C y 32°C. Las heladas representan un riesgo, ya que el café es más susceptible al frío que la variedad robusta. El cultivo de café arábica se beneficia de las altitudes altas, y las zonas de cultivo situadas entre 600 y 2,200 metros sobre el nivel del mar ofrecen condiciones ideales para su crecimiento.

#### **b. Suelos**

El café prospera en suelos bien drenados, siendo ideales aquellos de textura franca o arcillosa con buena capacidad de retención de agua. El pH del suelo debe mantenerse en un rango ligeramente ácido a neutro, generalmente entre 6.0 y 6.5. Además, la incorporación de materia orgánica y nutrientes es fundamental para asegurar la salud y el desarrollo adecuado de las plantas.

### **2.2.10. Micorrizas**

Rivillas et al., (2019) menciona que las micorrizas son una colaboración simbiótica entre las raíces de las plantas y ciertos hongos del suelo, siendo una relación beneficiosa para ambas partes. El hongo, que no puede realizar fotosíntesis, recibe carbohidratos de la planta, mientras que ofrece a esta una serie de ventajas para su crecimiento, salud y nutrición. Esta simbiosis, que proviene de las palabras griegas mycos (hongo) y rrhiza (raíz), es clave en las micorrizas arbusculares, las cuales se destacan por expandirse más allá de las raíces y formar una red de micelio para explorar el suelo y obtener nutrientes y agua para las



plantas. Este intercambio beneficioso se basa en una relación mutualista donde tanto el hongo como la planta se benefician. Las ventajas de esta colaboración para el desarrollo y la salud de las plantas.

#### **2.2.11. Variedades de café**

En la actualidad, si se va a desarrollar variedades de la especie arábica de porte bajo y alto con resistencia a roya, se realiza a partir de un cruzamiento de plantas híbridos de Timor resistentes al hongo *Hemileia vastatrix* con variedades que son susceptibles a este patógeno, pero que se caracterizan por un potencial de alta productividad y excelente taza, como son: Caturra, Villa Sarchi, Catuaí, Bourbon, Típica y de otras variedades mejoradas (Velásquez, 2021).

##### **- Variedad Catuaí de frutos rojos:**

El nombre "Catuaí" proviene del tupí-guaraní y significa "muy bueno". Este cultivar es el resultado de un cruce artificial entre las variedades de *C. arabica* Mundo Novo IAC 374-19 y Caturra amarillo IAC 476-11, seleccionadas por su productividad. El cruce se realizó en 1949, obteniendo el prefijo IAC H 2077. Fue lanzado con fines comerciales en 1972 por el IAC y registrado en el Registro Nacional de Cultivares de Brasil en 1999. Dentro de sus características tiene entrenudos cortos y las ramificaciones secundarias abundantes y su sistema radicular es muy desarrollado, las inflorescencias son de 3-4 por axila foliar y el número de flores/inflorescencia es de 3-5, el peso del fruto varía entre 1.10 a 1.24 g. (Julca *et al.*, 2023).

La variedad muestra una excelente adaptación, lo que ha resultado en buenos rendimientos en la mayoría de las regiones cafetaleras del Perú. Los espaciamientos entre hileras oscilan entre 2.0 y 3.5 metros, mientras que entre plantas varían de 0.5 a 0.6 metros en las zonas de clima cálido. Para regiones frías

2.0 a 3.5 x 0.7-1.0 m. Actualmente, con densidades muy altas (2.5 x 0.5-0.6 m; 2.8 x 0.5-0.6 m; 3.0 x 0.5-0.6 m), se obtienen rendimientos muy elevados, entre los 60 a 80 sacos por hectárea de café verde (Julca et al., 2023).

La planta muestra una excelente adaptación en altitudes que van desde los 600 hasta los 1370 m.s.n.m. Su porte es bajo, aunque ligeramente superior al de la variedad Caturra, alcanzando una altura promedio de 2.25 metros. Las ramas laterales crecen formando un ángulo cerrado de 45 grados respecto al tallo principal. Presenta entrenudos cortos, y sus hojas jóvenes son de un verde claro, mientras que las hojas maduras tienen una forma redondeada y un tono verde oscuro. Es una variedad muy vigorosa que desarrolla crecimientos laterales con ramas secundarias, sus frutos maduran de manera tardía y no se desprenden fácilmente de las bandolas, existen mayor predominancia los frutos de color rojo y de tamaño mediano, tiene una alta capacidad de producción ya que en condiciones óptimas puede llegar a producir 79 quintales de café pergamino por hectárea (Velásquez, 2021).

#### **2.2.12. Técnica de producción**

##### **a. Vivero:**

Se recomienda usar una cobertura que garantice aproximadamente 50% a 60 % de sombra, con entrada de luz solar de un 50 %, dependiendo la altitud en donde se encuentre (Calderón, 2020).

Una plantación de café exitosa comienza con la producción de plántones de alta calidad en el vivero. Esto no depende exclusivamente de utilizar semillas con una buena calidad genética, sino también de emplear sustratos adecuados, ya que en ellos se desarrollarán sus primeras etapas de vida. El vivero debe tener una

capacidad de 10 % mayor al número de plántones que vayan a ingresar, por ejemplo, si se requiere de 2000 cafetos, el vivero deberá producir 2200 (Borjas, 2008).

Según Arcila (1992), en esta fase, el desarrollo de la raíz se ve limitado por varios factores, entre los que se incluyen: El tamaño reducido de la bolsa: se recomienda utilizar bolsas con dimensiones de 17 cm de ancho por 23 cm de alto para asegurar un adecuado desarrollo de las raíces. La poda excesiva de la raíz durante el repique o el trasplante a la bolsa de polietileno. La siembra inadecuada en la bolsa, donde la raíz se introduce de manera demasiado profunda y en un hoyo descentrado. La presencia de nematodos también constituye un factor limitante.

Otros factores que limitan esta etapa de desarrollo de la raíz es el uso de sustrato con deficiencia de materia orgánica en el llenado a la bolsa, ausencia de riegos oportunos, control de malezas y fitosanitarios (Arcila, 1992).

En esta etapa es fundamental ya que se elige un lugar apropiado donde se va a construir el vivero, se debe considerar aspectos como: elegir un terreno ligeramente plano, la orientación del vivero debe ser de este a oeste, disponibilidad de agua, vías de acceso (Montañez et al., 2022).

#### **b. Selección de semilla:**

A continuación, se define los estados para el proceso de germinación de la semilla (Florez, 2013).

Estado (A) Imbibición: En los primeros cinco días, la semilla inicia la absorción de agua, lo que se manifiesta en un cambio de color de verde azulado a blanco. Alrededor del octavo día, se observa un incremento en el volumen de la parte convexa de la semilla, ubicada precisamente en la región donde se localiza el embrión, y que posteriormente dará origen a la radícula (Florez, 2013).

Estado (B) Brotación: Alrededor de dos semanas después de la siembra, se observa que más del 50% de las semillas han completado el desarrollo de su radícula (Florez, 2013).

Estado (C) Germinación temprana: Cerca de 18 días después del comienzo del proceso de germinación, se observa que más de la mitad de las semillas exhiben una radícula de color rosado con una curvatura geotrópica, que es influenciada por la gravedad (Florez, 2013).

Estado (D) Germinación tardía: Unos 25 días tras la siembra, la radícula se alarga completamente y muestra un aumento de grosor en su base (Florez, 2013).

Estado (E) Elongación: Tras transcurrir 30 días desde la siembra, la radícula se prolonga y exhibe ramificaciones adicionales (Florez, 2013).

De 5 kg de "café cereza" se obtiene aproximadamente 1 kg de semilla, equivalente a 3,500 semillas. De estas, se seleccionan 3,000 cafetos fuertes y vigorosos, los cuales se utilizan para sembrar entre 0.75 y 1 hectárea.

### **c. Germinador**

El café, por ser un cultivo perenne se debe construir el germinador con el fin de garantizar un adecuado manejo agronómico y fitosanitario de las plantas en el estado inicial de desarrollo y así permitir una buena elección de chapolas al momento de hacer el trasplante (Castro et al.,2008).

Las limitaciones en esta etapa se encuentran asociadas en primer lugar a daños mecánicos producidos durante el beneficio de semilla, poca aireación del sustrato de germinación, debido a la textura inadecuada por excesivo riego, también por usar de manera inadecuada agroquímicos de desinfección (Arcila, 1992).

El sustrato utilizado en el germinador es arena del río o arena blanca, la cual debe ser tamizada previamente para eliminar piedras que puedan interferir con el desarrollo de las raíces, además de ser desinfectada. La mezcla de tierra negra u otros materiales no ha dado buenos resultados, por lo que no es necesaria en esta etapa, ya que las plántulas cuentan con reservas de nutrientes en sus cotiledones y no requieren nutrientes adicionales. Antes de esparcir la semilla en el germinador, se debe sumergir en agua por unos 24 a 36 horas, dependiendo del estado de humedad de la semilla, ya que esto ayuda a que el embrión germine más rápido, por lo general el tiempo es de 35 a 40 días dependiendo de la época (Delgado, 2010).

#### **d. Cosecha de semilla**

En el Perú, la legislación vigente en cuanto a semillas está contenida en una ley general que regula la producción de semillas certificadas y no certificadas. No obstante, no existe un protocolo específico para la

certificación de semillas de café. Esta labor queda en manos de los productores y existe una norma para la producción y comercio de semillas plantones de café de la clase no certificada, con el cual se pueden guiar (Borjas et al., 2023).

A continuación, se describe la selección de plantas madre de café y recolección de los frutos según (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2013).

La selección de lotes de cafetales para la recolección de semillas debe basarse en que las plantas madre cuenten con un adecuado desarrollo nutricional y fitosanitario. Además, es necesario que estas plantas tengan una superficie mínima de 0.25 hectáreas, correspondan exclusivamente a la variedad que se desea propagar, sin mezcla con otras variedades, y tengan una edad entre 4 y 10 años.

Recolección de las semillas del café

Es necesario realizar la recolección de los cerezos durante la cosecha plena, específicamente en la segunda pasada. Se deben seleccionar los frutos ubicados en el tercio medio de la planta y las ramas, asegurando que solo se recojan los cerezos maduros, evitando aquellos que estén pintones o sobre maduros.

**e. Construcción del germinador**

Para instalar el germinador es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos como: la época recomendable para la instalación que puede ser entre los meses de mayo a julio, la cantidad de semilla de café para 1 hectárea es de 2.5 kg, las dimensiones del germinador para 2,5 kg de semilla es de 1x3 x 0.25 m, que a su vez va a necesitar 9 carretillas

de arena fina, la desinfección se hace por solarización por 2 días, uso de agua caliente (100°C) (Montañez et al., 2022). La desinfección de las camas debe realizarse 4 a 6 días antes de colocar las semillas (González, 2022).

Para la construcción del germinador, se recomienda utilizar guadua o madera. Este debe elevarse a una altura adecuada sobre el suelo para evitar daños por salpicaduras de lluvia, contaminación causada por agua de escorrentía de cualquier origen, daños por animales domésticos y la proliferación de patógenos como el hongo *Rhizoctonia solani*, un organismo nativo del suelo. En cuanto al tamaño, se debe considerar que por cada metro cuadrado se debe depositar 1 kg de semilla. La base donde se colocará la arena debe tener 30 cm de profundidad, distribuidos en capas: primero, una capa de gravilla de 1 cm de espesor, seguida de una capa de arena fina cernida, libre de impurezas y piedras, con una profundidad de 20 cm. Aproximadamente se va a necesitar 140 kg de arena para poder cubrir un metro cuadrado de germinador (Castro et al., 2008).

Al sembrar las semillas, es importante evitar el amontonamiento. Estas deben ser distribuidas al voleo o en surcos bien definidos. Una vez finalizada la siembra, se debe cubrir la cama de germinación con materiales como vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), costales de yute u otros adecuados. El plazo de germinación va a depender de factores ambientales, zonas de vida de la unidad productiva (González, 2022).

**f. Almacigo**

Cuando las chapolas han alcanzado el estado adecuado para el trasplante, es decir, cuando sus dos hojas cotiledonares están completamente desarrolladas y extendidas, es el momento de comenzar la etapa de almacigo. No es recomendable sembrar en estado de fosforo, esto debido a que es complicado hacer la selección al momento de la siembra a la bolsa y todavía son susceptibles al ataque de hongos y que puede conllevar a constantes resiembras (Gaitán, 2011).

Cuando se va a sembrar las plántulas o chapolas, estas deben tener una raíz derecha y bien apretada dentro de la bolsa para que haya un contacto con el suelo, se puede apoyar con un palo para hacer el hoyo (Mejía, 2021).

**g. Manejo de arvenses**

El control de las arvenses es fundamental en todas las fases del desarrollo del café, ya que obstaculizan su crecimiento y compiten por recursos como agua y nutrientes. Esto se expresa por la disminución de altura, número de hojas, diámetro del tallo, peso total (parte aérea y raíces), a la vez llegan a ser hospedante de plagas (Gaitán et al., 2013).

**h. Preparación de sustrato**

Crear una condición de aireación, infiltración de agua y fertilizante dentro de los espacios porosos del suelo es importante para que la raíz se desarrolle, el sustrato deberá ser franco/arenoso, para lograr esto se debe mezclar 50% de tierra, 25% de pulpa y 25% de arena (siempre



cerniendo o tamizando estos materiales), una forma de comprobar la textura adecuada es que se debe tomar una bola de tierra amasada y tirarla hacia arriba y si al caer en la mano se desprende la tierra, es una buena textura, si la bola queda intacta no es el sustrato adecuado (Delgado,2010).

Gonzáles (2022), describe que existen dos formas en que se puede preparar el sustrato para el almácigo:

Sustrato utilizando el perfil del suelo

Para ello se requiere de 50% del perfil del suelo, 25 % de materia orgánica puede ser lombricompost o pulpa de café descompuesta, 25 % de arena de río cernida.

Sustrato utilizando el material del subsuelo

Se necesitarán los siguientes componentes para preparar el sustrato: 50% de material subsuelo cernido, utilizando una zaranda de  $\frac{3}{4}$  de pulgada; 25% de materia orgánica; y 25% de cascarilla de arroz. Una vez que los ingredientes estén mezclados, se deberá incorporar 20 libras de cal dolomita por cada metro cúbico de sustrato, además de 10 libras de fosfato monoamónico y 10 libras de cloruro de potasio (KCl).

### **2.2.13. Manejo integrado en vivero**

Dentro de los aspectos importantes al producir plantones de café en vivero es conocer el Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPyE), comprendiendo como una serie de prácticas que buscan disminuir el impacto de plagas y enfermedades en vivero (Gaitán et al., 2013).

- **Nematodos del nudo radical (*Meloidogyne spp*)**

Durante la fase de almácigo, cuando las condiciones ambientales son favorables, los nematodos infectan las raíces en formación de las plantas de café. El suelo, que sirve como sustrato, es la principal fuente de infestación. Los síntomas en los plántones incluyen un crecimiento limitado, clorosis en las hojas en casos graves y, en situaciones extremas, la muerte de las plantas. Estos nematodos se localizan principalmente en las raíces, provocando su deformación y formando un abultamiento similar a una cadena de perlas a lo largo de la raíz principal. Para su control, es fundamental aplicar preventivamente un producto biológico que contenga hongos antagonistas, como *Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*.

- **Damping-off (*Rhizoctonia solani*)**

El hongo se manifiesta en focos dentro del germinador. Si el ataque ocurre en etapas tempranas, impide que las semillas emerjan debido al daño que causa en el embrión. En las chapolas o en el fósforo, el tallo muestra una pequeña mancha oscura, húmeda y hundida que crece progresivamente hasta rodear completamente el tallo, lo que provoca el volcamiento y la muerte de la plántula. Su control consiste en tratar la arena de río empleada como sustrato, se puede usar un fungicida como tiabendazol (Mertect) (Castro, 2005).

La desinfección del germinador debe efectuarse de 4 a 6 días antes de sembrar las semillas. Para la desinfección se puede usar agua hirviendo o productos químicos (Gonzales,2022).

- **Mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*)**

El hongo se caracteriza por causar manchas de color marrón oscuro en las hojas del cafeto, las cuales pueden estar rodeadas de un halo amarillo. A

medida que el hongo progresa en su hospedero, puede provocar la defoliación y un retraso en el crecimiento de la planta. Su desarrollo se ve favorecido por ambientes con alta humedad y exceso de sombra. Para su control se recomienda usar micorrizas en germinadores y almácigos de café, ya que favorece la absorción de fosforo y otros nutrientes al tiempo de que la colonización de las raíces por el hongo benéfico favorece como barrera ante el ataque de patógenos (Gaitán et al., 2013).

- **Roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*)**

Generalmente, no se observan muchos casos de ataque de roya en los plantones de café en vivero. Sin embargo, su aparición se ve favorecida por la alta humedad generada por las continuas precipitaciones y las bajas condiciones de luminosidad. Este fenómeno puede presentarse si más del 5% de los plantones presentan pústulas del hongo. No es recomendable usar productos químicos como cyproconazol ya que se ha demostrado ser toxico para plantas jóvenes, solo se tiene que esperar a que cumpla 1 año para aplicar al follaje, en una concentración de 1 cc.L-1 y volumen de 10 cc/planta (Gaitán et al., 2013).

**2.2.14. Micorrizas usadas**

**a. Great white**

Plant-success (2023) menciona que contiene hongos micorrícicos cuidadosamente seleccionados y adecuados para una amplia variedad de suelos, climas y plantas. En la naturaleza, estos hongos construyen un sistema microbiano dentro y sobre las raíces de las plantas que mejoran en gran manera el crecimiento y vigor de las plantas.

Contiene ingredientes de alimentos no

vegetales:

Micorrizas (219,576 propágulos por gramo)

Ectomicorriza/gramo

Pisolithus tinctorius - 187,875 prop/gramo

Rhizopogon luteolus - 5,219 prop/gramo

Rhizopogon fulvigleba - 5,219 prop/gramo

Rhizopogon villosullus - 5,219 prop/gramo

Rhizopogon amylopogon - 5,219 prop/gramo

Scleroderma citrinum - 5,219 prop/gramo

Scleroderma cepa - 5,219 prop/gramo

Endomicorriza/gramo

Glomus aggregatum - 83 prop/gramo

Glomus intraradices - 83 prop/gramo

Glomus mosseae - 83 prop/gramo

Glomus etunicatum - 83 prop/gramo

Glomus clarum- 11 prop/gramo

Glomus monosporum - 11 prop/gramo

Glomus deserticola - 11 prop/gramo

Paraglomus brasilianum -11 prop/gramo

Gigaspora margarita - 11 prop/gramo

Contiene 525,000 UFC por gramo de cada uno

de las siguientes 14 especies:

Azotobacter chroococcum

Bacillus subtilis

Bacillus licheniformis

Bacillus azotoformans

Bacillus megaterium

Bacillus coagulans

Bacillus pumilus

Bacillus thuringiensis

Bacillus amyloliquefaciens

Paenibacillus durum

Paenibacillus polymyxa

Pseudomonas aureofaciens

Pseudomonas uorescens

Saccharomyces cerevisiae

**b. Organics granular**

Plant-success (2023) menciona que es un grupo diverso de organismos benéficos del suelo que se adaptan bien a una variedad de suelos, climas y plantas. En la naturaleza, las micorrizas construyen un sistema microbiano dentro y sobre las raíces de las plantas que puede mejorar la absorción de agua y nutrientes.

Análisis garantizado:

Nitrógeno total (N) 3%

0.75% de nitrógeno soluble en agua

2.25 % Nitrógeno insoluble en agua

Fosfato disponible (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 1%

Potasa soluble (K<sub>2</sub>O) 2%

Derivado de: harina de pluma hidrolizada, harina de carne, harina de huesos, harina de aves de corral,

harina de sangre, harina de pescado y langbenita.

También contiene ingredientes de alimentos

no vegetales:

Micorriza - 467,046 (propágulos por gramo)

Ectomicorrizas

*Pisolithus tinctorius* - 220,000 props / gramo

*Rhizopogon luteolus* - 5,500 props / gramo

*Rhizopogon fulvicleba* - 5,500 props / gramo

*Rhizopogon villosullus* - 5,500 props / gramo

*Rhizopogon amylopogon* - 5,500 props / gramo

*Scleroderma cepa* - 11,000 props / gramo

*Scleroderma citrinum* - 11,000 props / gramo

*Suillus granulatus* - 145,000 prop / gramo

*Laccaria bicolor* - 29,000 prop / gramo

*Laccaria laccata* - 29,000 prop / gramo

Endomicorriza

*Glomus etunicatum* - 9 objetos / gramo

*Glomus intraradices* - 9 props / gram

*Glomus mosseae* - 9 objetos / gramo

*Glomus aggregatum* - 9 objetos / gramo

*Glomus clarum* - 2 accesorios / gramo

*Glomus deserticola* - 2 pilares / gramo

*Glomus monosporum* - 2 pilares / gramo

*Gigaspora margarita* 2 props / gramo

*Paraglomus brazilianum* 2 props / gramo

Bacterias:

*Bacillus licheniformis* - 1,700,000 CFU / gramo

*Bacillus megaterium* - 1,300,000 CFU / gramo

*Bacillus pumilus* - 1,300,000 CFU / gramo

*Bacillus azotoformans* - 1,100,000 CFU / gramo

*Bacillus coagulans* - 1,100,000 CFU / gramo

*Bacillus thuringiensis* - 1,100,000 UFC / gramo

*Paenibacillus polymyxa* - 1,100,000 UFC / gramo

*Paenibacillus durum* - 1,100,000 CFU / gramo

*Azotobacter chroococcum* - 1,100,000 CFU / gramo

*Pseudomonas aureofaciens* - 1,100,000 UFC / gramo

*Pseudomonas uorescens* - 1,100,000 UFC / gramo

*Bacillus amyloliquefaciens* - 600,000 CFU / gramo

*Bacillus subtilis* - 175,000 UFC / gramo

También contiene las siguientes especies:

*Trichoderma koningii* - 400,200 UFC / gramo

*Trichoderma harzianum* - 266,800 UFC / gramo

*Saccharomyces cerevisiae* - 1,100,000 UFC / gramo.

### 2.3. Definición de términos básicos

#### - Micorrizas

La micorriza es una asociación simbiótica entre las raíces de las plantas y ciertos hongos del suelo que beneficia a ambas partes. Los hongos ayudan a las plantas a absorber nutrientes y agua del suelo, mientras que las plantas les proporcionan carbohidratos. Esta relación mejora el crecimiento, la salud y

la nutrición de las plantas. La palabra "micorriza" proviene de los términos griegos "mycos" (hongo) y "rhiza" (raíz).

- **Vivero**

Un área de terreno destinada al cultivo de plántulas o plantas jóvenes de cualquier especie vegetal, que requiere un cuidado específico para su desarrollo adecuado.

- **Variedad de café**

Conjunto de plantas que comparten características comunes y estables.

- **Cafeto**

Es una planta que se distingue por la producción del metabolito secundario conocido como cafeína, lo que explica su consumo.

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

El efecto de ectomicorrizas y endomicorrizas será significativo y positivo en la producción de plantones de café variedad Catuai en condiciones de Oxapampa.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- Las características agronómicas de las plántulas de café variedad Catuai se modifican significativa y positivamente con el uso de ectomicorrizas y endomicorrizas en condiciones de Oxapampa.
- La precocidad de los plantones de café variedad Catuai es significativa y positiva con el uso de ectomicorrizas y endomicorrizas en condiciones de Oxapampa.



- La dosis óptima de ectomicorrizas y endomicorrizas en la producción de plantones de café variedad Catuai en condiciones de Oxapampa es de 16 g/litro.

## 2.5. Identificación de variables

- **Variable independiente:** efecto de ectomicorrizas y endomicorrizas.
- **Variable dependiente:** producción de plantones de café variedad Catuai.

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

**Tabla 2** *Matriz de operacionalización de variables*

Variables	Dimensiones	Indicadores
<b>Variable independiente:</b> efecto de ectomicorrizas y endomicorrizas.	<b>Características agronómicas</b> • Porcentaje de prendimiento en bolsa	%
	• Número de hojas a los 60 días	n°
	• Número de hojas a los 120 días	n°
<b>Variable dependiente:</b> producción de plantones de café variedad Catuai	• Altura de planta a los 60 días	cm
	• Altura de planta a los 120 días	cm
	• Diámetro de tallo a los 60 días	cm
	• Diámetro de tallo a los 120 días	cm
	• Longitud de raíz a los 60 días	cm
	• Longitud de raíz a los 120 días	cm
<b>Variable interviniente:</b> Condiciones agroclimáticas de Oxapampa.	• Peso fresco radicular a la producción de plantones	g
	• Peso fresco de la parte aérea a la producción de plantones	g
	• Volumen radicular	cm <sup>3</sup>
	<b>Precocidad de los plantones</b> • Número de días a la producción de plantones.	n°

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

La investigación realizada fue de enfoque inductivo-aplicado, con un diseño experimental y un enfoque deductivo, utilizando parámetros técnicos para evaluar el impacto de las ectomicorrizas y endomicorrizas.

#### **3.2. Nivel de investigación**

El presente estudio se desarrolló con un enfoque descriptivo y explicativo, con el objetivo de obtener información primaria que facilite una comprensión más profunda. Esto permitió descubrir nuevas interpretaciones que enriquecen y amplían el conocimiento previo sobre las prácticas agrícolas relacionadas con el uso adecuado de ectomicorrizas y endomicorrizas en el cultivo de café.

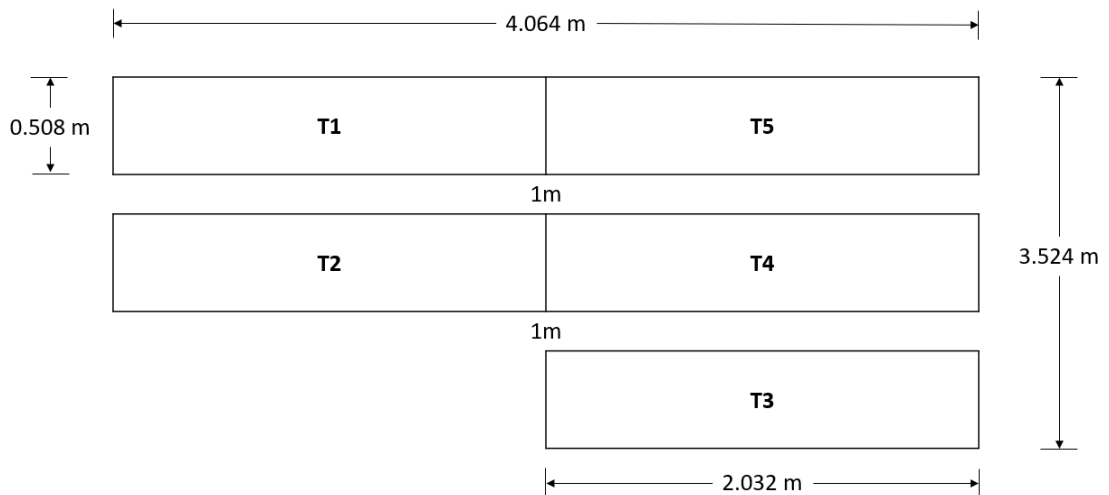
#### **3.3. Métodos de investigación**

Se empleó el método científico experimental y de campo, y se identificaron diversas variables durante la ejecución del experimento.

### 3.4. Diseño de investigación

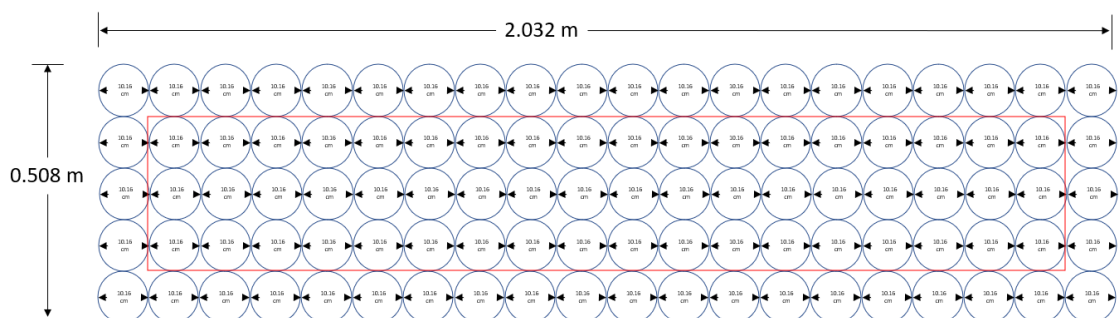
El diseño experimental empleado fue un Diseño Completamente Aleatorio (DCA), con un total de cinco tratamientos y 100 plantas por cada uno.

**Figura 1** *Croquis experimental*



- Área total : 14.32 m<sup>2</sup>
- Área experimental : 5.16 m<sup>2</sup>
- Área de caminos : 8.128 m<sup>2</sup>

**Figura 2** *Detalles de la parcela experimental*



### 3.5. Población y muestra

El estudio se centró en plantas de café (*Coffea arabica* L.) var. Catuaí, a las cuales se les aplicaron ectomicorrizas y endomicorrizas. Las muestras se

tomaron de manera representativa de la población, seleccionando plantas al azar y excluyendo aquellas ubicadas en los bordes.

Población: 500 plántones de café.

Muestra: 10 plántones de café para cada tratamiento.

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

- Observación experimental, con fichas de evaluación prediseñadas.
- Análisis documental.

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

Para la realización de la investigación se utilizaron los siguientes instrumentos:

Balanza analítica: Se empleó una balanza analítica marca OHAUS, modelo PA224, con número de serie PA224. Su sensibilidad es de 0.0001 g y tiene una capacidad máxima de 220 g.

GPS: Para determinar la altitud y latitud del área de estudio, se utilizó un equipo GPS marca GARMIN, número de serie 058753S, con una precisión de 5 a 10 m.

Vernier: Se utilizó un vernier digital de alta precisión marca Vogel, código 202041.3, con una precisión de  $\pm 0.02$  mm y una resolución de 0.01 mm.

Regla métrica: La regla utilizada es de aluminio, material que ofrece mayor rigidez y precisión al momento de medir.

Fichas de evaluación y datos meteorológicos: Se emplearon datos meteorológicos proporcionados por el SENAMHI, provenientes de la estación de Oxapampa, ubicada en la provincia de Oxapampa, región Pasco.

Evaluación de confiabilidad: Para evaluar la confiabilidad del experimento, se aplicó el coeficiente de variabilidad (C.V.), indicador que permite medir la homogeneidad en el manejo de las unidades experimentales. Este coeficiente se expresa en porcentaje, y según Calzada (1985), valores inferiores al 30% son considerados aceptables para este tipo de estudio.

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

Los datos fueron procesados utilizando el Análisis de Varianza (ANVA) y la prueba de significación de Tukey, empleando paquetes estadísticos para garantizar una mayor precisión; específicamente, se utilizó el sistema de Análisis Estadístico Infostat, versión 2020.

### 3.9. Tratamiento estadístico

**Tabla 3** *Tratamientos en estudio, cultivo de café con ectomicorrizas y endomicorrizas*

Tratamientos	Nombre comercial	Dosis *
T1	Great White GW	8 g/litro
T2	Organic Granular OG	8 g/litro
T3	Great White GW	16 g/litro
T4	Organic Granular OG	16 g/litro
T5	Testigo	Sin micorriza

\* Se aplicará 4 veces: una al repique y las 3 siguientes cada 15 días después del repique

### 3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

#### 3.10.1. Autoría

CÓRDOVA BARRIOS, Samanta Jaqueline y VALDEZ MAQUERA, Marleni Maribel, son las autoras del planteamiento y ejecución de la tesis.

### **3.10.2. Originalidad**

Todos los autores mencionados en este estudio han sido citados debidamente, respetando su autoría en la sección de referencias bibliográficas.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

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

##### **4.1.1. Ubicación del campo experimental**

La ejecución de la investigación se realizó mediante diversos trabajos en el vivero de la familia Córdova.

##### **4.1.2. Ubicación Política**

Región : Pasco  
Provincia : Oxapampa  
Distrito : Oxapampa

##### **4.1.3. Ubicación Geográfica**

Latitud Sur : 10° 35' 00"  
Longitud Oeste : 75° 24' 00"  
Región Geográfica : Selva central.  
Sub-cuenca : Rio, Chorobamba  
Altitud : 1823 m.s.n.m.

Temperatura : 12 – 25 °C.

#### 4.1.4. Análisis de suelos

El análisis de suelo no fue realizado, ya que el experimento se llevó a cabo en un invernadero utilizando un sustrato estandarizado.

#### 4.1.5. Datos meteorológicos

La tabla 4 presenta los datos climatológicos del periodo del experimento, observado el cuadro de datos climatológicos en donde se establece la temperatura máxima y mínima; la humedad promedio, la totalidad de precipitación que se registró durante los meses que duró el experimento, Según Juárez (2020), define que la Humedad relativa no debe exceder el 95 % para un desarrollo normal de los plántones de café.

**Tabla 4** *Datos meteorológicos en Oxapampa, periodo del experimento*

Meses	Temperatura °C		HR	Precipitación
	Max.	Min.	%	mm
Dic. 2023	23	12	89	76
Ene. 2024	22	13	92	85
Feb. 2024	24	14	90	110
Mar. 2024	25	12	85	75
Abr. 2024	24	13	80	62
May. 2024	23	15	82	42
			Total, de precipitación	450

Fuente: SENAMHI Oxapampa (2024).

Durante el periodo del trabajo experimental en el cultivo de café, se analizaron los datos meteorológicos. La temperatura máxima registrada fue de 25 °C en marzo de 2024, mientras que la mínima alcanzó los 12 °C en diciembre de



2023 (ver Tabla 4). En cuanto a la humedad relativa, esta no superó el 95 % en ninguno de los meses que duró el experimento. La mayor precipitación se produjo en febrero de 2024, con 110 mm de lluvia, mientras que la menor cantidad se registró en mayo de 2024, con 42 mm. Estos datos sirven como referencia, aunque cabe destacar que la producción de plantones se realizó en un vivero con malla raschel al 50%.

#### **4.1.6. Conducción del experimento**

##### **a. Procedimiento de germinador y recolección de semilla**

Se utilizó el vivero de la familia Córdova para la construcción de un germinador. La cama germinadora fue diseñada para albergar 1 kg de semillas, con dimensiones de 1.20 m de largo y 0.80 m de ancho. Su preparación consistió en una capa de gravilla de 1 cm de profundidad, seguida de una capa de arena fina de 20 cm, extraída del río, y, por último, una capa de arena gruesa de 9 cm. Todos estos materiales fueron desinfectados con 4 litros de agua hervida. Se utilizó semilla de café (*Coffea arabica* L.) variedad Catuaí, proveniente de plantas de 5 años, recolectada del tercio medio de las plantas y sus ramas correspondientes. Luego, se procedió al despulpado manual de los frutos o cerezo, seguido de una fermentación de 16 horas. Posteriormente, las semillas se secaron bajo sombra durante 3 días. Finalmente, se pesaron las semillas, se sembraron dispersas al voleo y se cubrieron con una capa de arena de 1 cm de profundidad, antes de ser cubiertas con un costal de yute húmedo.

##### **b. Extracción y preparación de sustrato**

Para este paso se utilizaron tres carretillas de tierra de bosque, las cuales se cernieron con una malla. La proporción fue de 3:1, es decir, una carretilla de estiércol de vacuno, a la que se añadió ½ carretilla de arena fina desinfectada con agua hervida. A esta mezcla se incorporaron 8 kg de roca fosfórica y 5 kg de cal. Todo se mezcló de manera homogénea, dejando el sustrato listo para el embolsado de los plantines de café, variedad Catuai.

**c. Embolsado y repique**

En este proceso, se llenaron las bolsas con sustrato hasta la mitad, agitándolas para eliminar posibles bolsas de aire. Para el trasplante, se seleccionaron plántulas que ya contaran con al menos un par de cotiledones, las cuales se colocaron en las bolsas con el sustrato. El traslado se realizó utilizando una estaca, que creó un agujero en el centro, ajustado al tamaño de las raíces. Finalmente, se cubrieron las plántulas con tierra y se aplicó una ligera presión para garantizar un buen contacto entre las raíces y el sustrato.

**d. Aplicación de tratamientos (ectomicorrizas y endomicorrizas)**

Las ectomicorrizas y endomicorrizas se aplicaron el mismo día del repique, la dosis fue según las recomendaciones de sus fichas técnicas.

**e. Manejo de plantones en vivero**

Durante el tiempo en que los plantones permanecieron en el vivero, se realizó el deshierbe manual únicamente cuando se detectó la presencia de malezas, con el fin de evitar la competencia por nutrientes y prevenir la aparición de plagas. Además, el riego se llevó

a cabo de manera uniforme para todas las plántulas durante la tarde, utilizando una regadera manual. La cantidad de agua aplicada se determinó siguiendo el método descrito por Mate et al. (2018), el cual se basa en el tacto del sustrato: al introducir el dedo en el sustrato, si este sale ligeramente sucio con tierra húmeda, es el momento adecuado para regar. Si el dedo sale con tierra muy húmeda o bien saturada, no es necesario regar. En caso de que el dedo salga sin suciedad, indicando que el sustrato está seco, se debe proceder a regar de inmediato.

#### **4.1.7. Registro de datos**

Se evaluaron las siguientes variables:

##### **a. Porcentaje de prendimiento**

Para esta variable se tuvo en cuenta el número de plantas prendidas por bolsa entre el número de plantas repicadas.

##### **b. Número de hoja.**

Se contó el número de hojas verdaderas y completamente desarrolladas de cada bolsa.

##### **c. Altura de planta**

Los valores se obtuvieron midiendo desde el nivel del suelo hasta el ápice de la yema terminal, utilizando una regla graduada como herramienta.

##### **d. Diámetro de tallo**

Se midió el diámetro del tallo principal a una altura de 4 cm por encima del nivel del suelo, utilizando un vernier digital para obtener las mediciones.

**e. Longitud de raíz**

Se expuso la raíz y se midió la raíz principal utilizando una regla.

**f. Peso fresco radicular**

Se llevó a cabo un lavado de la parte radicular de la planta, seguido de un secado, para luego proceder a su extracción y pesaje en una balanza analítica.

**g. Peso fresco de la parte aérea**

Se evaluó cortando la parte aérea de la planta justo por encima del nivel del sustrato y, utilizando una balanza analítica, se procedió a su pesaje.

**h. Volumen radicular**

Se usó el método de la probeta, se colocó las raíces en una probeta y se enrazó a un volumen de 5 mililitros y luego se vertió el agua en otra probeta y la diferencia fue el volumen radicular.

**i. Número de días a la producción de plántones**

Se contó los días desde el repique hasta que las plantas alcanzaron 25 cm que es cuando ya se pueden llevar a campo definitivo.

**4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados**

Para realizar los cálculos estadísticos de las variables independientes, se empleó el análisis de varianza. Las diferencias significativas entre los tratamientos se determinaron mediante la prueba de Fisher, mientras que la comparación de los datos entre los tratamientos se llevó a cabo utilizando la prueba de Tukey.

#### 4.2.1. Porcentaje de prendimiento (%)

**Tabla 5** Porcentaje de prendimiento (%)

Tratamientos	% de prendimiento
T1_Great White GW_8g	100
T2_Organic Granular OG_8g	100
T3_Great White GW_16g	100
T4_Organic Granular OG_16g	100
T5_Testigo	95

Se ha registrado que, tras la aplicación de ectomicorrizas y endomicorrizas, se alcanzó un 100% de éxito en el prendimiento de las plantas a los 60 días posteriores al embolsado. En cambio, el tratamiento testigo mostró un 95% de prendimiento, lo que llevó a realizar el recalce correspondiente.

#### 4.2.2. Número de hojas por planta a los 120 días (n°)

**Tabla 6** Análisis de variancia para número de hojas por planta a los 120 días (n°)

F. V	GL	SC	CM	Fc	Ft 0.05	
Tratamientos	4	56.68	14.17	28.7	2.56	*
Error	45	22.20	0.49			
Total	49	78.88				

C.V.= 7.54 %

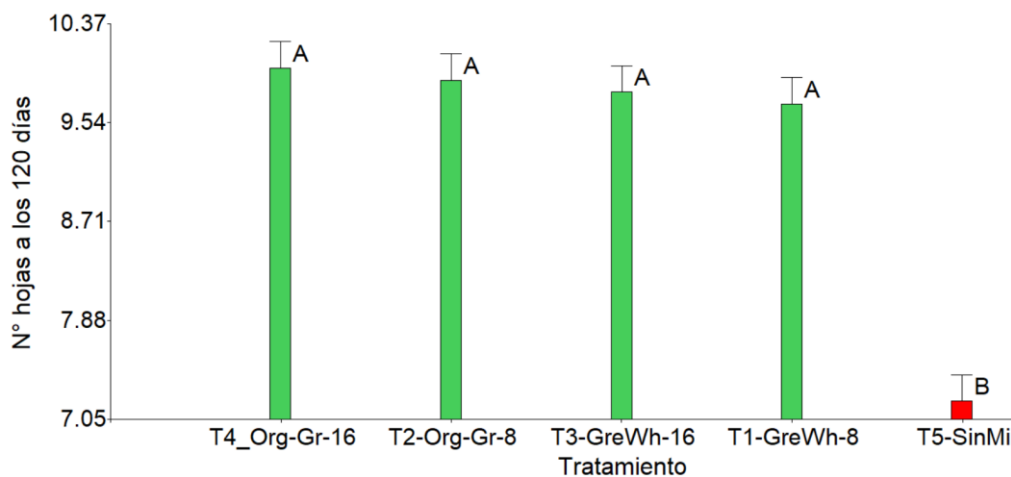
La tabla muestra que existe una diferencia significativa entre los tratamientos para la variable "número de hojas por planta" a los 120 días, con un coeficiente de variabilidad de 7.54%.

**Tabla 7** Prueba de Tukey para número de hojas por planta a los 120 días (n°)

Mérito	Tratam.	Media (n°)	Nivel de significación 0.05
1	T4_Organic Granular OG_16g	10.00	A
2	T2_Organic Granular OG_8g	9.90	A
3	T3_Great White GW_16g	9.80	A
4	T1_Great White GW_8g	9.70	A
5	T5_Testigo	7.20	B

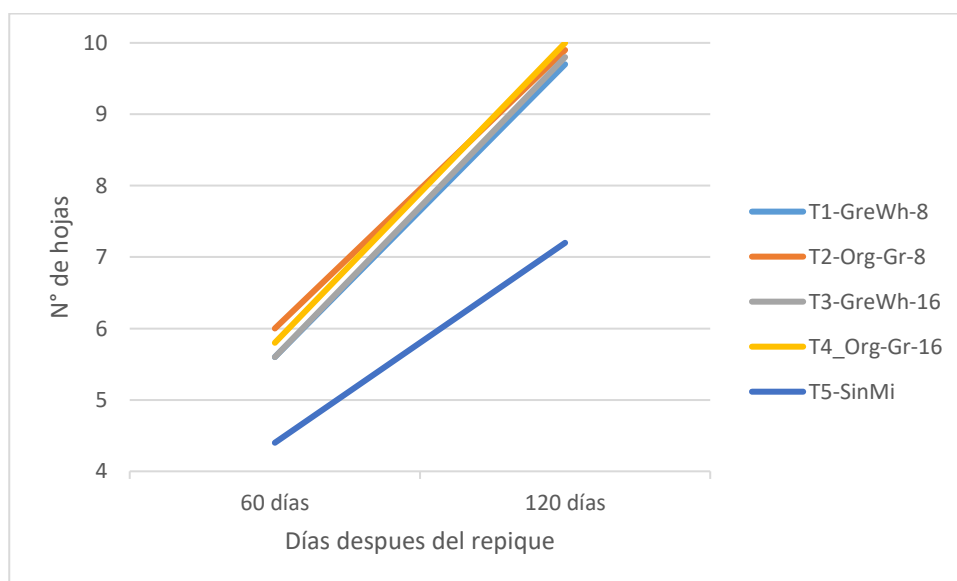
Visualizado la tabla se observa que, los promedios de los tratamientos T4, T2, T3 y T1 son similares, de ello el T4\_Organic Granular OG\_16g obtuvo el mejor resultado con 10.00 hojas por planta, superando a los demás tratamientos. Así también, se muestra que el T5\_Testigo obtuvo el menor promedio 7.20 hojas.

**Figura 3** Número de hojas por planta a los 120 días (n°)



Analizando los datos de la figura se aprecia que el los tratamientos con ectomicorrizas y endomicorrizas logran formar mayor número de hojas en comparación al tratamiento testigo.

**Figura 4** Desarrollo de número de hojas por planta hasta los 120 días (n°)



La figura muestra la formación de hojas después del repique donde se aprecia el efecto positivo de ectomicorrizas y endomicorrizas, es directamente proporcional.

#### 4.2.3. Altura de planta a los 120 días (cm)

**Tabla 8** *Análisis de variancia para altura de planta a los 120 días (cm)*

<b>F. V</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b> <b>0.05</b>
Tratamientos	4	177.03	44.26	10.64	2.56 *
Error	45	187.13	4.16		
Total	49	364.16			

C.V.= 11.49 %

Al analizar la tabla anterior, se observa una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados en cuanto a la altura de las plantas a los 120 días. El coeficiente de variabilidad es de 11.49 %, lo cual es considerado aceptable para este tipo de estudios.

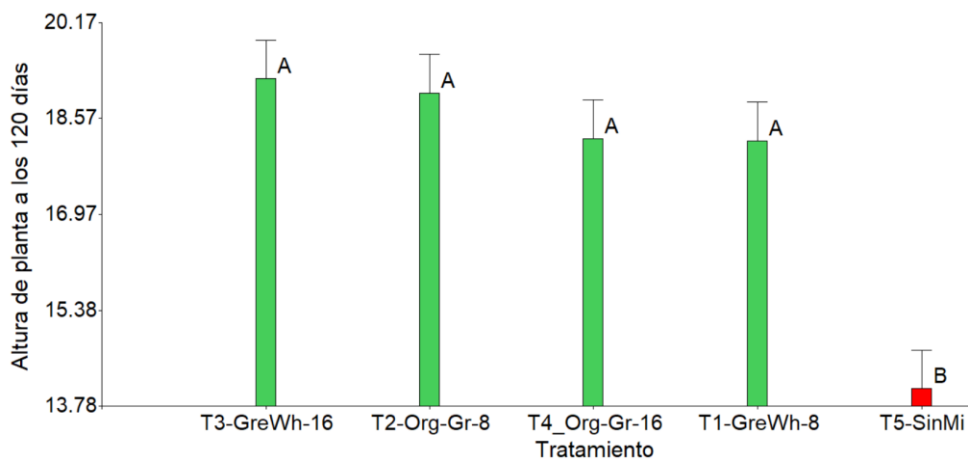
**Tabla 9** *Prueba de Tukey para altura de planta a los 120 días (cm)*

<b>Mérito</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b> <b>(cm)</b>	<b>Nivel de</b> <b>significación</b> <b>0.05</b>
1	T3_Great White GW_16g	19.23	A
2	T2_Organic Granular OG_8g	18.99	A
3	T4_Organic Granular OG_16g	18.23	A
4	T1_Great White GW_8g	18.20	A
5	T5_Testigo	14.07	B

El marco de datos para altura de planta del cultivo de café muestra que, entre los tratamientos T4, T2, T3 y T1 en estudio no existe diferencia entre ellos sus promedios son similares, el tratamiento T3 Great White 16 g/L logró 19.23

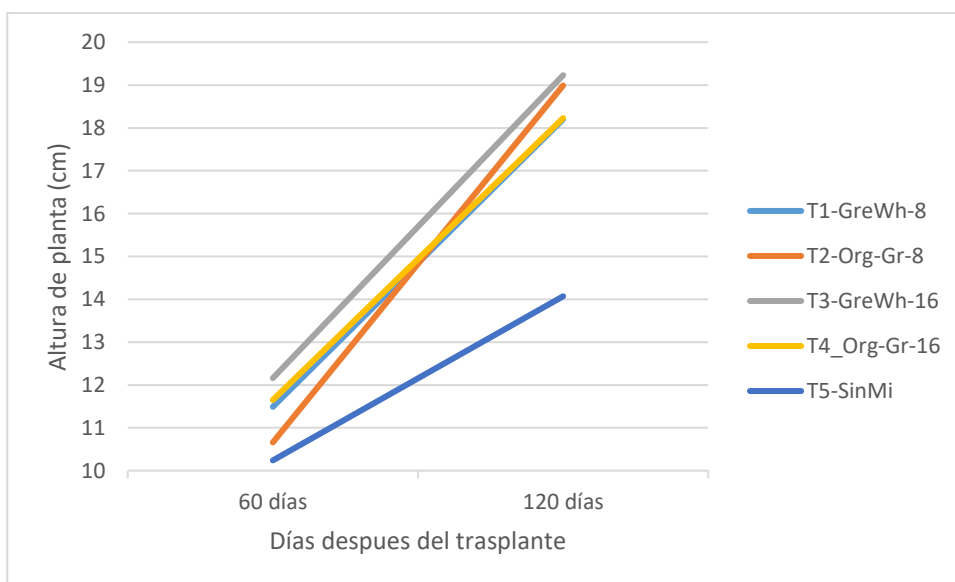
cm de altura a los 120 días y el tratamiento T5 testigo alcanzo la menor altura con 14.07 cm.

**Figura 5** *Altura de planta a los 120 días (cm)*



La figura anterior muestra que el uso de ectomicorrizas y endomicorrizas mejora significativamente la altura de plántulas de café a los 120 días, superando al tratamiento testigo.

**Figura 6** *Desarrollo de altura de planta después del repique hasta los 120 días (cm)*



La figura anterior muestra el progreso en la altura de planta de café y es directamente proporcional al uso de ectomicorrizas y endomicorrizas. La altura de las plántulas indica el desarrollo saludable de las raíces y del sistema vascular.



El uso de ectomicorrizas y endomicorrizas puede favorecer un enraizamiento más vigoroso, promoviendo un crecimiento adecuado y una absorción eficiente de nutrientes.

#### 4.2.4. Diámetro de tallo a los 120 días (mm)

**Tabla 10** *Análisis de varianza para diámetro de tallo (mm)*

<b>F. V</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b> <b>0.05</b>	
Tratamientos	4	2.57	0.64	8.99	2.56	*
Error	45	3.22	0.07			
Total	49	5.80				

C.V.= 7.89 %

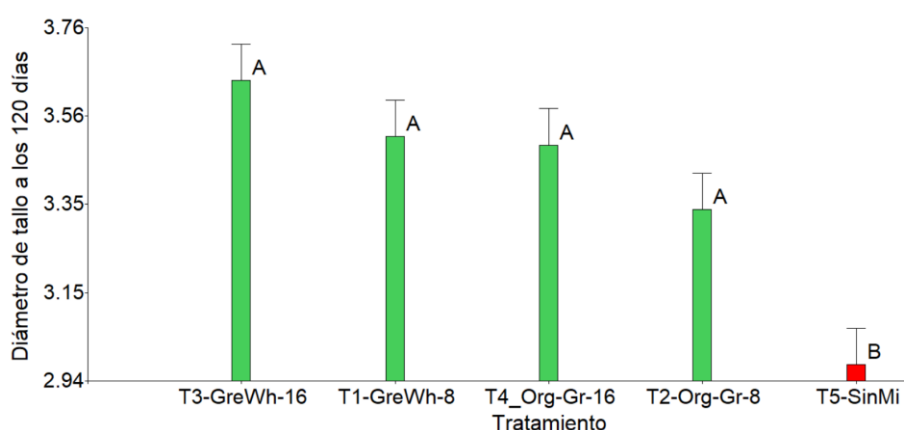
La tabla anterior muestra que, en cuanto a los tratamientos, se observa una diferencia significativa en comparación con las demás variables analizadas. Además, el coeficiente de variabilidad es del 7.89%.

**Tabla 11** *Prueba de Tukey en diámetro de tallo a los 120 días (mm)*

<b>Mérito</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b> <b>(mm)</b>	<b>Nivel de significación</b> <b>0.05</b>
1	T3_Great White GW_16g	3.64	A
2	T1_Great White GW_8g	3.51	A
3	T4_Organic Granular OG_16g	3.49	A
4	T2_Organic Granular OG_8g	3.34	A
5	T5_Testigo	2.98	B

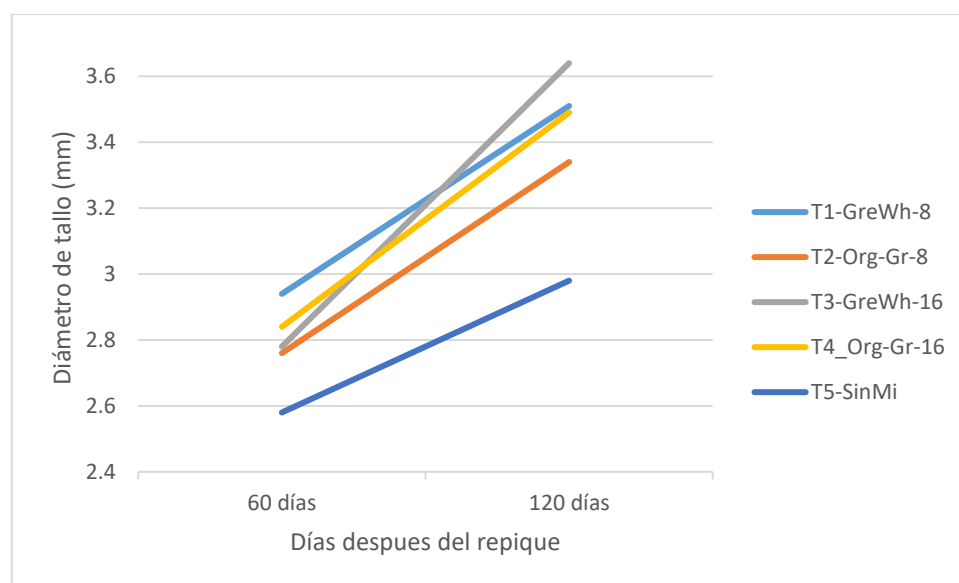
La tabla nos indica que, los promedios de los tratamientos T4, T2, T3 y T1 son similares, sin existir diferencia entre ellos siendo el tratamiento T3 Great White 16 g/L quien obtuvo el mayor diámetro con 3.64 mm, el menor diámetro lo tuvo el tratamiento testigo con 2.98 mm.

**Figura 7** Diámetro de tallo a los 120 días (mm)



La figura muestra que existe un efecto significativo de las ectomicorrizas y endomicorrizas en el diámetro de tallo de las plantas de café con respecto al testigo.

**Figura 8** Desarrollo del diámetro de tallo en plantas de café con micorrizas (mm)



La figura muestra que el engrosamiento de tallo de plántulas de café es variable y es proporcional al uso de ectomicorrizas y endomicorrizas. La evaluación del diámetro del tallo es un indicador de la calidad general de las plántulas de café. Un diámetro adecuado sugiere un crecimiento saludable y puede influir en el éxito de las plántulas en el campo.

#### 4.2.5. Longitud de raíz a los 120 días (cm)

**Tabla 12** *Análisis de varianza para longitud de raíz a los 120 días (cm)*

<b>F. V</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft 0.05</b>	
Tratamientos	4	350.82	87.71	40.41	2.56	*
Error	45	97.67	2.17			
Total	49	448.49				

C.V.= 7.93 %

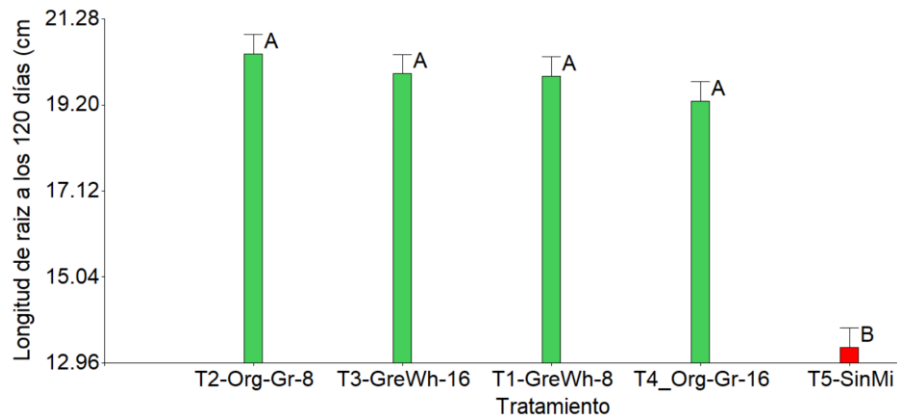
Al analizar la tabla, se observa una diferencia significativa entre los tratamientos estudiados, lo que indica que los promedios varían. El coeficiente de variabilidad es del 7.93%.

**Tabla 13** *Prueba de Tukey para longitud de raíz (cm)*

<b>Mérito</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Media (cm)</b>	<b>Nivel de significación 0.05</b>
1	T2_Organic Granular OG_8g	20.44	A
2	T3_Great White GW_16g	19.96	A
3	T1_Great White GW_8g	19.90	A
4	T4_Organic Granular OG_16g	19.30	A
5	T5_Testigo	13.34	B

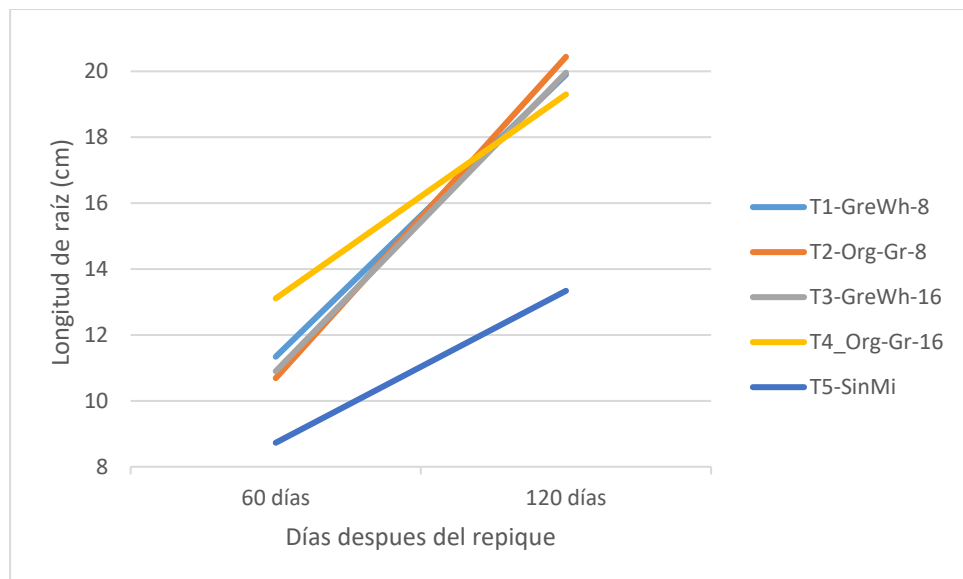
Observando la tabla anterior del indicador longitud de raíz nos indica que, entre los tratamientos T2, T3, T1 y T4 no existe diferencia estadística entre los promedios, T2 Organic Granular 8 g/L logró una longitud de raíz de 20.44 cm, mientras que el tratamiento T5 Testigo muestra la longitud de raíz más baja con 13.34 cm.

**Figura 9** Longitud de raíz a los 120 días (cm)



La presente figura, expone que existe un efecto significativo de ectomicorrizas y endomicorrizas en la longitud de raíz de plantas de café en comparación al tratamiento testigo.

**Figura 10** Desarrollo de la longitud de raíz después del repique (cm)



La figura ilustra que el crecimiento de las raíces está directamente relacionado con la aplicación de ectomicorrizas y endomicorrizas, en comparación con el tratamiento testigo. La longitud de las raíces refleja el desarrollo del sistema radicular de las plántulas. Un sistema radicular robusto es

fundamental para una absorción eficiente de nutrientes y agua, lo que favorece un crecimiento óptimo de la planta en el campo.

#### 4.2.6. Peso fresco radicular a los 120 días (g)

**Tabla 14** *Análisis de varianza para peso fresco radicular a los 120 días (g)*

<b>F. V</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft 0.05</b>	
Tratamientos	4	19.52	4.88	21.7	2.56	*
Error	45	10.08	0.22			
Total	49	29.61				

C.V.= 22.78 %

La tabla presentada indica que se observan diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Además, el coeficiente de variabilidad es del 22.78 %, lo cual es considerado aceptable para este tipo de investigaciones.

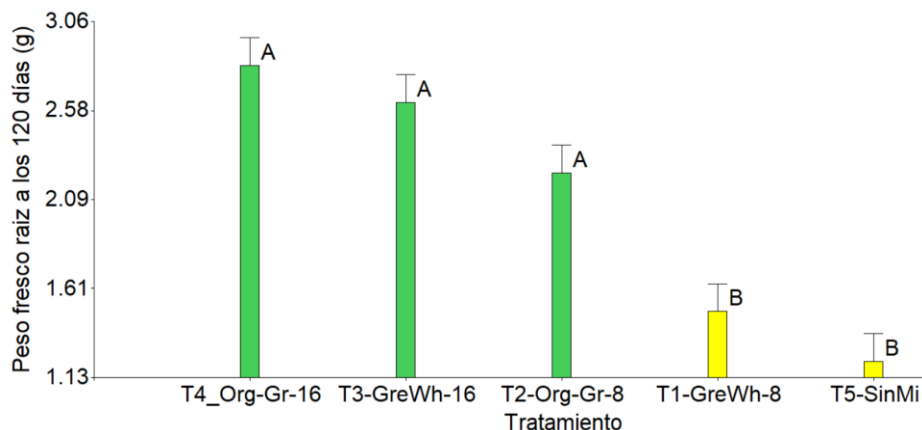
**Tabla 15** *Prueba de Tukey para peso fresco radicular a los 120 días (g)*

<b>Mérito</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Media (g)</b>	<b>Nivel de significación 0.05</b>
1	T4_Organic Granular OG_16g	2.82	A
2	T3_Great White GW_16g	2.62	A
3	T2_Organic Granular OG_8g	2.24	A
4	T1_Great White GW_8g	1.49	B
5	T5_Testigo	1.22	B

La tabla anterior nos indica que entre los tratamientos T4, T3 y T2 son similares estadísticamente, siendo el T4 Organic Granular 16 g/L quien consiguió el mejor peso con 2.82 g, así también el tratamiento testigo obtuvo el menor peso con 1.22 g. Conocer el peso fresco radicular ayuda a prever la resistencia al estrés

durante el trasplante. Plántulas con sistemas radiculares robustos tienen mayores posibilidades de sobrevivir y adaptarse tras ser trasplantadas al campo.

**Figura 11** *Peso fresco radicular (g)*



En la figura se observa que existe un efecto significativo de ectomicorrizas y endomicorrizas en el peso del sistema radicular en comparación con el tratamiento testigo.

#### 4.2.7. Peso fresco de la parte aérea a los 120 días (g)

**Tabla 16** *Peso fresco de la parte aérea (g)*

F. V	GL	SC	CM	Fc	Ft	
Tratamientos	4	69.91	17.48	45.3	2.56	*
Error	45	17.34	0.39			
Total	49	87.25				

C.V.= 14.74 %

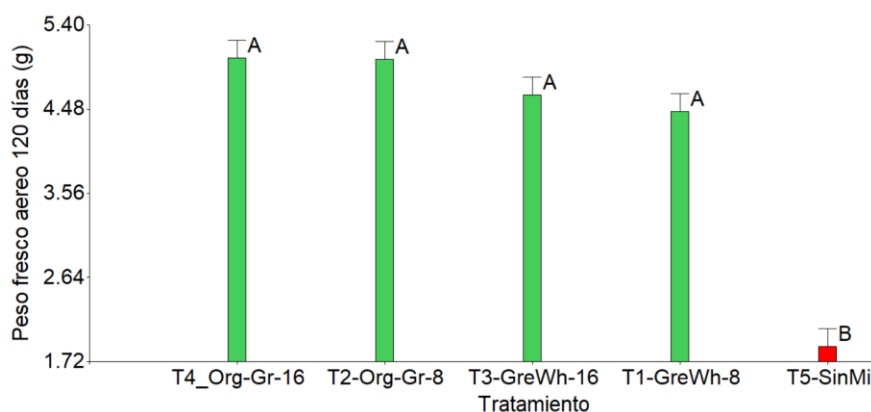
La tabla muestra que entre los tratamientos en estudio existe diferencia significativa, el coeficiente de variabilidad fue 14.74 % siendo aceptable para este tipo de trabajos.

**Tabla 17** Prueba de Tukey para peso fresco de la parte aérea a los 120 días (g)

Mérito	Tratamiento	Media (g)	Nivel de significación
1	T4_Organic Granular OG_16g	5.04	A
2	T2_Organic Granular OG_8g	5.03	A
3	T3_Great White GW_16g	4.64	A
4	T1_Great White GW_8g	4.46	A
5	T5_Testigo	1.89	B

La tabla anterior nos indica que, los promedios de los tratamientos T4, T2, T3 y T1 son similares, donde el T4 Organic Granular 16 g/L fue quien obtuvo el mayor peso fresco de la parte aérea con 5.04 g, el tratamiento testigo ocupó el último lugar con 1.89 g por peso fresco de la parte aérea de la planta.

**Figura 12** Peso fresco de la parte aérea (g)



En la presente figura, se muestra que los tratamientos con ectomicorrizas y endomicorrizas presentan resultados significativos en comparación de los tratamientos.

#### 4.2.8. Volumen radicular a los 120 días (cm<sup>3</sup>)

**Tabla 18** *Análisis de variancia para volumen radicular a los 120 días (cm<sup>3</sup>)*

<b>F. V</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft 0.05</b>
Tratamientos	4	5.95	1.49	16.1	2.56 *
Error	45	4.14	0.09	7	
Total	49	10.10			

C.V. = 12.98 %

Visualizando la tabla para volumen de raíz se puede apreciar que, si existe significación entre tratamientos. El coeficiente de variabilidad fue 12.98 % siendo aceptable para este tipo de trabajos.

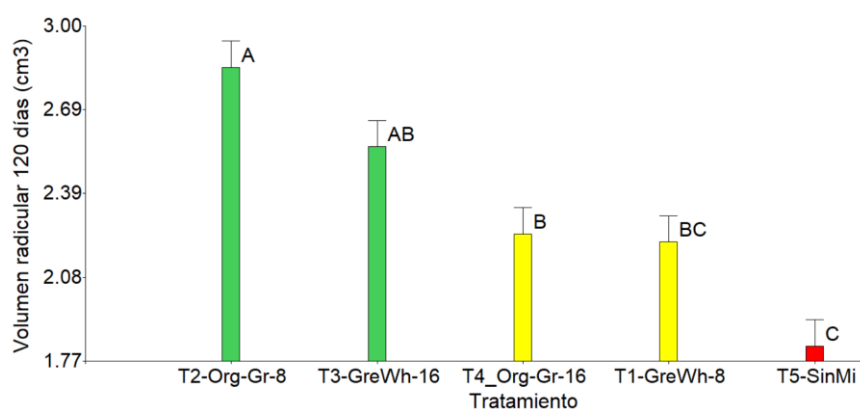
**Tabla 19** *Prueba de Tukey para volumen de raíz cm<sup>3</sup>*

<b>Mérito</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Media (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Nivel de significación 0.05</b>
1	T2_Organic Granular OG_8g	2.85	A
2	T3_Great White GW_16g	2.56	A B
3	T4_Organic Granular OG_16g	2.24	B
4	T1_Great White GW_8g	2.21	B C
5	T5_Testigo	1.83	C

Observando la siguiente tabla entre los tratamientos T2 Organic Granular 8 g/L y T3 Great White 16 g/L no existe diferencia estadística y lograron el mayor volumen radicular con 2.85 y 2.56 cm<sup>3</sup> respectivamente, los tratamientos T1 Great White 8 g/L con 2.21 cm<sup>3</sup> y T5 testigo logró el menor volumen radicular con 1.83 cm<sup>3</sup>.



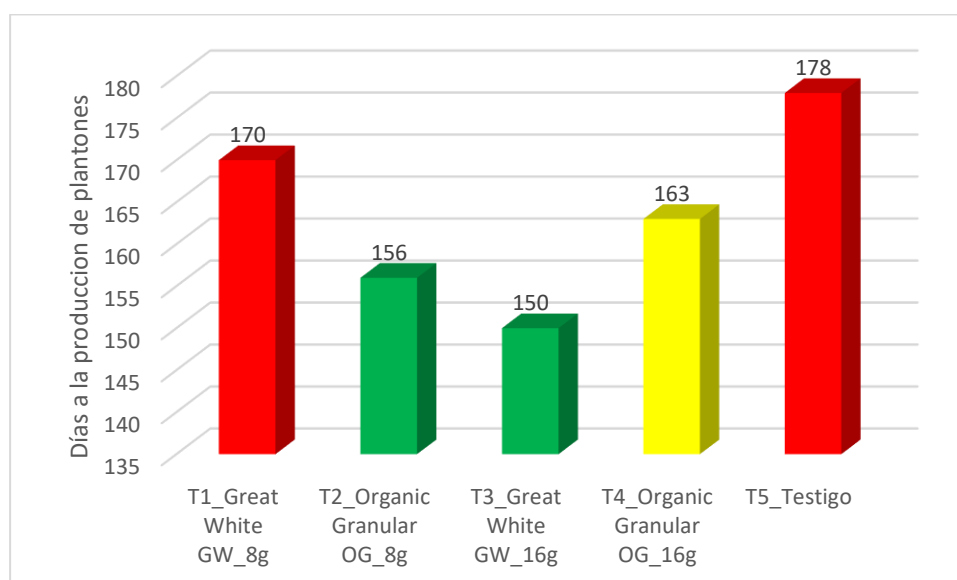
**Figura 13** *Volumen radicular con micorrizas (cm<sup>3</sup>)*



En la figura se aprecia que las ectomicorrizas y endomicorrizas presentan un efecto significativo en el volumen radicular en comparación al tratamiento control en plantas de café.

#### 4.2.9. Número de días a la producción de plántones

**Figura 14** *Días a la producción de plántones (n°)*



La figura muestra que el tratamiento T3 Great White 16 g/L llegó a medir 25 cm de alto a los 150 días y fue la más precoz, así mismo el tratamiento T2 logra alcanzar 25 cm a los 156 días. Los tratamientos T1 y T5 sin micorrizas fueron los que demoraron mayor tiempo en lograr la altura adecuada para llevar a campo definitivo 28 días después o sea a los 178 días después del repique.

### **4.3. Prueba de hipótesis**

Se acepta la premisa general planteada, el efecto de ectomicorrizas y endomicorrizas fueron significativas y positivas en la producción de plantones de café variedad Catuai en condiciones de Oxapampa, lo cual se demostró con los análisis de varianza y las pruebas de Tukey respectivos.

### **4.4. Discusión de resultados**

#### **4.4.1. Porcentaje de prendimiento**

En la presente investigación Great White 8 g/L y 16 g/L y Organic Granular 8 g/L y 16 g/L logran 100 % de prendimiento después del repique y el tratamiento testigo logra 95 % por lo que se demuestra que las ectomicorrizas y endomicorrizas influyen en un mejor prendimiento después del repique. Vallejos *et al.* (2019) manifiesta que la simbiosis de micorrizas con la raíz mejora el prendimiento de plantas de café después del trasplante.

#### **4.4.2. Número de hoja por planta**

En la presente investigación el tratamiento T4 Organic Granular 16 g/L obtuvo el mejor resultado con 10.00 hojas por planta y el tratamiento T5 Testigo obtuvo el menor promedio 7.20 hojas. Hernández *et al.* (2020) afirma que las micorrizas influyen en la formación de hojas debido a que absorben mejor los nutrientes del suelo.

#### **4.4.3. Altura de planta**

En la presente investigación el tratamiento T3 Great White 16 g/L logró 19.23 cm de altura a los 120 días y el tratamiento T5 testigo alcanzo la menor altura con 14.07 cm. Rodríguez (2001) menciona que las micorrizas incrementan la altura de planta hasta en un 20%, debido a la mayor disponibilidad de nutrientes para la planta.

#### **4.4.4. Diámetro de tallo**

En la presente investigación el tratamiento T3 Great White 16 g/L quien obtuvo el mayor diámetro con 3.64 mm, el menor diámetro lo tuvo el tratamiento testigo con 2.98 mm. Ibarra *et al.* (2014) manifiesta que la simbiosis de las micorrizas con la raíz influye en el engrosamiento del tallo de plántulas de café.

#### **4.4.5. Longitud de raíz**

En la presente investigación el tratamiento T2 Organic Granular 8 g/L logró una longitud de raíz de 20.44 cm, mientras que el tratamiento T5 Testigo muestra la longitud de raíz más baja con 13.34 cm. Vallejos *et al.* (2019) reporta que las micorrizas influyen en la mayor longitud de raíz debido a la simbiosis radicular e incrementan la absorción de nutrientes y de agua.

#### **4.4.6. Peso fresco radicular**

En la presente investigación el tratamiento T4 Organic Granular 16 g/L quien consiguió el mejor peso con 2.82 g de peso radicular, así también el tratamiento testigo obtuvo el menor peso radicular con 1.22 g. Hernández *et al.* (2020) afirma que las micorrizas incrementan el peso radicular debido a la mayor absorción de fósforo.

#### **4.4.7. Peso fresco de la parte aérea**

En la presente investigación el tratamiento T4 Organic Granular 16 g/L fue quien obtuvo el mayor peso fresco de la parte aérea con 5.04 g, el tratamiento testigo ocupó el último lugar con 1.89 g por peso fresco de la parte aérea de la planta de café a los 120 días. Ibarra *et al.* (2014) manifiesta que las micorrizas mejoran el peso fresco aéreo debido a la interacción de las micorrizas con el sistema radicular de la planta.

#### **4.4.8. Volumen radicular**

En la presente investigación los tratamientos T2 Organic Granular 8 g/L y T3 Great White 16 g/L no existe diferencia estadística y lograron el mayor volumen radicular con 2.85 y 2.56 cm<sup>3</sup> respectivamente y el tratamiento T5 testigo logró el menor volumen radicular con 1.83 cm<sup>3</sup>. Rodríguez (2001) menciona que las micorrizas incrementan el volumen radicular hasta en un 100%.

#### **4.4.9. Número de días a la producción de plantas**

En la investigación el tratamiento T3 Great White 16 g/L llegó a medir 25 cm de alto a los 150 días y fue la más precoz, el tratamiento T5 sin micorrizas fue la que demoró mayor tiempo en lograr la altura adecuada para llevar a campo definitivo 28 días después o sea a los 178 días después del repique. Álvarez (2017) menciona que las micorrizas influyen en la precocidad y por ende en el menor costo de mantenimiento y menor costo en la nutrición de plantones de café debido a la simbiosis con la raíz.

## CONCLUSIONES

1. La investigación confirma que las micorrizas, tanto ectomicorrizas como endomicorrizas, mejoran significativamente el desarrollo de las plantas de café.
2. La investigación muestra claramente que las ectomicorrizas y endomicorrizas influyen de manera positiva en el desarrollo agronómico de las plantas de café. Los tratamientos con micorrizas, tanto en dosis de 8 g/L como de 16 g/L, lograron un mejor prendimiento después del repique en comparación con el tratamiento testigo. El tratamiento T4 Organic Granular 16 g/L destacó al obtener los mejores resultados en varias variables, como el número de hojas, altura, peso radicular, peso fresco de la parte aérea y volumen radicular. En contraste, el tratamiento testigo siempre obtuvo los valores más bajos.
3. El tratamiento T3 Great White 16 g/L llegó a medir 25 cm de alto a los 150 días y fue la más precoz, el tratamiento T5 sin micorrizas fue la que demoró mayor tiempo en lograr la altura adecuada para llevar a campo definitivo 28 días después o sea a los 178 días después del repique.
4. Los tratamientos T4 Organic Granular 16 g/L y T3 Great White 16 g/L fueron los que mostraron mejor resultado en diferentes variables evaluadas por lo son las dosis más adecuadas.

## RECOMENDACIONES

1. Incorporar micorrizas, tanto ectomicorrizas como endomicorrizas, en la producción de plántones de café es esencial para mejorar el desarrollo general de las plantas, ya que estas mejoran el prendimiento después del repique y optimizan el crecimiento.
2. Para maximizar los beneficios, se sugiere aplicar micorrizas en dosis de 8 g/L o 16 g/L. Estas dosis han demostrado mejorar significativamente características clave como el número de hojas, altura, y peso radicular de las plantas de café.
3. Basado en los resultados, los productos Great White 16 g/L y Organic Granular 16 g/L han mostrado los mejores rendimientos en términos de crecimiento precoz y desarrollo agronómico, siendo recomendados para reducir el tiempo de producción de plántones y mejorar la preparación para el trasplante.
4. Es importante monitorear el crecimiento de los plántones, especialmente en los primeros 150 días, para asegurar que alcanzan las condiciones adecuadas antes de ser llevados al campo definitivo, evitando retrasos que puedan afectar el ciclo productivo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Torres, A. (2022). Efecto de tres abonos orgánicos en plantones de café (*Coffea arabica* L.) variedad Catimor, Jorobamba–Utcubamba–Amazonas–2020. Tesis pregrado, Universidad Politécnica Amazónica.
- Aguilar, M. E., Ortiz, J. L., Mesén, F., Jiménez, L. D., & Altmann, F. (2018). Café Arabica *Coffea arabica* L. Step Wise Protocols for Somatic Embryogenesis of Important Woody Plants: Volume II, 39-62.
- Alcántara Cortes, J.S., Acero Godoy, J., Alcántara Cortes, J.D., Sánchez Mora, R.M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. Scielo. recuperado de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-24702019000200095&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702019000200095&lng=en&nrm=iso)
- Alvarado, M., & Rojas, G. (2007). El cultivo y beneficio del café. Universidad Nacional a Distancia (EUNED). San José, Costa Rica.
- Alvarado, M., Rojas, G. (2007). Cultivo y beneficiado del café. Recuperado de <https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=15qrSG-5114C&oi=fnd&pg=PR7&dq=clasificaci%C3%B3n+taxon%C3%B3mica+del+caf%C3%A9&ots=Og08t-W96G&sig=YZ-VOUXjXgQfstrz584Qj-mURQ#v=onepage&q=clasificaci%C3%B3n%20taxon%C3%B3mica%20del%20caf%C3%A9&f=false>
- Álvarez Alagón, T. (2017). Efecto de ácido húmico y micorriza el crecimiento de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) a nivel de vivero en San Pedro La Convención-Cusco.

- Andia Alarcón, E.G. (2016). Comportamiento en vivero de nueve variedades de café injertadas sobre *Coffea canephora* en San Ramon Chanchamayo [Universidad Nacional Agraria la Molina]. Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2619/F01-A553-T.pdf>
- Arcila, J. (1992). Factores que limitan el desarrollo de las raíces del cafeto. Cenicafé. Federación nacional de cafeteros de Colombia. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/954/1/avt0176.pdf>
- Arcila, J. (2004). Anormalidades en la floración del cafeto. Cenicafé. Federación nacional de cafeteros de Colombia. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0320.pdf>
- Arcila, J., Farfán, F. F., Moreno, A. M., Salazar, L. F., & Hincapié, E. (2007). Sistemas de producción de café en Colombia. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/720>
- Borjas Ventura, R. R. (2008). Uso de fuentes naturales en la fertilización del café (*Coffea arabica*) var. Caturra en vivero como base para la producción orgánica en la selva central del Perú.
- Borjas Ventura, R.R. (2008). Uso de fuentes naturales en la fertilización del café (*Coffea arabica*) var. Caturra en vivero como base para la producción orgánica en la selva central del Perú [Universidad Nacional Agraria la Molina]. Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1820/F04-B64-T.pdf>
- Borjas, R., Julca, A., Castro, V., Alvarado, L. (2023). Producción de semillas de café en el Perú. Pro Innóvate. Instituto regional de desarrollo de selva. Universidad Agraria La Molina.



[https://www.researchgate.net/publication/369378286\\_GUIA\\_BASICA\\_para\\_la\\_produccion\\_de\\_semillas\\_de\\_cafe\\_en\\_Peru](https://www.researchgate.net/publication/369378286_GUIA_BASICA_para_la_produccion_de_semillas_de_cafe_en_Peru)

Borjas, V.R., Julca, O. A., Alvarado, H.L. (2020). Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura [Universidad Nacional Agraria la Molina]. Recuperado de

[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2308-38592020000200007](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592020000200007)

Cai, L., Gong, X., Sun, X., Li, S., & Yu, X. (2018). Comparison of chemical and microbiological changes during the aerobic composting and vermicomposting of green waste. PloS one, 13(11).

Calzada Benza, J. (1985). Métodos Estadísticos Aplicados a la Investigación. Lima. Perú.

Cárdenas, E., Fernández, I., Huaranga, N., Pérez, J., Portocarrero, E. y Torres, L. (2017).

Producción de café con responsabilidad ambiental. Programa Regional Centro.

Desco. Lima. Perú. Recuperado de

[http://www.desco.org.pe/recursos/site/files/CONTENIDO/1122/cafe\\_ambiental\\_vf.pdf](http://www.desco.org.pe/recursos/site/files/CONTENIDO/1122/cafe_ambiental_vf.pdf)

Carhuacho, F. (2012). Aprovechamiento del estiércol de gallina para la elaboración de

biol en biodigestores tipo batch como propuesta al manejo de residuo avícola.

Tesis Ingeniera Ambiental, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Perú.

148 pp.

Carvalho, A. (1952). Taxonomía de *Coffea arabica* L. VI: caracteres morfológicos dos haplóides. Bragantia, 12, 201-212.

Castro, A. M., Rivillas, C.A., Serna, C.A., Mejía, C.G. (2008). Germinadores de café:

Construcción, manejo de *Rhizoctonia solani* y costos. Cenicafé. Federación

Nacional de cafeteros de Colombia. Recuperado de <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0368.pdf>

Ceroni, M. (2012). Perú, el país de las oportunidades perdidas en ciencia: el caso de los fertilizantes. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 78(2): 144-152.

Cordón, L. (2019). Monitoreo de la calidad de almácigo de café Región III-2018. Asociación Nacional de café. Anacafé. Chimaltenango y Progreso. Guatemala. Recuperado de <https://www.anacafe.org/uploads/file/66e0fea973d443f68b3db3e6ae2d435a/Bolletin-CEDICAFE-RIII-06-2019.pdf>

Cuya, C.E. (2013). Cosecha y Post cosecha en el cultivo de café. Universidad Nacional Agraria la Molina. Agrobanco. Picota. San Martín. chrome-extension: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/011-r-cafe.pdf

De la Cruz Laureano, N.D. (2021). Enraizantes en la instalación de plantas de café *Coffea arabica* L. var. Catimor en campo definitivo, en Satipo-Perú [Universidad Nacional del Centro del Perú]. Recuperado de [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/8120/T010\\_44276566\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/8120/T010_44276566_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Delgado, L.E. (2010). Las buenas prácticas en el manejo y cuidado del almacigo de café. Agricultura. Recuperado de <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/almacigo-de-cafe-t28275.htm>

Fierro-Cabrales, N., Contreras-Oliva, A., González-Ríos, O., Rosas-Mendoza, E. S., & Morales-Ramos, V. (2018). Caracterización química y nutrimental de la pulpa de café (*Coffea arabica* L.).

- Flórez, C. P., Ibarra Ruales, L. N., Gómez Gil, L. F., Carmona González, C. Y., Castaño Marín, Á., & Ortiz, A. (2013). Estructura y funcionamiento de la planta de café. En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura (Vol. 1, pp. 123–168). Cenicafé. [https://doi.org/10.38141/cenbook-0026\\_08](https://doi.org/10.38141/cenbook-0026_08)
- Gaitán, A. L., Villegas, C., Rivillas, C. A., Hincapié, E., Arcila, J. (2011). Almacigo de café: Calidad fitosanitaria, manejo y siembra en el campo. Cenicafé. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Recuperado de: <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/350/1/avt0404.pdf>
- González, E. (2022). Guía técnica para la elaboración de plantones de café. Centro de Investigaciones en Café -Cedicafé. Asociación Nacional del Café- Anacafé. Chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.anacafe.org/uploads/file/1dfff91b522447728bdcb386e646d47a/Guia-elaboracion viveros.pdf
- Hernández-Acosta, E., Trejo-Aguilar, D., Rivera-Fernández, A., & Ferrera-Cerrato, R. (2020). La micorriza arbuscular como biofertilizante en cultivo de café. Terra Latinoamericana, 38(3), 613-628.
- Ibarra-Puón, J. C., Aguirre-Medina, J. F., Coss, L. D., Cadena-Iñiguez, J., & Zavala-Mata, G. A. (2014). *Coffea canephora* (Pierre) ex Froehner inoculado con micorriza y bacteria fijadora de nitrógeno en vivero. Revista Chapingo. Serie horticultura, 20(2), 201-213.
- INEI (2021). Producción de café se incrementó en 17% en el 2021. <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-cafe-se-incremento-170-en-julio-de-2021>

- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2012). Desarrollo de Plantaciones Agroforestales de Pequeños Agricultores Cafetaleros en Perené. Junín, Chanchamayo. [file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/INIA-Circuito\\_tecnol%C3%B3gico\\_caf%C3%A9%20\(2\)%20\(1\)%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/INIA-Circuito_tecnol%C3%B3gico_caf%C3%A9%20(2)%20(1)%20(1).pdf)
- Jaulis, J. C., Martínez, A., Juscamaita, J., Rojas, E. R. A., & Gómez, J. V. A. (2020). Efecto de la aplicación combinada de abono líquido y sólido en la producción de plantines de café (*Coffea arabica*) cultivado bajo condiciones de vivero en Chirinos, Cajamarca, Perú. In Anales Científicos (Vol. 81, No. 2, pp. 336-346).
- Julca Otiniano, A., Alvarado, L., Borjas, R., Castro, V., León, F., Valderrama, D., Bello, S. (2023). Variedades de café (*Coffea arabica*), una revisión y algunas experiencias en el Perú. Departamento de Fototécnia. Universidad Nacional Agraria la Molina, Perú. [https://www.researchgate.net/publication/374034892\\_Variedades\\_de\\_cafe\\_Coffea\\_arabica\\_una\\_revision\\_y\\_algunas\\_experiencias\\_en\\_el\\_Peru](https://www.researchgate.net/publication/374034892_Variedades_de_cafe_Coffea_arabica_una_revision_y_algunas_experiencias_en_el_Peru)
- Junta Nacional del Café. (febrero de 2023). Producción peruana de café alcanzó las 234.200 toneladas en 2022, mostrando una caída de 14%. ADMIN. Recuperado de: [juntadelcafe.org.pe](http://juntadelcafe.org.pe)
- Junta Nacional del Café. (septiembre de 2020). El café de Perú. Recuperado de <https://juntadelcafe.org.pe/el-cafe-de-peru/>
- Koehbach, J., & Gruber, C. (2015). Chapter Three - Cyclotides in the Rubiaceae. *Advances in Botanical Research*, 76: 51-78.
- Lashermes P., Combes M.C., Robert J., Trouslot P., D'Hont A., Anthony F., Charrier A. (1999). Molecular characterisation and origin of the *Coffea arabica* L. genome *Mol. Gen. Genet.*, 261 (1999), pp. 259-266.

- López Chávarri, M. (2020,07 de octubre). El café es fuente de empleo para dos millones de peruanos en toda la cadena agroproductiva. Agraria.pe, p.1. recuperado de: <https://agraria.pe/noticias/el-cafe-es-fuente-de-empleo-para-2-millones-de-peruanos-en-t-22663>
- López zambrano, L.P. (2020). Comportamiento morfológico del café arábigo sarchimor 42 60 en etapa de vivero, al tamaño de bolsa [Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Recuperado de [file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/TESIS%20LEANDRO%20LOPEZ%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/TESIS%20LEANDRO%20LOPEZ%20(1).pdf)
- Ludeña, J. F. (2023). Producción y calidad del café (*Coffea arabica* L.) variedad Geisha en la Selva Central-Junín.
- Mate. A., Guerra, V., Zaccaro, M., Olivera, L. (2018). Manual del vivero. Instituto Nacional de tecnología agraria. Vol 2. p 22. Obtenido de: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/40611/mod\_resource/content/1/020000\_Manual\_de\_Vivero.pdf
- Mejía, C. G. (2021). Semilla, germinadores y almácigos: prácticas claves para la producción de café en Colombia. Centro Nacional de Investigación de Café, guía más agronomía, más productividad, más calidad. <https://biblioteca.cenicafe.org/jspui/bitstream/10778/4280/1/45-61.pdf>
- Meléndez, G. (2003). Indicadores químicos de calidad de abonos orgánicos. En: Abonos orgánicos: Principios, características e impacto en la agricultura. Ed Meléndez, G. San José, Costa Rica. pp. 50-63.

- Midagri (2022). Perfil productivo y regional. Ministerio de desarrollo agrario y riego del Perú. [https://siea.midagri.gob.pe/portal/siea\\_bi/index.html](https://siea.midagri.gob.pe/portal/siea_bi/index.html)
- Montanez, et al (2022) Manuel del cultivo del café en el VRAEM. Instituto Nacional de Innovación Agraria Perú.
- Montañez Ártica, A.G., Arias Ricaldi, J.N., Ayala, W., Carrera, R., Dávila, J., Campos, J., Huacce, R., Hermoza, Y., Ruiz, F., Flores, M. y Altamirano, M. (2022). Manual del cultivo de café en el VRAEM. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima. Perú. Recuperado de <https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/1625/1/Manual%20del%20cultivo%20de%20caf%20c3%a9%20en%20el%20VRAEM.pdf>
- Navarro. (2015). Definición de variedad. Definiciónabc. Recuperado de <https://www.definicionabc.com/general/variedad.php>
- Neiva, E., França, A. C., Graziotti, P. H., Porto, D. W., Araújo, F. H., & Leal, F. D. (2019). Growth of seedlings and young plants of coffee in composts of textile industry residues. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23, 188-195.
- Norman, A. R. (2009). Enmiendas Orgánicas, importancia y tipos de enmiendas. Narroyo. Costa Rica.
- Normas Legales: Norma para la producción y comercio de semillas plantones de café de la clase no certificada (22 de mayo de 2013). Informe técnico, N°014-2013-INIA-DEA/PEAS-SCHM, diario oficial el peruano.
- Palomino, C., López, C., Espejo, R., Mansilla, R., & Quispe, J. (2014). Evaluación de la diversidad genética del café (*Coffea arabica* L.) en Villa Rica (Perú). *Ecología aplicada*, 13(2), 129-134.

- Párraga Palacios, M.I. (2021). Estudio de la Viabilidad de Enraizadores en la multiplicación clonal de café robusta (*Coffea canephora* Pierre) mediante la división longitudinal del esqueje [Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Recuperado de <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1447/1/TTA18D.pdf>
- Pinedo, R., Benito, J. (2016). Producción de plántones de calidad: café (*Coffea arabica* L.). Instituto Nacional de Innovación Agraria. Recuperado de: [https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/476/1/INIA\\_Manual\\_producci% c3% b3n\\_ plantones\\_ calidad\\_ caf% c3% a9.pdf](https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/476/1/INIA_Manual_producci%c3%b3n_plantones_calidad_caf%c3%a9.pdf)
- Plant-Success (2023). Ficha técnica Great While. [www.plant-success.com](http://www.plant-success.com)
- Plant-Success (2023). Ficha técnica Organic Granular. [www.plant-success.com](http://www.plant-success.com)
- Presentación, M., Santos, B. (2015). Influencia de la aplicación de fitoreguladores formulados a base de ácido indol butírico (AIB)- ácido naftalenacético (ANA), en el crecimiento radicular y foliar, en plántones de café (*Coffea arabica* L.), en condiciones de vivero, Aucayacu, 2015 [Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Recuperado de <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/1108/TAG%2000660%20P85.pdf?sequence=1>
- Ramírez, V. (2014). La fenología del café, una herramienta para apoyar la toma de decisiones. Cenicafé. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Recuperado de <https://cenicafe.org/es/publications/avt0441.pdf>
- Rivillas, C. A., Calle, C. M., & Ángel, C. A. (2019). Micorrizas Arbusculares. Cenicafé.
- 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.).

- Rojas Prado, K. J. (2017). Enmiendas orgánicas (guano de isla, humus y compost) en *Coffea arabica* L., variedad costa rica 95 en condiciones de vivero—en el fundo be hurt ubicado en la provincia de Satipo-Perú.
- Sotelo Reyes, M. G., & Téllez Páramo, J. A. (2007). Efecto de distintos porcentajes de humus de lombriz, compost y suelo, como sustrato en la producción de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) variedad caturra (Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria, UNA).
- Vallejos-Torres, G., Sánchez, T., García, M. A., Trigoso, M., & Arévalo, L. A. (2019). Efecto de hongos formadores de micorrizas arbusculares en clones de café (*Coffea arabica*) variedad Caturra. *Acta Agronómica*, 68(4), 278-284.
- Velásquez, R. A. (2021). Guía de variedades de café y selección de semilla. Anacafé. Asociación Nacional del Café. Recuperado de <https://www.anacafe.org/uploads/file/4f91ff8c819a44548ce5f54900fb4e88/Guia-variedades-y-seleccion-semilla.pdf>
- Vergara, S. (27 de julio de 2020). Partes del fruto de café. Inception coffee. <https://www.inceptioncoffee.com/partes-del-fruto-de-cafe/>
- Villano Obregón, A. (2021). Producción de café (*Coffea arabica* L.): Experiencias en el Centro Poblado San Juan de Ubiriki Chanchamayo-Perene [Universidad Nacional Agraria la Molina]. Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4734/villano-obregon-abel.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Von der Goltz, P. Charles, S. Mandon, H. Bozzola, M. Ferretti, T. Gerakari, E. Rosser, N. Domeisen, N. Freedman, J. (2022). La guía del café. Centro de Comercio Internacional. Cuarta edición. Ginebra (Suiza).



[https://intracen.org/sites/default/files/media/file/media\\_file/2022/06/29/itc\\_coffee\\_4th\\_report\\_20211029\\_es\\_web.pdf](https://intracen.org/sites/default/files/media/file/media_file/2022/06/29/itc_coffee_4th_report_20211029_es_web.pdf)

Worldcoffeeresearch, (2023). Café variedad Catuai.

<https://varieties.worldcoffeeresearch.org/es/varieties/catuai>

Yzarra Tito, W. J., & López Ríos, F. M. (2017). Manual de observaciones fenológicas.

## **ANEXOS**

## **Instrumentos para recolección de datos**

- Cartillas de registro de datos (evaluación)
- GPS, Laptop
- Cuaderno de evidencias
- Celular con cámara fotográfica, USB
- Balanzas electrónica
- Wincha y vernier
- Programa Excel e Infostat
- Observación de fenómenos y entrevista a expertos como técnicas para recojo de la información.
- Supuestos e ideas
- Métodos analíticos y cuantitativo.

## Panel fotográfico

### Embolsado



### Alineamiento y Repique de plantas de café en bolsas



## Preparación y aplicación de los tratamientos



## Manejo del vivero



## Evaluación de altura de plántulas



## Evaluación de longitud de raíz



## Evaluación de peso de raíz y peso aéreo



## Supervisión del asesor de Tesis



## Datos de las evaluaciones

### N° de hojas a los 60 días

	planta 1	planta 2	planta 3	planta 4	planta 5	planta 6	planta 7	planta 8	planta 9	planta 10	Prom.
T1_Great White GW_8g	6	6	4	6	6	6	6	6	6	4	5.6
T2_Organic Granular OG_8g	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
T3_Great White GW_16g	6	6	4	6	6	6	6	4	6	6	5.6
T4_Organic Granular OG_16g	6	6	4	6	6	6	6	6	6	6	5.8
T5_Testigo	4	6	4	4	4	4	6	4	4	4	4.4

### N° de hojas a los 120 días

	planta 1	planta 2	planta 3	planta 4	planta 5	planta 6	planta 7	planta 8	planta 9	planta 10	Prom.
T1_Great White GW_8g	8	9	10	9	11	10	10	10	10	10	9.7
T2_Organic Granular OG_8g	10	9	11	10	10	9	10	10	10	10	9.9
T3_Great White GW_16g	10	9	10	10	10	10	9	10	10	10	9.8
T4_Organic Granular OG_16g	11	10	10	10	10	10	10	10	10	9	10
T5_Testigo	8	8	6	6	8	6	8	6	8	8	7.2

### Altura de planta a los 60 días (cm)

	planta 1	planta 2	planta 3	planta 4	planta 5	planta 6	planta 7	planta 8	planta 9	planta 10	Prom
T1_Great White GW_8g	12.0	11.5	11.0	12.0	11.5	11.0	11.0	11.0	12.0	11.9	11.5
T2_Organic Granular OG_8g	10.8	10.5	10.0	10.2	11.4	10.5	11.1	9.9	11.4	10.8	10.7
T3_Great White GW_16g	12.0	12.0	11.8	12.1	12.5	10.6	12.5	12.3	13.0	12.8	12.2
T4_Organic Granular OG_16g	12.1	10.5	11.9	12.0	11.3	12.3	11.3	11.5	11.7	11.9	11.7
T5_Testigo	11.0	9.8	11.0	10.3	10.0	10.2	9.2	10.4	10.5	10.0	10.2

### Altura de planta a los 120 días (cm)

	planta 1	planta 2	planta 3	planta 4	planta 5	planta 6	planta 7	planta 8	planta 9	planta 10	Prom
T1_Great White GW_8g	19.0	17.0	21.0	18.0	19.0	17.0	17.0	20.0	19.0	15.0	18.2
T2_Organic Granular OG_8g	18.2	16.9	17.5	16.5	19.0	20.3	20.1	24.5	19.3	17.6	19.0
T3_Great White GW_16g	18.5	19.0	19.0	17.5	18.0	17.0	22.5	19.0	18.8	23.0	19.2
T4_Organic Granular OG_16g	18.8	16.5	19.0	18.5	18.0	18.4	18.0	17.3	19.0	18.8	18.2
T5_Testigo	12.0	11.0	16.0	15.5	13.0	11.0	16.2	19.8	13.5	12.7	14.1

### Diámetro de tallo a los 60 días (mm)

	planta 1	planta 2	planta 3	planta 4	planta 5	planta 6	planta 7	planta 8	planta 9	planta 10	Prom
T1_Great White GW_8g	2.9	3.2	2.9	3.4	3.4	3	2.4	2.6	2.6	3	2.94
T2_Organic Granular OG_8g	2.9	2.8	2.8	2.6	2.6	2.8	2.9	2.7	2.8	2.7	2.76
T3_Great White GW_16g	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.5	2.5	2.8	2.8	2.7	2.78
T4_Organic Granular OG_16g	2.7	3.3	3.1	2.4	2.8	2.6	2.8	2.8	3	2.9	2.84
T5_Testigo	2.7	2.6	2.7	2.3	2.5	2.7	2.7	2.7	2.3	2.6	2.58

### Diámetro de tallo a los 120 días (mm)

	planta 1	planta 2	planta 3	planta 4	planta 5	planta 6	planta 7	planta 8	planta 9	planta 10	Prom
T1_Great White GW_8g	3	3	3.6	3.5	3.8	3.7	3.5	3.7	3.6	3.7	3.51
T2_Organic Granular OG_8g	3.7	3	3.8	3.2	3.1	3.3	3	3.5	3.4	3.4	3.34
T3_Great White GW_16g	3.2	3.5	3.4	3.4	3.9	3.2	3.9	3.8	4	4.1	3.64
T4_Organic Granular OG_16g	3.5	3.8	3.3	3.5	3.2	3.8	3.4	3.3	3.8	3.3	3.49
T5_Testigo	3.3	2.8	3	2.9	3.2	2.9	2.9	3	3.1	2.7	2.98



### Longitud de raíz a los 60 días (cm)

	planta 1	planta 2	planta 3	planta 4	planta 5	planta 6	planta 7	planta 8	planta 9	planta 10	Prom
T1_Great White GW_8g	12.5	11.0	9.8	12.0	9.5	12.5	13.2	12.2	9.4	11.3	11.3
T2_Organic Granular OG_8g	14.6	12.2	8.6	15.4	5.2	8.5	10.0	12.2	11.4	8.8	10.7
T3_Great White GW_16g	10.0	13.2	11.3	10.5	10.0	10.0	9.0	13.0	9.5	12.5	10.9
T4_Organic Granular OG_16g	14.5	9.0	11.0	15.3	18.5	14.0	8.0	14.5	10.7	15.6	13.1
T5_Testigo	11.0	9.5	10.3	9.7	8.3	7.5	8.4	7.7	6.2	8.7	8.7

### Longitud de raíz a los 120 días (cm)

	planta 1	planta 2	planta 3	planta 4	planta 5	planta 6	planta 7	planta 8	planta 9	planta 10	Prom
T1_Great White GW_8g	18.3	20.1	18.2	21.5	21.4	18.3	20.1	18.2	21.5	21.4	19.9
T2_Organic Granular OG_8g	19.5	19.0	19.8	22.0	21.9	19.5	19.0	19.8	22.0	21.9	20.4
T3_Great White GW_16g	17.5	21.4	20.5	19.1	21.3	17.5	21.4	20.5	19.1	21.3	20.0
T4_Organic Granular OG_16g	17.2	20.2	19.9	20.0	19.2	17.2	20.2	19.9	20.0	19.2	19.3
T5_Testigo	11.0	12.0	15.3	13.5	14.9	11.0	12.0	15.3	13.5	14.9	13.3

### Peso fresco radicular a los 120 días (g)

	planta 1	planta 2	planta 3	planta 4	planta 5	planta 6	planta 7	planta 8	planta 9	planta 10
T1_Great White GW_8g	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	1.1	2.3	1.2	2.1	1.2
T2_Organic Granular OG_8g	2.1	2.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.1	2.0	2.2
T3_Great White GW_16g	3.0	3.1	2.0	3.0	2.1	3.0	3.0	2.0	3.0	2.0
T4_Organic Granular OG_16g	2.0	3.0	3.0	3.1	3.0	2.0	3.1	3.0	3.0	3.0
T5_Testigo	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.1	1.0	1.0	2.1	1.0

### Peso fresco de la parte aérea a los 120 días (g)

	planta 1	planta 2	planta 3	planta 4	planta 5	planta 6	planta 7	planta 8	planta 9	planta 10
T1_Great White GW_8g	4.1	5.0	4.0	5.0	4.2	4.0	5.0	4.3	5.0	4.0
T2_Organic Granular OG_8g	5.0	4.1	6.0	5.0	5.0	5.0	4.1	6.0	5.1	5.0
T3_Great White GW_16g	5.1	5.0	4.1	5.0	4.1	5.0	5.0	4.1	5.0	4.0
T4_Organic Granular OG_16g	4.0	5.0	5.0	5.1	6.0	4.0	5.1	5.0	5.2	6.0
T5_Testigo	1.1	2.0	1.2	3.3	2.0	1.0	2.0	1.3	3.0	2.0

### Volumen radicular (cm<sup>3</sup>)

	planta 1	planta 2	planta 3	planta 4	planta 5	planta 6	planta 7	planta 8	planta 9	planta 10
T1_Great White GW_8g	2.5	2.0	2.0	2.5	2.0	2.0	2.5	2.0	2.0	2.6
T2_Organic Granular OG_8g	3.0	3.0	2.5	3.0	3.0	2.5	3.1	3.0	2.5	2.9
T3_Great White GW_16g	2.1	3.0	2.5	2.0	3.0	2.5	2.2	3.0	2.5	2.8
T4_Organic Granular OG_16g	2.0	2.5	2.0	2.2	2.5	2.0	2.3	2.5	2.0	2.4
T5_Testigo	2.0	2.0	1.0	2.0	2.0	1.5	2.0	2.0	1.6	2.2

### Número de días a la producción de plantones (altura 25 cm)

	N° de días
T1_Great White GW_8g	170
T2_Organic Granular OG_8g	156
T3_Great White GW_16g	150
T4_Organic Granular OG_16g	163
T5_Testigo	178