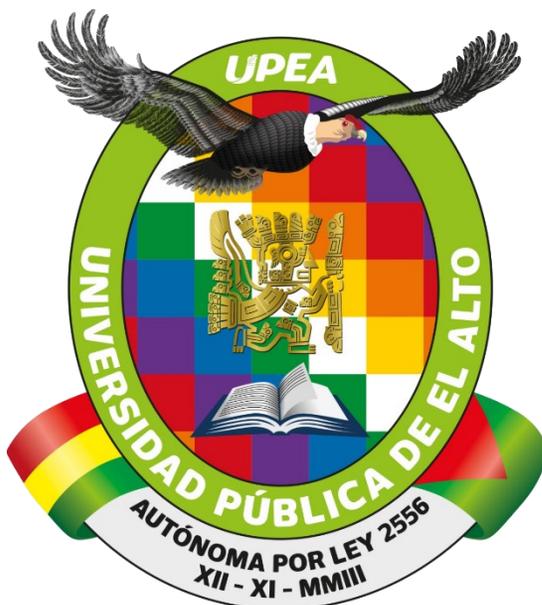


**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EFFECTO DE CUATRO SUSTRATOS SOBRE LA GERMINACIÓN Y
DESARROLLO INICIAL EN DOS VARIEDADES DE CAFÉ (*Coffea
arábica*) CATUAI Y JAVA EN LA COLONIA MANCO KAPAC
MUNICIPIO DE CARANAVI**

Por:

Reynaldo Paucara Condori

EL ALTO – BOLIVIA

Septiembre, 2025

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EFFECTO DE CUATRO SUSTRATOS SOBRE LA GERMINACIÓN Y DESARROLLO
INICIAL EN DOS VARIEDADES DE CAFÉ (*Coffea arábica*) CATUAI Y JAVA EN LA
COLONIA MANCO KAPAC MUNICIPIO DE CARANAVI**

Tesis de Grado presentado

*como requisito para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

Reynaldo Paucara Condori

Asesores:

Lic. Ing. Reinaldo Mendoza Segovia

.....

Tribunal Revisor:

Lic. Ing. Sandro Vladimir Blaz Flores

.....

Lic. Ing. Diego Orlando Lopez Portugal

.....

Ph. D. M. Sc. Lic. Ing. Humberto Sainz Mendoza

.....

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador

.....

DEDICATORIA:

A Dios por brindarme la vida, la fuerza y conocimientos para conseguir mis objetivos y concluir con mi formación profesional.

A mis padres Juan Paucara Condori y Victoria Condori Suca que me dieron la vida, y por sus constantes recomendaciones y apoyo en todo momento y de manera incondicional. Sobre todo fueron y son la inspiración para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera muy especial por haber llegado a esta etapa final de mi formación a mis padres y hermanos; quienes me guiaron y marcaron el camino correcto a seguir como persona

Al personal docente de la Carrera de Ingeniería Agronomía Sede San Pablo Caranavi, de la Universidad Pública de El Alto por su importante tarea de formar profesionales en el campo de la agronomía.

A mi asesor, Lic. Ing. Reinaldo Mendoza Segovia por su apoyo incondicional y acertadas sugerencias, guía constante en la formulación, desarrollo y conclusión de la presente tesis de grado.

A mis tribunales revisores, conformados por los siguientes notables profesionales: Lic. Ing P. h D. Humberto Sainz Mendoza, Lic. Ing. Diego López y Lic. Ing. Sandro Bladimir Blaz por las observaciones y sugerencias en el desarrollo de esta investigación.

Por último, deseo agradecer a todos los compañeros y compañeras de la Carrera de Ingeniería Agronómica Sede San Pablo Caranavi de la Universidad Pública de El Alto por todas las experiencias vividas en nuestra formación profesional dentro y fuera de las aulas.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS.....	i
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
ABREVIATURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	2
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Hipótesis.....	4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Origen del Café	5
2.2. Cultivo de Café en el mundo	5
2.3. Producción de café en Bolivia	6
2.3.1. Importancia económica del café boliviano.....	6
2.4. Clasificación taxonómica del café	7
2.5. Características morfológicas del cafeto	7
2.6. Variedades de café	8

2.7.	Características del sustrato para el cultivo de café	9
2.7.1.	Propiedades físicas del sustrato.....	10
2.7.2.	Propiedades químicas del sustrato	10
2.7.3.	Otras propiedades	10
2.8.	Sustratos para la propagación de café en vivero	11
2.8.1.	Suelos o tierra del lugar.....	11
2.8.2.	Cascarilla de arroz.....	11
2.8.3.	Abono natural gallinaza	11
2.8.4.	Arena	12
2.8.5.	Aserrín.....	12
2.9.	Manejo del cultivo de café en condiciones de vivero	12
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1.	Localización.....	14
1.1.	Ubicación Geográfica	14
1.2.	Características Edafoclimáticas	15
1.2.1.	Clima	15
1.2.2.	Suelo	15
1.2.3.	Flora y fauna.....	16
3.2.	Materiales.....	16
3.2.1.	Material de estudio	16
3.2.2.	Material vegetal o biológico	16
3.2.3.	Material de escritorio	16
3.2.4.	Material de campo	17
3.3.	Metodología.....	17
3.3.1.	Desarrollo del ensayo.....	17
3.3.1.1.	Selección de la semilla.....	18

3.3.1.2.	Producción de plantines	18
	Elección del sitio:.....	18
3.3.1.3.	Desinfección y mezcla del sustrato.	19
3.3.1.4.	Tratamiento pre germinativo.....	20
3.3.1.5.	Siembra de la semilla	20
3.3.2.	Diseño experimental.....	20
3.3.3.	Factores de estudio	21
3.3.3.1.	Formulación de tratamientos	21
3.3.3.2.	Relación mezcla del sustrato.....	22
3.3.4.	Variables de respuesta	22
3.3.4.1.	Días a la germinación y emergencia de la semilla	22
3.3.4.2.	Porcentaje de sobrevivencia en almacigo (%).....	23
3.3.4.3.	Altura de los plantines en almacigo (cm).....	24
3.3.4.4.	Diámetro del tallo en almacigo (mm).....	25
3.3.4.5.	Longitud de la raíz pivotante (cm)	25
3.3.5.	Análisis estadístico	26
3.3.6.	Análisis económico.....	26
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1.	Variables climáticas en la zona de estudio.....	28
4.2.	Variables de respuesta en fase de almacigo	29
4.2.1.	Días a la germinación de las semillas	29
4.2.2.	Altura planta del café en etapa de almacigo	31
4.2.3.	Diámetro tallo de los plantines en estado de chapola en almacigo.....	34
4.2.4.	Longitud de la raíz en los plantines (mm).....	36
4.3.	Variables de respuesta en fase de desarrollo en vivero.....	38
4.3.1.	Desarrollo altura planta a los tres meses después del repique	38

4.3.2.	Diámetro tallo de los plantines en maceta o vivero	40
4.3.3.	Número de par de hojas por planta	42
4.4.	Análisis económico.....	44
5.	CONCLUSIONES	45
5.1.	En fase de almacigo.....	45
5.2.	Fase de vivero.....	45
6.	RECOMENDACIONES	46
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	47
8.	ANEXOS	52

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Relación de la combinación de sustrato	22
Cuadro 2.	Análisis de varianza días a la germinación de los plantines de café	29
Cuadro 3.	Anva en la variable altura planta de café a los 67 días en estado de chapola 31	
Cuadro 4.	Análisis de varianza en el diámetro tallo de los plantines en almacigo	34
Cuadro 5.	Análisis de varianza en la longitud de la raíz del café en almacigo	36
Cuadro 6.	Análisis de varianza en el desarrollo altura planta en vivero.....	38
Cuadro 7.	Análisis de varianza en el diámetro talos de los plantines	40
Cuadro 8.	Análisis de varianza promedio de par de hojas por planta	42
Cuadro 9.	Relación beneficio costo por tratamiento	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Principales productores de café en el mundo 2024	6
Figura 2.	Ubicación de la Colonia Manco Kapac Chico.....	15
Figura 3.	Selección de las semillas de café de las dos variedades.....	18
Figura 4.	Modelo de los germinadores para los diferentes tratamientos.....	19
Figura 5.	Desinfección y mezcla de los sustratos a utilizar en los germinadores.....	19
Figura 6.	Almacigado de las semillas por tratamientos y variedades	20
Figura 7.	Germinación y emergencia de los plantines por tratamiento	23
Figura 8.	Supervivencia de los plantines por tratamiento después del repique	24
Figura 9.	Toma de datos altura planta en estado mariposa y desarrollo.....	24
Figura 10.	Diámetro tallo en estado fosforito del café	25
Figura 11.	Longitud de la raíz del plantin de café en estado mariposa en almacigo...	26
Figura 12.	Datos climáticos SENAMHI, gestión 2024 - 2025	28
Figura 13.	Prueba Duncan días a la germinación por tratamientos	30
Figura 14.	Prueba de medias en el desarrollo altura planta en etapa de chapola	32
Figura 15.	Interacción de los factores Sustrato por variedad en la altura del café.....	33
Figura 16.	Prueba Duncan diámetro tallo en los plantines de café en almacigo	35
Figura 17.	Prueba de medias en el desarrollo de la longitud de la raíz en almacigo del café	37
Figura 18.	Prueba de medias altura de planta por tipo de sustrato.....	39
	*=significativo **=altamente significativo ns= no significativo	40
Figura 19.	Duncan en el diámetro tallo de los plantines por tipo de sustrato	40
Figura 20.	Diámetro tallo en los plantines por variedades.....	41
Figura 21.	Promedio par de hojas por plantas por tipo de sustratos	43

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Desarrollo	52
Anexo 2.	Desarrollo de los plantines por tratamiento en estado de mariposa	52
Anexo 3.	Repicado de los plantines por tratamientos	53
Anexo 4.	Desarrollo de los plantines de café después del repique	53
Anexo 5.	Desarrollo de los plantines de café después del repicado	53
Anexo 6.	ANVA y Duncan días a la germinación de los plantines de café por tratamientos 54	
Anexo 7.	Análisis ANVA y DUNCAN para las variables altura planta, diámetro tallo y longitud de la raíz.	58

ABREVIATURAS

pH	Potencial de hidrogeniones
cm	Centímetro
CNC	Consejo Nacional del Café
PTDI	Plan Territorial de Desarrollo Institucional
DCA	Diseño Completamente al azar
°C	Grados centígrados
km	Kilómetro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetro

RESUMEN

El presente trabajo de evaluación se realizó en la colonia Manco Kapac, situado en el Municipio de Caranavi, perteneciente al departamento de La Paz. El objetivo principal fue determinar el sustrato más eficiente en la germinación de plántulas de café (*Coffea arábica*) en las variedades java y Catuaí en fase de almacigo y fase inicial en vivero. En la investigación se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo bifactorial. Donde el factor A estuvo compuesto por los tipos de sustrato. Arena, aserrín, cascarilla de arroz y suelo del lugar y el Factor B las dos variedades de café java y catuai, haciendo un total de ocho tratamientos y cuatro repeticiones cada uno. Las variables medidas fueron: días a la germinación, altura planta, diámetro tallo y longitud de la raíz, en fase de almacigo y en fase de desarrollo en vivero se plantearon altura planta, diámetro tallo y número promedio de hojas. Con base en el Análisis de Varianza y prueba de medias de Duncan efectuados a las variables se determinó que el mejor tratamiento concerniente a los días de germinación y porcentaje de supervivencia, fue el sustrato suelo con arena y suelo con aserrín siendo los más adecuado y recomendables para la producción de plántulas de *C. arábica* obteniendo plantines en menor tiempo y buena calidad en estado de mariposa a los 47 días alcanzaron el 97.5% y 82% de germinación y desarrollo. En el desarrollo de la altura planta y longitud radicular de los plantines de café en fase de almacigo, el mejor promedio presentó el sustrato con arena con 8.9 cm en longitud de la raíz y con 4.5 cm en altura planta y para la variable diámetro tallo el T2 aserrín desarrollo mayor diámetro con 3.1 mm promedio por planta.

En cuanto al desarrollo vegetativo de los plantines en fase inicial en vivero en el desarrollo de la altura planta, diámetro tallo y número promedio de hojas por planta después del repique a los 3 meses, el tratamientos T1 compuesto de (suelo del lugar + arena + gallinaza) mostró mejores resultados en los plantines del café, con un desarrollo en altura de 17.8 cm, con un diámetro de 3.6 mm y un promedio en el par de hojas de 5.4 promedio por planta. Y en la relación beneficio costo, con un mayor retorno económico en cuanto a ingresos presento el T1 de (Suelo del lugar + arena + gallinaza) 1.93 y el Tratamiento 2 (suelo del lugar + aserrín + gallinaza) con un beneficio de 1.85 respectivamente.

ABSTRACT

This evaluation study was conducted in the Manco Kapac neighborhood, located in the Caranavi municipality, La Paz department. The primary objective was to determine the most efficient substrate for germination of coffee seedlings (*Coffea arábica*) of the Java and Catuai varieties during the seedling and initial nursery stages. The study used a completely randomized, two-factor design. Factor A consisted of substrate types (sand, sawdust, rice husks, and local soil), and Factor B consisted of the two Java and Catuai coffee varieties. The treatments were divided into eight treatments, each with four replicates. The variables measured were: days to germination, plant height, stem diameter and root length, in the seedling phase and in the nursery development phase, plant height, stem diameter and average number of leaves were considered. Based on the Analysis of Variance and Duncan's means test performed on the variables, it was determined that the best treatment concerning the days of germination and survival percentage, was the substrate soil with sand and soil with sawdust being the most adequate and recommended for the production of *C. arábica* seedlings, obtaining seedlings in less time and good quality in butterfly stage at 47 days they reached 97.5% and 82% germination and development. In the development of plant height and root length of coffee seedlings in the seedling phase, the best average presented the substrate with sand with 8.9 cm in root length and 4.5 cm in plant height and for the stem diameter variable T2 sawdust developed the greatest diameter with 3.1 mm average per plant.

Regarding the vegetative development of seedlings in the initial phase in the nursery in the development of plant height, stem diameter and average number of leaves per plant after transplanting at 3 months, the T1 treatment composed of (local soil + sand + chicken manure) showed better results in coffee seedlings, with a height development of 17.8 cm, with a diameter of 3.6 mm and an average of 5.4 leaves per plant. In terms of the cost-benefit ratio, the T1 (local soil + sand + chicken manure) presented a higher economic return in terms of income at 1.93 and Treatment 2 (local soil + sawdust + chicken manure) with a benefit of 1.85 respectively.

1. INTRODUCCIÓN

El café se ha catalogado como uno de los productos más conocidos en todo el mundo. En la gestión 2023 hasta el mes de septiembre, Bolivia logró exportar café boliviano por un monto de \$us 7.7 millones, teniendo como mercados importantes a Estados Unidos con un monto de 3.4 millones de dólares; a Francia, con 1.360.000 dólares; a Alemania, con 1.014.000 dólares; a Japón, con alrededor de un millón de dólares; además de Bélgica (VCEI, 2023)

VCEI (2023), hace referencia que los mercados motiva a la competitividad entre empresas, asociaciones, cooperativas, comunidades y productores de café de toda Bolivia, organizada por el Consejo Nacional del Café- CNC, en el que los participantes ofrecen lo mejor de su producción para la degustación del jurado calificador, y destaca la calidad de los lotes que entran en competencia, pero también se debe recalcar que para la mejorar de la calidad del producto y rendimiento se debe innovar nuevas alternativas de manejo de la semilla, germinación, desarrollo y producción del cultivo

Camargo (2010), menciona que el cambio climático constante que se da cada año está afectando la productividad de diferentes cultivos agrícolas, sin excluir al café, donde la variación anual en la producción está relacionada principalmente con la variación climática, ya que se sabe que los factores climáticos afectan el desarrollo de las fases fenológicas del cultivo, como es el caso del proceso de fotosíntesis que se limita cuando se produce el estrés hídrico. Otro factor climático que puede reducir la productividad son las temperaturas extremas del aire, menores a 4 °C que ocasiona el amarillamiento de las hojas y muerte de tejidos y brotes, mientras que temperaturas mayores a 30 °C reducen la fotosíntesis y provocan la pérdida de la floración.

Así mismo Lárraga *et al.* (2011), mencionan que para obtener plantas de calidad en condiciones de vivero se debe considerar usar sustratos a base de materiales disponibles con aceptables características físicas como la aireación, drenaje, retención de agua y densidad. Por lo que refieren que los sustratos más ideales resultan del uso individual o la mezcla de materiales orgánicos, compost, fibras y productos agroindustriales.

1.1. Antecedentes

El cultivo de café juega un papel importante en la economía mundial ya que es considerado como el motor económico de muchos países principalmente del trópico, siendo además el segundo producto que más se comercializa a nivel global, solo detrás del petróleo. Se estima que alrededor de 125 millones de personas viven del cultivo de café, incluyendo los 25 millones de pequeños productores (Urbina y Tosta, 2018).

La calidad de las plántulas ejerce influencia por mucho tiempo en la plantación debido a que las deficiencias son detectadas luego de dos o tres años cuando la plantación empieza a producir; por eso cualquier error cometido en el período de producción de plántulas desde la germinación y vivero resulta en baja productividad. Ante esto, para el manejo adecuado del cultivo se debe empezar desde el establecimiento en el vivero, ya que para la instalación en el campo se debe garantizar plantas de buena arquitectura, vigorosas y libres de plagas y enfermedades (Encalada, 2018).

El sustrato varía dependiendo de la disponibilidad de recursos en la finca y el criterio del productor, así pues las proporciones de los materiales utilizados, suelo, abono, materia orgánica, humus, arena, pueden variar en la finca (Martínez, 2021).

Julca (2020), en su estudio evaluó el efecto de 12 tipos de sustratos en la propagación de *Coffea arabica*; teniendo como tratamiento tres al sustrato tamo de café, T5 sustrato cascarrilla de arroz y T7 sustrato aserrín. Donde menciona que el tratamiento siete que tuvo como sustrato aserrín presentó una mejor longitud de raíces con un promedio de 9.49 cm.

Escoto (2020), en su investigación tuvo por objetivo determinar el mejor sustrato en la germinación de café, utilizó un diseño de bloques completamente al azar, donde se consideró como tratamiento a los sustratos evaluados fueron los siguientes: T1 (arena de río), T2 (cascarilla de café), T3 (cascarilla de arroz), T4 (aserrín de pino de 15 días), T5 (aserrín de pino de un año), T6 (70% arena de río + 30% aserrín de pino de un año) y T7 (70% arena de río + 30% aserrín de pino de un año). Donde el T7 indujo los mejores resultados en cuanto a días de germinación.

1.2. Planteamiento del problema

El principal problema del sector cafetalero de las zonas, es el de no contar o tener un sustrato adecuado en la preparación de germinadores, lo que esto repercute en diferentes problemas como es; la retardación de la germinación de la semilla, bajo porcentaje de germinación, ataque de enfermedades y plantines débiles de mala calidad lo que afecta en el desarrollo de la planta en campo definitivo.

En etapa de vivero las plantas de café requieren atención para no ser afectadas por diferentes factores, sin embargo, para este proceso se requiere producir plantas con buen estado fisiológico, que puedan sobrevivir al momento de ser trasladados al campo definitivo. Ante esto es de importancia la calidad de sustrato que se emplee para la germinación de la semilla, lo que podrá determinar su calidad futura.

¿Cuál de los diferentes sustratos que se propone evaluar en la presente investigación incidirá positivamente en la germinación y desarrollo inicial de plántulas de café en vivero en dos variedades Java y Catuai?

1.3. Justificación

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes sustratos sobre la germinación y desarrollo inicial en plantines de café en dos variedades Java y Catuai, ya que existe la necesidad de encontrar opciones tecnológicas eficientes y viables, para reducir costos y mejorar las condiciones de plantines de café en etapa de vivero, con el objeto de producir plantaciones más vigorosas, uniformes y disminuir la contaminación ambiental.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de diferentes sustratos sobre la germinación de semillas y fase inicial de desarrollo del café (*Coffea arábica* L.) variedad Catuai y Java en la Colonia Manco Capac del Municipio de Caranavi.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el número de días a la germinación y porcentaje de supervivencia de semillas de café (*Coffea arabica* L.) variedad Catuai y Java, en diferentes sustratos (Suelo del lugar + gallinaza, suelo del lugar + arena + gallinaza, suelo del lugar, cascarilla de arroz + gallinaza y suelo del lugar + aserrín + gallinaza).
- Establecer cuál de los sustratos ofrece el mejor desarrollo (foliar, raíz, altura y diámetro tallo) en la producción de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) variedad Catuai y Java.
- Realizar el análisis económico de cada uno de los tratamientos estudiados.

1.5. Hipótesis

- **Ho.** La aplicación de diferentes tipos sustratos utilizados en la germinación y desarrollo inicial en café (*Coffea arabica* L.) variedad Catuai y Java, no causa ningún efecto positivo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen del Café

El café se originó a una altura de más de 1000 m.s.n.m. entre Etiopía y Sudán, África. Aproximadamente en los años 575 y 890, los árabes y los persas lo llevaron a Arabia y Yemen. Por otro lado, los nativos africanos lo extendieron a Madagascar y a Mozambique. Lo trasladaron a Ceilán entre los años 1600 y 1700 gracias a los portugueses y holandeses; posteriormente a la India y Java y otras regiones de Asia y África. En 1708 el gobernador de Java, Von Hoorn obsequió al Rey de Francia Luis XVI una planta de café que luego fue sembrada en los invernaderos de París (Gómez, 2010).

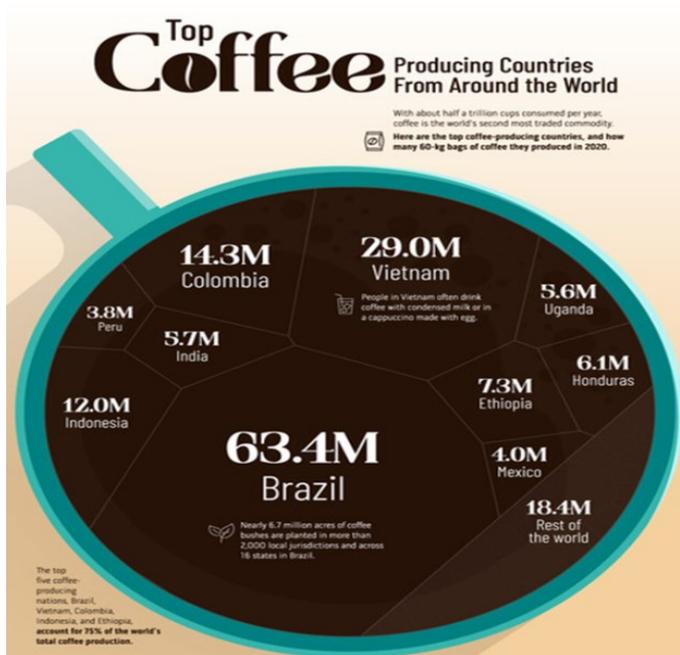
En 1727 lo trasladaron a Sumatra y Brasil, seguidamente pasó a Perú y Paraguay y en 1825 a Hawái. Por otra parte, en París se empezaron a multiplicar las plantas y pasaron a la Guyana Francesa, África Ecuatorial, Haití y Santo Domingo. Después por 1740 se extendió a Puerto Rico y a El Salvador; en 1784 a Bolivia, Ecuador y Panamá; por último, a Costa Rica, Cuba y Guatemala, entre 1796 y 1798 (Gómez, 2010).

2.2. Cultivo de Café en el mundo

América Latina es la zona principal de la producción de café. Brasil cultiva el 38 % de la producción mundial de este producto que, desde mediados del siglo XIX, es la materia prima más extendida del país. Sin embargo, implementar una legislación para cumplir con la normativa europea de la lucha contra la deforestación (Anacafe, 2023).

Según USDA (2024) el café es el segundo producto más comercializado del mundo, y todos los países productores de café comparten un rasgo común: están situados en las regiones tropicales. El viaje de los granos de café abarca países de América del Sur, Asia y África. A pesar del desafío de determinar su origen exacto, los diversos sabores y aromas del café reflejan el tapiz de culturas y paisajes donde se cultiva. Asimismo, el ranking de los 10 principales países productores de café del mundo en 2024, con el detalle de producción de café en millones de toneladas es el siguiente figura 1:

Figura 1. Principales productores de café en el mundo 2024



Fuente: IBCE, (2024)

2.3. Producción de café en Bolivia

Bolivia tiene unos 16.000 productores de café y se calcula que la superficie de cultivos es mayor a las 6.000 hectáreas en todo el territorio. Hoy en día se produce café en 5 departamentos, siendo el de La Paz el que concentra el 95% del cultivo total con una producción anual de 23.452 toneladas, seguido de Santa Cruz 552 toneladas, Cochabamba 180 toneladas, Beni 107 toneladas, Pando 18 toneladas y Tarija 11 toneladas. De acuerdo con datos del Ministerio de Desarrollo Productivo, en el departamento de La Paz la producción de café se concentra en las provincias de Caranavi, Nor y Sud Yungas (IBCE, 2021).

2.3.1. Importancia económica del café boliviano

De enero hasta septiembre de 2024, las exportaciones de café de Bolivia alcanzaron un valor de 9.39 millones de USD y un volumen de 2000 toneladas. Dentro de Bolivia el departamento con mayor participación en las exportaciones es La Paz, que concentra el 99,7% de las exportaciones de café en Bolivia.

Los principales destinos de exportación del café boliviano del total, el 48% de la carga tuvo como destino principal Estados Unidos, seguido de Bélgica (18.4%) y Francia (14.2%), generando ingresos económicos en el país La Paz muestra un ingreso de 9.36 millones USD, Santa cruz con 22 mil dólares y Cochabamba con 8 mil dólares (IBCA, 2024).

2.4. Clasificación taxonómica del café

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Rubiales

Familia: Rubiaceae

Tribu: Coffeae

Género: *Coffea* L.

Especie: *C. arábica*, *C. canephora*, *C. liberica* (Alvarado, 2007).

2.5. Características morfológicas del cafeto

Sistema radical.- El tipo de raíz que tienen los cafetos son: pivotante, axilares o de sostén, laterales y raicillas. La pivotante puede considerarse como la raíz central, su longitud máxima en una planta adulta es de 50 a 60 cm.; mientras que las raíces axilares y la laterales funciona como soporte y para la absorción de agua y nutrientes del suelo de la planta (Alvarado, 2007).

El desarrollo normal del sistema radicular del cafeto es muy importante para su crecimiento, producción y longevidad. Por lo que desde la etapa de semillero y vivero se debe lograr una raíz principal bien formada, para obtener un excelente crecimiento en el campo (Condori, 2020).

Tallo.- Es leñoso, erecto y de longitud variable de acuerdo con el clima y el tipo de suelo; en las variedades comerciales varía entre 2 y 5 m de altura. En una planta adulta la parte inferior es cilíndrica mientras que la parte superior (ápice) es cuadrangular y verde, con esquinas redondas y salidas (Alvarado, 2007).

El cafeto es un arbusto que está formado por un tallo central en cuyo extremo se encuentra la “yema” terminal u ortotrópica”, que es la responsable del crecimiento vertical, formando nudos y entrenudos. De los nudos se forman las ramas laterales o bandolas y las crinolinas o palmillas (crecimiento plagiotrópico). A través de ambos tipos de crecimiento se conforma la arquitectura del cafeto, es decir su sistema vegetativo y productivo (Condori, 2020).

Hojas.- Es un órgano fundamental en la planta porque en ella se realizan los procesos de fotosíntesis, transpiración y respiración. En las ramas, un par de hojas aparece cada 15 a 20 días aproximadamente. Las hojas duran en un cafetal alrededor de un año; la duración de las hojas se reduce con la sequía, con las altas temperaturas y con una mala nutrición (Peña, 2018).

Flores.- Las flores del cafeto aparecen en los nudos de las ramas, hacia la base de las hojas, en grupos de 4 o más, sobre un tallo muy corto llamado glomérulo. La cantidad de flores presentes en un momento determinado, depende de la cantidad de nudos formados previamente en cada rama; el proceso de formación de las flores del cafeto puede durar de 4 a 5 meses. Cada flor tiene en la base un receptáculo corto que se prolonga en el cáliz de color verde que mide de 1 a 2 milímetros (mm) de largo, con cinco picos terminales. La corola es un tubo largo, cilíndrico en la base y de color blanco, que mide de 6 a 12 mm de largo, la cual se abre arriba en cinco pétalos. Consta de 5 estambres insertados en el tubo de la corola. El gineceo está constituido por un ovario súpero con dos óvulos. El estilo es fino y largo con terminaciones estigmáticas (Rodríguez, 2012).

Fruto.- El fruto del café tiene la apariencia de una cereza pequeña o “drupa”. Cuando nace es de un color verde, que cambia luego a amarillo hasta tomar un color rojo lo que significa que ha alcanzado su plena madurez. En el interior de cada cereza, hay dos semillas separadas por un surco y rodeadas de una pulpa amarilla. Son los granos de café. Estos granos están protegidos por una película plateada y recubiertos por una piel de color amarillo (Peña, 2018).

2.6. Variedades de café

Variedad Catuaí: Línea proveniente del cruzamiento entre las variedades de C. arábica: Caturra y Mundo Novo, hecho en el Brasil (1972) y seleccionada por su vigor y porte bajo.

Las características externas de la planta son similares a las de Caturra, pero es más vigorosa. En Colombia no ha sobrepasado las producciones del Caturra. En el Brasil se

cultiva comercialmente pues se adaptó mejor que el Caturra a los períodos secos (Anacafe, 2020).

Esta variedad también es extensamente sembrada en Centroamérica, donde también se siembra Garnica, una variedad de origen similar, retro cruzamientos de Catuaí a Mundo Novo dieron origen a las variedades Oro verde, Rubí y Topacio, con sus variantes (Anacafe, 2020).

Es el resultado del cruzamiento artificial de las variedades Mundo Novo y Caturra, realizado en Brasil. La introducción de Catuaí al país se realizó alrededor de 1970. Se adapta muy bien en rangos de 600 a 1,370 metros sobre el nivel del mar (1,970 a 4,500 pies sobre el nivel mar) en la costa sur y de 1,070 a 1,675 metros sobre el nivel del mar (3,500 a 5,500 pies sobre el nivel del mar) en la zona central, oriental y norte del país.

Variedad Java: Java tiene una larga historia de cultivo. Como su nombre indica, la variedad fue introducida en la isla de Java directamente desde Etiopía por los holandeses a principios del siglo XIX. Java es una selección de una población autóctona de Etiopía llamada Abysinia. Fue introducida a Costa Rica en 1991. La planta se considera bastante alta y de crecimiento rápido y, los primeros frutos los da entre los 3 y los 5 años (Anacafe, 2020).

Es una variedad de alta calidad de taza, pero más resistente a la mayoría de las enfermedades con mejor tolerancia a la roya del café y de bajo requerimiento de fertilizantes

La variedad de café Java en Bolivia es una realidad y ha ganado reconocimiento en la industria cafetera del país. Aunque Bolivia es conocida principalmente por sus variedades de café como el Typica y el Caturra, la variedad Java también se cultiva en ciertas regiones del país. El cultivo de la variedad Java en Bolivia se concentra principalmente en la región de los Yungas, ubicada en el departamento de La Paz. Esta región cuenta con condiciones climáticas y suelos adecuados para el desarrollo de esta variedad. Los caficultores bolivianos han apostado por la producción de café Java debido a sus características y cualidades particulares (Anacafe, 2020)

2.7. Características del sustrato para el cultivo de café

Todo el material inerte o cercano a lo inerte, con suficiente capacidad de absorción de agua y el mantenimiento de ella en porosidades propias de su contextura o de su naturaleza física, puede llegar a ser adecuado para el cultivo de las plantas por medio de las soluciones

nutritivas. Un listado rápido de estos materiales conocidos como Sustratos incluye tanto productos orgánicos como materiales inorgánicos (Arce, 2020).

Entre los productos orgánicos que se usan como sustratos para cultivos en tierra, podemos mencionar; la turba, la fibra de coco, el carbón, las bolitas de poli estireno, cáscara de arroz, aserrín, suelo + materia orgánica. Entre los materiales inorgánicos tenemos: la arena, la grava, cascote y piedras partidas, vermiculita, perlita, lana mineral (Vizcaina, 2017)

Según Canovas, Magna y Boukhalifa el mejor medio de cultivo depende de numerosos factores como son el tipo de material vegetal con el que se trabaja (semillas, plantas, estacas, etc.), especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas de riego y fertilización, aspectos económicos, etc. Para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requieren las siguientes características del medio de cultivo (InfoAgro, 2017)

2.7.1. Propiedades físicas del sustrato

El sustrato debe tener una elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible, suficiente suministro de aire, distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones anteriores, baja densidad aparente, elevada porosidad y estructura estable que impida la contracción (Arce, 2020).

2.7.2. Propiedades químicas del sustrato

El sustrato debe tener baja o apreciable capacidad de intercambio catiónico, dependiendo de que la fertirrigación se aplique permanentemente o de modo intermitente, respectivamente, también debe tener suficiente nivel de nutrientes asimilables, baja salinidad, elevada capacidad tampón y capacidad para mantener constante el pH y una mínima velocidad de descomposición (El Productor, 2018).

2.7.3. Otras propiedades

El sustrato también debe estar libre de semillas de malas hierbas, nematodos y otros patógenos y sustancias fitotóxicas, debe tener una alta reproductividad y disponibilidad de nutrientes, bajo costo, fácil de mezclar, fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección y resistencia a cambios externos físicos, químicos y ambientales (Vizcaino, 2017).

Los sustratos para almácigos de café en vivero deben tener ciertas propiedades para favorecer el desarrollo inicial de las plántulas. Una mezcla equilibrada de suelo franco, arena y materia orgánica proporciona buena retención de humedad y drenaje. Es crucial que el sustrato sea fértil, con un pH óptimo (5.5 a 6.5) y que se esterilice para eliminar patógenos y malezas (Cenicafe, 2018).

2.8. Sustratos para la propagación de café en vivero

2.8.1. Suelos o tierra del lugar

Un suelo está formado por materiales sólidos, líquidos y gaseosos. Para el crecimiento satisfactorio de la planta, estos materiales deben estar presentes en las proporciones adecuadas (Gómez, 2010). Según el mismo autor, un factor importante en el suelo es el tamaño de sus partículas, que se encuentran en la naturaleza desde muy pequeñas cantidades; como la arcilla, que es donde se absorben los nutrientes que luego son extraídos por las plantas. También se encuentran dentro de estas partículas las de arena, que sirven principalmente para dar aireación al medio. Normalmente se usa un suelo cercano a la textura franca como parte de una mezcla (Campozano, 2020).

2.8.2. Cascarilla de arroz.

La cascarilla de arroz es un subproducto de la industria molinera, que resulta abundante en las zonas arroceras de muchos países y que ofrece buenas propiedades para ser utilizado como sustrato hidropónico. Entre sus principales propiedades físico-químicas tenemos que es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición, es liviano, de buen drenaje, buena aireación y su principal costo es el transporte (Monje, 2019).

La cascarilla de arroz, al ser utilizada como sustrato en almácigos, presenta características físicas y químicas, aporta nutrientes como fósforo y potasio, esenciales para el desarrollo de las plantas que la hacen un material adecuado para el desarrollo de plántulas. En términos físicos, su estructura porosa y ligera favorece la aireación y el drenaje, mientras que su composición química, rica en celulosa, lignina y sílice, contribuye a la retención de humedad y al soporte de las raíces (Zanin, 2021)

2.8.3. Abono natural gallinaza

La gallinaza es un abono orgánico de excelente calidad. Se compone de deyecciones de las aves de corral y del material usado como cama, que por lo general es la cascarilla de

arroz mezclada con cal en pequeña proporción, la cual se coloca en el piso. Es un apreciado fertilizante orgánico, relativamente concentrado y de rápida acción (Arce, 2020).

2.8.4. Arena

Es uno de los materiales inorgánicos más usados en el desarrollo tradicional de los cultivos hidropónicos. Su uso todavía continúa, aunque no es muy recomendable, a menos que la arena sea cuidadosamente esterilizada. Por otra parte el uso de arena requiere un buen manejo de su granulometría con el objeto de obtener su máxima capacidad de drenaje. La esterilización entre cosechas se torna más dificultosa, los métodos pueden ser diferentes, físicos o químicos, según las posibilidades y el tamaño de la instalación. Un buen lavado previo, y luego calor directo, vapor vivo, bromuro de metilo, etc. Son solo algunos ejemplos a considerar en general, la arena es un sustrato de calidad pobre. (Martínez, 2021)

De la gran variedad de arenas existentes, la de río ofrece las mejores características para ser empleados en cultivos sin suelos o con mezcla de otros componentes, el tamaño ideal de las partículas está comprendido entre 0.5 y 2mm. La procedencia de estas arenas debe ser de ríos no contaminados ni de materiales arcillosos (Vizcaíno, 2017).

2.8.5. Aserrín

Es también sustrato orgánico importante, que últimamente ha adquirido mayor relevancia para los cultivos sin tierra. Esto ha ocurrido principalmente en Sudáfrica y en Canadá, en este último país se está utilizando mucho en los cultivos de pepinos. Su facilidad de obtención, bajo costo y ligero peso además de la facilidad de su descarte ecológico cuando finaliza la cosecha, lo ha hecho bastante popular. (Vizcaino, 2017).

El aserrín como sustrato presenta características físicas y químicas adecuadas que lo hace una opción interesante para el cultivo de plantas y sustituir a la mezcla compuesta por turba, perlita o vermiculata, especialmente en viveros y para la germinación. Según estudios de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y SciELO México, su densidad aparente es baja, lo que contribuye a una buena aireación. La porosidad total es alta, permitiendo una buena retención de agua, pero también la disponibilidad de aire para las raíces (Castro *et al*, 2020)

2.9. Manejo del cultivo de café en condiciones de vivero

Selección de la Semilla: En el campo, la producción varía mucho de cafeto a cafeto. La práctica de selección de la semilla tiene como objetivo escoger las mejores semillas para

obtener plantas de alta calidad y por ende el éxito de las futuras plantaciones a cultivarse, es por esto que un cafeto vigoroso, sano, altamente productivo y resistente a plagas solamente se logra seleccionando correctamente las semillas y realizando un buen almacenamiento hasta realizar la respectiva siembra (Monroig, 2018).

Características para la selección de las plantas madres

- ✓ Seleccionar plantas en lotes de una sola variedad
- ✓ Plantas que presenten estabilidad y alta producción
- ✓ Edad de 6 a 10 años.
- ✓ Plantas resistentes, sanas y vigorosas
- ✓ No escoger semillas de linderos (Monroig, 2018).

Construcción del Germinador: El germinador debe construirse en un lugar de fácil acceso, sombreado, cercano a una fuente de agua para el respectivo riego y un lugar cerrado para proteger de los animales domésticos, entre otros. Para obtener las plántulas, debe sembrarse café pergamino. El germinador puede ser elaborado con palos, tabla, ladrillo o directamente al suelo. Lo recomendable para sembrar un kilo de semillas deberá ser de tamaño de 1 m de ancho por 1 m de largo y 20 cm de altura como mínimo. En caso de sembrar más semillas, es necesario adecuar el largo del germinador a las necesidades y a la cantidad a sembrar (Duicela, 2014).

La siembra del café se puede realizar al voleo o en surcos paralelos, la primera se distribuyen las semillas uniformemente, se aprieta la semilla para que esta quede en contacto con el sustrato, luego se recomienda tapar la semilla con una capa de arena de 2 cm de espesor, para la segunda que es la siembra mediante surcos se recomienda distancias de 5 cm uno del otro, colocando las semillas a una distancia de 1 cm entre ellas (Duicela, 2014).

Trasplante de las plántulas de cafetos a bolsa: Las plántulas deben ser trasplantadas de preferencia en días nublados en las primeras o últimas horas del día. Antes del trasplante, es necesario que las bolsas llenas de suelo estén húmedas para un mejor trasplante y que no afecte a las plántulas. Para sacar las plántulas del germinador, éstas deberán estar en estado de fosforito o chapola, se afloja el sustrato y se retiran con cuidado evitando romper lo menos posible las raíces, además se debe evitar que estas queden directamente expuestas al sol (Duicela, 2014).

Riego: La frecuencia del riego en el vivero dependerá también de las condiciones ambientales de la zona donde se estableció. Se debe regar todos los días, especialmente en la época seca y durante los primeros tres meses; más adelante se realiza en forma intercalada (un día sí y otro no). Generalmente los viveros se establecen en el período seco, por lo que deben contar con agua para riego, para luego ser trasplantadas en el período de lluvias. Muy importante recalcar que se debe regar al final de la tarde o a primeras horas de la mañana (Ormeño *et al.*, 2017).

Control de plagas y enfermedades en vivero: La falta de drenaje en los viveros favorece la presencia del hongo *Rhizoctonia solani* cuya incidencia es mayor en los germinadores y en las primeras semanas después del trasplante, por lo cual ha de evitarse el exceso de sombra y humedad. La mancha de la hoja es causada por el hongo *Cercospora coffeicola*, éste se presenta con mayor frecuencia en cafetos con deficiencia de nitrógeno. Esta enfermedad se puede prevenir mediante aplicaciones consecutivas de compost, humus de lombriz o guano. Se recomienda la aplicación de purines o el estiércol líquido ya que estos pueden contrarrestar rápidamente esta deficiencia y fortalecer las plántulas de café contra el ataque de éste u otros hongos. En caso de ataques fuertes de esta enfermedad, se fumiga con Caldo Bordelés, el cual se prepara en proporción de 2 cucharadas de sulfato de cobre y otro tanto de cal disueltos por galón de agua (CENICAFE, 2018).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

1.1. Ubicación Geográfica

El presente trabajo se realizó en la Colonia Manco Kapac Chico que está situado en el corazón de la capital del café de Bolivia a 1250 msnm, en medio de los frondosos bosques de la región de Yungas en el Municipio de los yungas. Este lugar es famoso por el Camino de la Muerte, un camino que recorre las montañas de los Andes desde el altiplano seco hasta la verde selva amazónica. Bendecida con climas duales, esta región cuenta con el suelo más fértil, convirtiéndose en el centro de la producción de café boliviano (PTDI – 2020 -2025)



Figura 2. Ubicación de la Colonia Manco Kapac Chico

Fuente: Elaboración propia (2024) en base a google Map

1.2. Características Edafoclimáticas

1.2.1. Clima

El clima que presenta la zona es subtropical no obstante de ello es necesario mencionar que las alturas oscilan desde 1700 m.s.n.m. como la máxima elevación, y 350 m.s.n.m. como la mínima altitud en las terrazas aluviales y lugares de planicie por el sector de Alto Beni. La precipitación pluvial anual varía entre 1000 mm y 2500 mm, y la evaporación por transpiración real se calcula entre 800 mm a 1200 mm.

La temperatura media anual aproximada es de 25.8°C, en el mes de septiembre y los meses más calurosos se registran en octubre a diciembre. Los meses registrados más fríos son de mayo a julio (PTDI, 2020 – 2025).

1.2.2. Suelo

Poseen suelos variados, pasando desde los podzoles a los latosoles, con una presencia dominante de suelos coluvio- aluviales, son poco profundos a profundos, con textura media a moderadamente fina y escasa presencia de fragmentos rocosos.

Los suelos presentan son ácidos a moderadamente con pH de 4,10 a 6,09 en los horizontes superiores. El contenido de Materia Orgánica fluctúa entre 1 a 7,6 % (PTDI, 2020 - 2025).

1.2.3. Flora y fauna

La flora se caracteriza por los tipos de vegetación que se presentan en los diferentes pisos altitudinales existentes, es heterogénea con especies de árboles y arbustos siempre verdes, donde se delimitan dos zonas boscosas: Bosque húmedo montano y bosque nublado per húmedo. Los bosques están conformados por una diversidad de especies del tipo herbáceas, arbustos y arbóreas.

Este aspecto permite a los pobladores del lugar realizar el uso y aprovechamiento de especies maderables y no maderables. La diversidad de la fauna silvestre forma parte de los recursos naturales renovables: Se encuentra conformada por especies de mamíferos, aves, reptiles, anfibios, peces e insectos, muchos de estos especímenes están afectados por los depredadores primarios (PTDI, 2020 - 2025).

3.2. Materiales

3.2.1. Material de estudio

3.2.2. Material vegetal o biológico

- ✓ Semilla de café variedad Catuai
- ✓ Semilla de café variedad Java
- ✓ Suelo del lugar
- ✓ Abono gallinaza
- ✓ Arena
- ✓ Aserrín
- ✓ Cascarilla de arroz

3.2.3. Material de escritorio

- ✓ Computadora.

- ✓ Cámara.
- ✓ Calculadora.
- ✓ Impresora.
- ✓ Fotocopias

3.2.4. Material de campo

- ✓ Malla rasshell 80 por ciento de luminosidad.
- ✓ Varas o palos de 3m.
- ✓ Alambre de amarre.
- ✓ Manguera con aspersor.
- ✓ Tablas.
- ✓ Clavos.
- ✓ Martillo
- ✓ Alicata
- ✓ Vernier
- ✓ Libreta de apuntes.
- ✓ Lapicero.
- ✓ Hojas papel bond.
- ✓ Cinta métrica.
- ✓ Sustrato (Suelo del lugar, arena, aserrín, cascarilla de arroz y gallinaza)

3.3. Metodología

3.3.1. Desarrollo del ensayo

En la presente investigación se realizó la propagación sexual de *Coffea arábica* L. variedad Catuai rojo y Java en tres diferentes sustratos más el testigo; siguiendo el procedimiento de Monroig (2018), donde menciona que para generar buenos rendimientos de reproducción y bancos de propagación. Consiste en la obtención de semillas de buena calidad, germinación de las mismas en los tres diferentes sustratos, y evaluación de la longitud de las raíces, porcentaje de supervivencia y número de días a la germinación de las plántulas en cada uno de los sustratos.

3.3.1.1. Selección de la semilla.

La semilla fue recolectada de una parcela de cafetal con más de 5 años de edad productiva perteneciente de la señora Victoria Condori Suca, ubicada en la Colonia Manco Kapac del Municipio de Caranavi ubicada a 30 minutos de la población de Caranavi.



Figura 3. Selección de las semillas de café de las dos variedades

3.3.1.2. Producción de plantines

La producción de plantines se realizó utilizando dos variedades de café (Java y Catuai), que fueron instalados en germinadores con los diferentes sustratos. Tomando en cuenta los siguientes criterios:

Elección del sitio: Se identificó un lugar plano o ligeramente inclinado cerca de una fuente de agua, para poder regar; además, que el germinador esté cerca de una casa, para facilitar la vigilancia, así mismo, que el terreno esté libre de troncos, piedras, aguas estancadas; donde las camas de germinación serán protegidas con malla raschell.

Elaboración del germinador: El germinador fue elaborado de madera (tabla) con medidas de largo de 2m x 30cm en altura, que fue dividido en 4 partes o germinadores cada uno de 50 x 50 cm con una altura de 30 cm para el sustrato, de este modelo se realizó 8 para los tratamientos y repeticiones haciendo un total de 32 germinaderos (figura 4).



Figura 4. Modelo de los germinadores para los diferentes tratamientos

3.3.1.3. Desinfección y mezcla del sustrato.

Los sustratos a utilizar como el aserrín. Cascarrillo de arroz, arena y suelo del lugar fueron desinfectados con cal agrícola ya que por su naturaleza alcalina del cal ayuda a neutralizar la acidez del suelo, lo cual es esencial para mejorar la salud y el crecimiento de las plantas. Además, su poder bactericida y fungicida combate eficazmente los patógenos presentes, reduciendo el riesgo de enfermedades en las plantas.

La dosis recomendada es de 100 a 500g por metro cubico de sustrato para desinfectar sustratos con una anticipación de 5 días.



Figura 5. Desinfección y mezcla de los sustratos a utilizar en los germinadores

3.3.1.4. Tratamiento pre germinativo.

La semilla de las dos variedades se remojó en agua por un periodo de 12 horas antes de sembrar o colocar en el sustrato para obtener una germinación en un periodo más corto y también de esta manera eliminar las semillas vacías que floten.

3.3.1.5. Siembra de la semilla

La siembra o almacigado de la semilla se realizó a inicios del mes de octubre colocando en hileras o filas a una distancia de 1cm entre semillas y 2cm entre hileras esto para poder evaluar el porcentaje de emergencia, sobrevivencia y que la toma de datos sea más efectivo (Anacafe, 2020)

Por cada repetición se colocó 100 semillas almacigados en hileras, 10 semillas por hilera y por cada germinador se realizó 10 filas (figura 6)



Figura 6. Almacigado de las semillas por tratamientos y variedades

3.3.2. Diseño experimental

El presente trabajo se implementó bajo un Diseño Completamente al Azar con Arreglo Bifactorial con 8 tratamiento y cada uno de ellos con 4 repeticiones (Martínez, 1996).

Por lo que el modelo lineal aditivo es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Una observación cualquiera

μ = Media poblacional

α_i = Efecto de la i-ésima variedad de café

β_j = Efecto de la j-ésima tipo de sustrato

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto de la interacción de la variedad de café y tipo de sustrato

ϵ_{ijk} = Error experimental

3.3.3. Factores de estudio

Factor A: Tipos de sustrato

a_1 = Suelo del lugar + gallinaza

a_2 = Suelo del lugar + Arena + gallinaza

a_3 = Suelo del lugar + Cascarilla de arroz + gallinaza

a_4 = Suelo del lugar + Aserrín + gallinaza

Factor B: Variedades de café

b_1 = Variedad Catuai rojo

b_2 = Variedad Java

3.3.3.1. Formulación de tratamientos

$T_1 = a_1b_1$ (Suelo del lugar + gallinaza con Catuai rojo)

$T_2 = a_1b_2$ (Suelo del lugar + gallinaza con Java)

$T_3 = a_2b_1$ (Suelo del lugar + Arena + gallinaza con Catuai rojo)

$T_4 = a_2b_2$ (Suelo del lugar + Arena + gallinaza con Java)

$T_5 = a_2b_2$ (Suelo del lugar + Cascarilla de arroz + gallinaza con Catuai rojo)

$T_6 = a_2b_3$ (Suelo del lugar + Cascarilla de arroz + gallinaza con Java)

$T_7 = a_2b_2$ (Suelo del lugar + Aserrín + gallinaza con Catuai rojo)

$T_8 = a_2b_3$ (Suelo del lugar + Aserrín + gallinaza con Java)

3.3.3.2. Relación mezcla del sustrato

Las relación de la mezcla de sustratos fue elaborado en base a criterios y recomendación planteados según Franco (2020).

Cuadro 1. Relación de la combinación de sustrato

Suelos	% Tierra del lugar	% Arena fina	% Cascarilla de arroz	% Gallinaza seca	% Aserrín
Mescla 1	80	0	0	20	0
Mescla 2	50	40	0	10	0
Mescla 3	50	0	40	10	0
Mescla 4	50	0	0	10	40

Fuente: Elaboración Propia

3.3.4. Variables de respuesta

3.3.4.1. Días a la germinación y emergencia de la semilla

Posterior al almacigado de las semillas de café en los diferentes sustratos se realizó un proceso meticuloso de cuidados en mantener la humedad y temperatura adecuada del vivero; Para la medición de esta variable se lo realizó mediante la observación directa y conteo, contando los días que demoró las semillas en germinar anotándose los datos respectivos cuando las semillas de café empezaron a germinar hasta que el 50% del total hayan germinado por tratamiento y repetición.

Para esta actividad se seleccionó un kilogramo semillas por cada cultivar de café, previamente al almacigado se realizó la prueba del boyado, esto para descartar semillas infértiles o en mal estado.

Por cada tratamiento se utilizó 800 semillas y 100 por cada repetición para poder evaluar el porcentaje de emergencia usando la siguiente formula (Monroig, 2018)

$$\% \text{ de germinacion} = \frac{NSE = \text{Nro. de semillas emergidas}}{TSA = \text{Total de semillas almacenadas}} \times 100$$



Figura 7. Germinación y emergencia de los plantines por tratamiento

3.3.4.2. Porcentaje de sobrevivencia en almacigo (%)

Esta variable se evaluó al final del experimento, contando el número de semillas que germinaron sobre el total de semillas almacenadas y germinadas en estado de chapola o mariposa a los 67 días, realizando mediante la observación directa y el conteo en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición antes de iniciar el repique en las macetas.

Para el cálculo del porcentaje de supervivencia se utilizara la siguiente ecuación (Linares, 2005).

$$\% \text{ de supervivencia} = \frac{\text{Nro. plantas vivas}}{\text{Nro total de plantas}} \times 100$$



Figura 8. Supervivencia de los plantines por tratamiento después del repique

3.3.4.3. Altura de los plantines en almacigo (cm)

Para valorar esta variable se seleccionaron 10 plantas al azar de cada unidad experimental, de los cuales se tomaron la medida de la altura de cada una de ellas, desde el cuello de la raíz hasta el ápice. Esta variable fue tomada en estado fosforito y a cada 30 días después del repicado o fase inicial después del trasplante (Figura 9).



Figura 9. Toma de datos altura planta en estado mariposa y desarrollo

3.3.4.4. Diámetro del tallo en almacigo (mm)

Se tomó desde el tercio medio de la planta en estado fosforito y a cada 30 días después del repicado. Los datos serán reportados en cm, utilizando una regla vernier.



Figura 10. Diámetro tallo en estado fosforito del café

3.3.4.5. Longitud de la raíz pivotante (cm)

Se determinó esta medida a los 67 días después del almacigado en fase de etapa de germinadero o almacigo, midiendo el tamaño de la raíz más larga de las plántulas germinadas con una regla en centímetros; para determinar que sustrato brinda las mejores condiciones para un mejor desarrollo radicular como se observa en la figura 11.

Para esta toma de datos se escogió al azar como unidades experimentales o de medida a 10 plantines por repetición, 40 por tratamiento haciendo un total de 160 plantines evaluadas por toda la investigación.



Figura 11. Longitud de la raíz del plantin de café en estado mariposa en almacigo

3.3.5. Análisis estadístico

Los datos fueron ordenados y evaluados utilizando el programa Infostat versión 2020 por medio del análisis de varianza (ANDEVA), y para las variables de respuesta que manifestaron diferencias estadísticas significativas, se realizó una prueba múltiple de comparación de medias de Duncan al 0.05 % de significancia.

3.3.6. Análisis económico

El análisis económico se obtuvo mediante la relación “beneficio/costo” que se realizó tomando en cuenta los costos de producción y los ingresos brutos por la venta de los plantines, este valor se realizó de acuerdo a las recomendaciones de CIMMYT (1988).

Para determinar los costos de producción de la presente investigación se determinaron los siguientes indicadores microeconómicos.

- ✓ Número de plántulas (en el vivero).
- ✓ Costos de producción (CP)
- ✓ Valor bruto de la producción (VBP)

VBP = N° de plántulas x precio a nivel de finca

Ingreso neto

$$\mathbf{IN = VBP - CP}$$

Precio de la finca

Precio de finca = costo unitario + tasa media de ganancias

Tasa simple de rentabilidad

$$\text{Tasa simple de rentabilidad} = \frac{IN}{CP} \times 100$$

Relación beneficio/costo

$$\text{Relacion B/C} = \frac{\text{Valor bruto de la produccion}}{\text{Costos de produccion}}$$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables climáticas en la zona de estudio

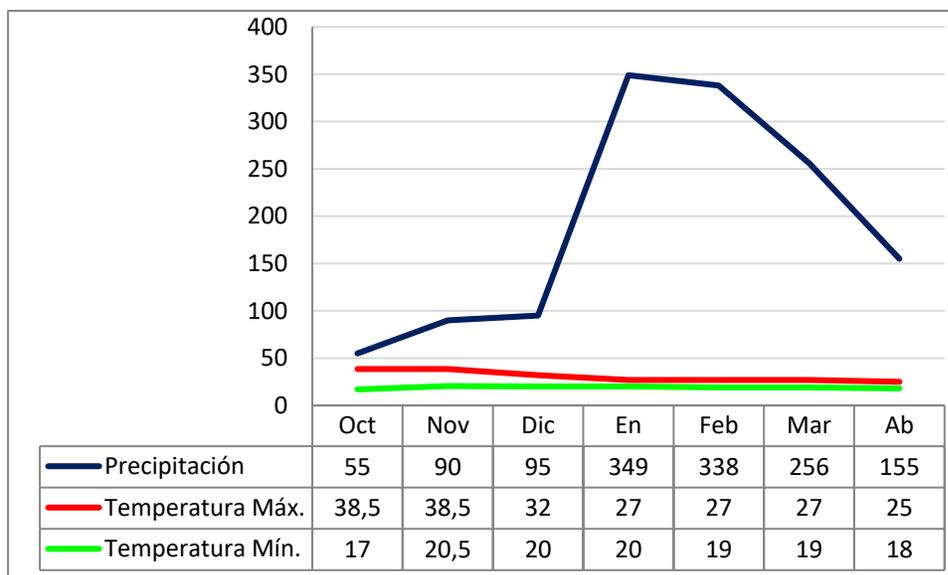


Figura 12. Datos climáticos SENAMHI, gestión 2024 - 2025

Los datos climáticos registrados (Figura 12) fueron tomados de acuerdo a la duración del tiempo del trabajo de campo de la investigación que fue desde octubre del 2024 hasta el mes de abril de la gestión 2025, donde los registros según el Senamhi muestran altas temperaturas durante el día en los meses de octubre y noviembre con 38.5 °C y el mes de diciembre presento 32 °C siendo estos tres meses la etapa de germinación de las semillas en los diferentes sustratos, por otra parte también las precipitaciones durante estos meses se puede evidenciar con niveles muy bajos de 55,90 y 95 mm, aumentado en el mes de enero a marzo del 2025.

Por otro lado Anacafe (2020), menciona que para una germinación óptima de plantines de café en almacigo, se necesita una temperatura entre 23°C y 30°C, especialmente en las primeras semanas. En cuanto a la precipitación, se recomienda una humedad del suelo del 70-90% para un buen desarrollo de las semillas

4.2. Variables de respuesta en fase de almácigo

4.2.1. Días a la germinación de las semillas

Cuadro 2. Análisis de varianza días a la geminación de los plantines de café

Días a la germinación	Parámetro	Sustrato	Variedad	Sustrato por variedad	C.V. %
A los 33 Días	p-valor	<0.0001 **	0.6133 ns	0.7421 ns	24.55
A los 40 Días	p-valor	<0.0001 **	0.6799 ns	0.2005 ns	15.29
A los 47 Días	p-valor	<0.0001 **	0.3113 ns	0.8658 ns	10.29
A los 67 Días	p-valor	<0.0001 **	0.4734 ns	0.2891 ns	5.91

**=altamente significativo ns= no significativo.

De acuerdo al análisis de varianza realizado en el número de días a la germinación en semillas de café en dos variedades (Cuadro 2), los resultados muestran que en el factor tipo de sustrato muestra diferencia altamente significativa a los 33, 40, 47 y 67 días, lo que indica que el tipo de sustrato utilizado influye de alguna manera en la germinación de las semillas de café, sin embargo en el factor variedades de café y la interacción entre los factores sustrato por variedad no muestran diferencia estadística lo que refiere a que el sustrato no es influyente en las variedades, se comportan o actúan homogéneamente en el proceso germinativo de las semillas.

Teniendo consigo índices estadísticos como el coeficiente de variación que se encuentran dentro los parámetros permitidos lo que indica que los datos registrados en campo fueron tomados correctamente como se observa en el cuadro 2.

Para verificar las diferencias entre los tratamientos se realizó la prueba de comparación de medias Duncan al 0.05 de probabilidad obteniendo los resultados que se muestran en la Figura 13.

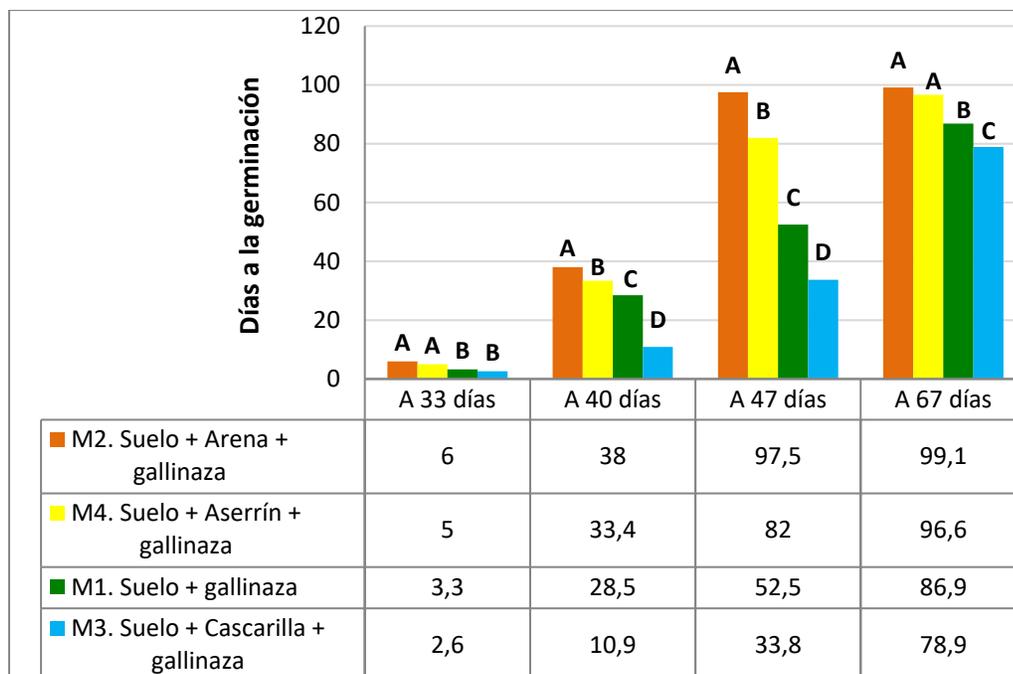


Figura 13. Prueba Duncan días a la germinación por tratamientos

En la prueba de comparación de medias Duncan para la variable días a la germinación de semillas de café utilizando diferentes sustratos (Figura 13), los resultados muestran que al día 33 después del almacenado de las semillas se observa que los tratamientos Suelo del lugar + arena + gallinaza y suelo del lugar + aserrín + gallinaza muestran igualdad estadísticamente donde ambos obtuvieron un mayor número de semillas germinadas con un promedio de 6 y 5 plantines por tratamiento siendo superiores frente a los demás tratamientos, a los 40 días después del almacenado el tratamiento M2 muestra superioridad estadísticamente en cuanto al número de semillas germinadas con 38, seguido del tratamiento M4 con un promedio de 33.4 semillas germinadas siendo ambas superior en comparación a los demás tratamientos. A los 47 días a la germinación después del almacenado el Tratamiento M2 continua mostrando superioridad en el mayor número de semillas germinadas de 97.5% casi llegando al 100%, seguido del tratamiento M4 con 82 semillas germinadas y el tratamiento M3 fue el que menor número de semillas germinadas presento con un 33.8 en promedio, y a los 67 días de evaluación y etapa final del proceso de germinación por tratamientos, la M2 llegó a un 99.1 semillas germinadas siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, seguido de la M4 con 86.6 , M1 con 86.9 y la M3 con 78.9 siendo el más inferior en la cantidad de semillas germinadas.

Con estos resultados se puede evidenciar claramente que el tratamiento M2 que corresponde a la mezcla de sustrato tierra del lugar 50% + arena 40% y gallinaza 10% es el que permite un menor tiempo en germinación de los plantines de café en las dos variedades variedad Catuai rojo y Java.

Como el valor crítico sobre la variable días a la germinación es menor que el nivel de significancia de Duncan al 0.05 de probabilidad se rechaza la hipótesis nula demostrando que la aplicación de diferentes tipos sustratos utilizados en la germinación y desarrollo inicial en café (*Coffea arabica* L.) variedad Catuai y Java, si causa efecto positivos permitiendo una mejor germinación, desarrollo radicular y foliar de (*Coffea arabica* L.) en las dos variedades Catuai y Java.

Según García (2020), en su investigación titulada “Incidencia de tres sustratos en la germinación de café (*Coffea arabica* L.) Variedad caturra”. Encontró como resultados en el tratamiento suelo + aserrín + abono con 46 días, obteniendo un menor número de días de germinación, seguido del tratamiento Suelo + arena + abono con 47 días a la germinación y a continuación está el tratamiento cascarilla de arroz + suelo + abono con 51 días a la germinación; Nuestros resultados se asemejan con esta investigación donde a los 47 días el sustrato mesclado con arena alcanzo un porcentaje de germinación del 90.5% seguido del sustrato aserrín con 82% viéndose claramente que estos dos sustratos presentan mayor eficiencia permitiendo un menor tiempo en la germinación de plantones de café.

4.2.2. Altura planta del café en etapa de almacigo

Cuadro 3. Anva en la variable altura planta de café a los 67 días en estado de chapola

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Sustrato	4.04	3	1.35	38.5	<0.0001**
Variedad	0.01	1	0.01	0.14	0.7088 ns
Sustrato*Variedad	0.33	3	0.11	3.17	0.0428 *
Error	0.84	24	0.04		
Total	5.22	31			
CV %	4.25				

*=altamente significativo **=altamente significativo ns= no significativo.

En el análisis de varianza Cuadro 3 se observa en el factor tipos de sustrato una diferencia estadística altamente significativa en el desarrollo de la altura de los plantines de café a los 67 días después del almacigado, mientras que para el factor variedad no existe significancia, por otro lado en la interacción de los factores sustrato por variedad muestra diferencia estadística significativa lo que refiere a que el sustrato de alguna manera influye en el desarrollo de la altura de los plantines en las dos variedades, presentando un coeficiente de variación de 4.25% indicando que los datos tomados en campos son confiables estadísticamente.

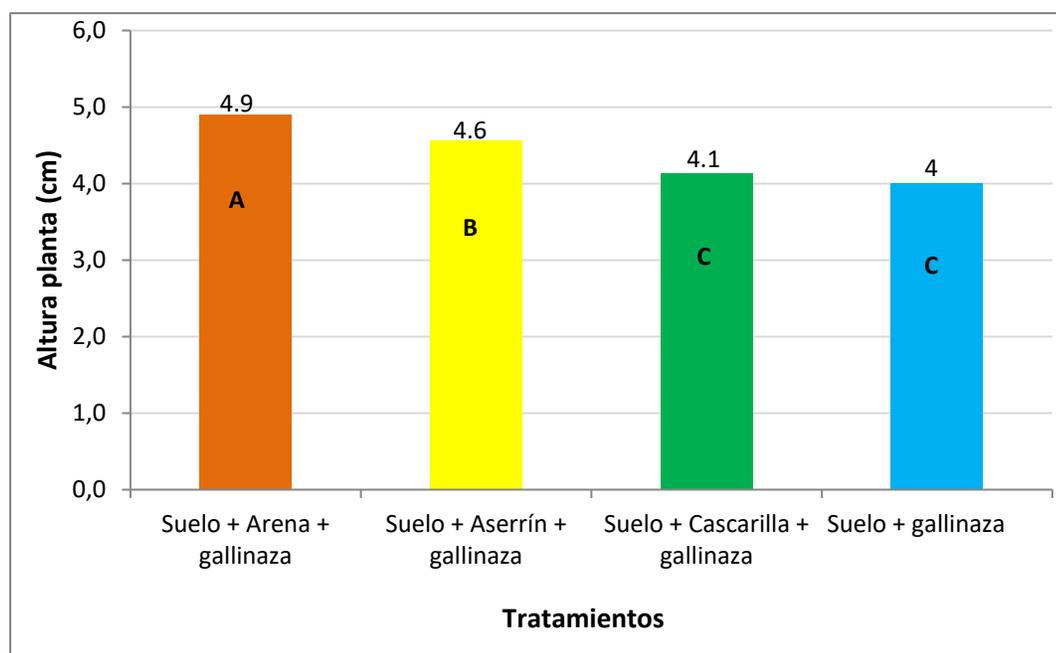


Figura 14. Prueba de medias en el desarrollo altura planta en etapa de chapola

En la prueba de medias Duncan Figura 14 los resultados indican que el sustrato Suelo + arena + gallinaza muestra superioridad en comparación a los demás tratamientos con 4.5 cm de altura promedio por plantin de café, seguido del sustrato suelo + aserrín + gallinaza con 4.6 cm y por último los sustratos suelo + cascarilla + gallinaza y el sustrato suelo + gallinaza no muestra diferencia estadística, siendo los tratamientos con menor desarrollo en altura de los plantines de café en almacigo con un promedio de 4.1 y 4 cm por planta.

Nuestros resultados concuerdan con los encontrados por Alejo y Reyes (2018), donde realizaron la evaluación de sustratos y tipos de recipiente en el crecimiento de plántulas de café arábigo, en condiciones de vivero, teniendo como resultados al sustrato arena más suelo del lugar con un desarrollo de la altura planta de 4.5cm seguido de la cascarilla de

arroz más suelo del lugar con 4cm promedio en altura de los plantines en estado de mariposa en almacigo.

Por otro lado Hernández *et al.* (2014), también demostraron que utilizar sustratos con aserrín en proporción 60% y 40% y viceversa da como resultado planta con características aceptables, además de características químicas como el pH y valores de retención de agua en un intervalo adecuado.

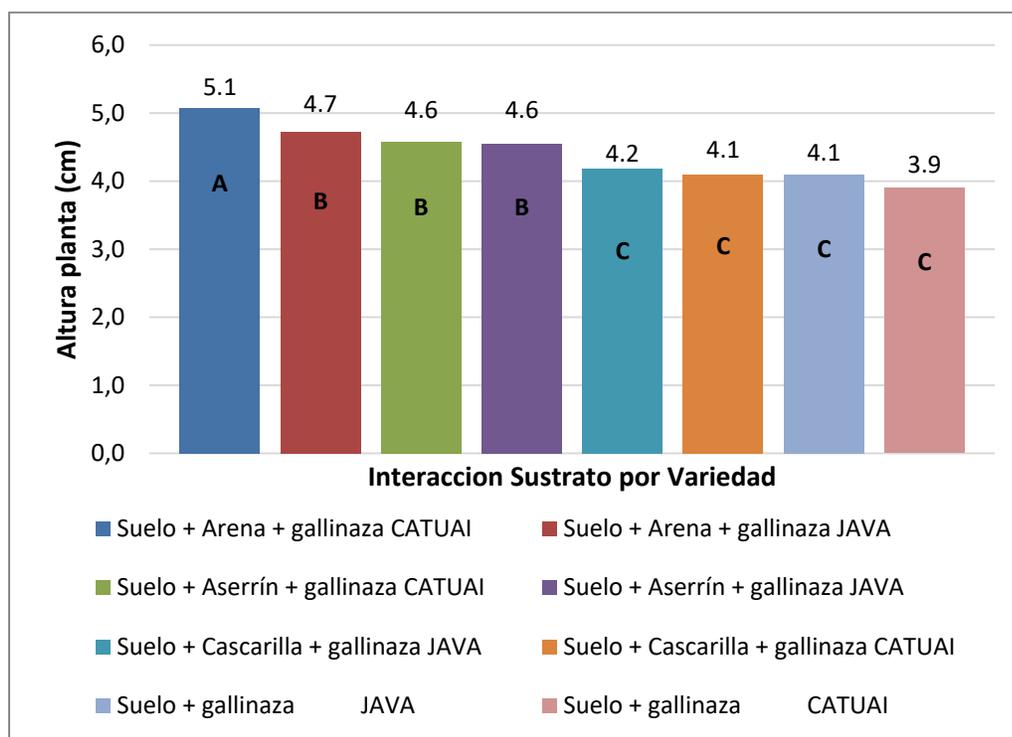


Figura 15. Interacción de los factores Sustrato por variedad en la altura del café

En la interacción de los factores tipo de sustrato por variedad a los 67 días después del almacigado figura 15, muestra tres grupos diferentes en la variable altura planta, el primer grupo A se encuentra el sustrato suelo + arena + gallinaza con catuai con un promedio en altura de 5.1cm siendo superior a los demás tratamientos, seguido por el grupo B donde incluyen los sustratos suelo + arena + gallinaza con java, suelo + aserrín + gallinaza con catuai y suelo + aserrín + gallinaza con java con un desarrollo de 4.7 y 4.6 cm mostrando igualdad estadísticamente entre estos tres tratamientos y el grupo C con el menor desarrollo promedio en altura en los plantines de café conforman los sustratos suelo + cascarilla + gallinaza con java, suelo + cascarilla + gallinaza con catuai, suelo + gallinaza con java y suelo + gallinaza con catuai con promedios de 4.2, 4.1 y 3.9 cm en altura.

Existen algunos estudios de la cascarilla de arroz en mezcla con suelo del lugar en la producción de plántula de algunas especies, más los resultados son controversiales que según Zanin *et al.* (2021) refirieron que el incremento de la cascarilla de arroz mezclada hasta en un 50 % con otros sustratos disminuyó la altura planta, la biomasa fresca de la parte aérea y el número de hojas de plántulas de tomate *Solanum lycopersicum* L. y locoto *Capsicum annum* L. en nuestros resultados la altura planta de café en estado de mariposa alcanzo un promedio de 4.2 y 4.1cm ubicándose en el tercer lugar de los cuatro tratamientos (Figura 14), si bien la cascarilla en términos físicos, su estructura porosa y ligera favorece la aireación y el drenaje, mientras que su composición química, rica en celulosa, lignina, contribuye a la retención de humedad cuando hay exceso de agua lo cual produce un estrés a las plantas lo que podría haber influido en un mayor crecimiento.

4.2.3. Diámetro tallo de los plantines en estado de chapola en almacigo

Cuadro 4. Análisis de varianza en el diámetro tallo de los plantines en almacigo

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Sustrato	0.15	3	0.05	5.36	0.0057**
Variedad	0.02	1	0.02	2.18	0.1527ns
Sustrato*Variedad	0.03	3	0.01	1.18	0.3375ns
Error	0.22	24	0.01		
Total	0.42	31			
CV %	3.25				

=altamente significativo **ns= no significativo.

El análisis de Varianza realizado en la variable diámetro tallo de los plantines de café con el usos de diferentes sustratos en etapa de almacigo Cuadro 4, los resultados obtenidos muestra que para el factor tipo de sustrato existe diferencia estadística altamente significativa, sin embargo en el factor variedad y la interacción del factor sustrato por variedad no muestran diferencia estadística, presentando un coeficiente de variación de 3.25%.

En cuanto al coeficiente de variación presento 3.25% correspondientemente a la toma de datos en campo lo cual indica que son confiables y están dentro los parámetros estadísticos permitidos.

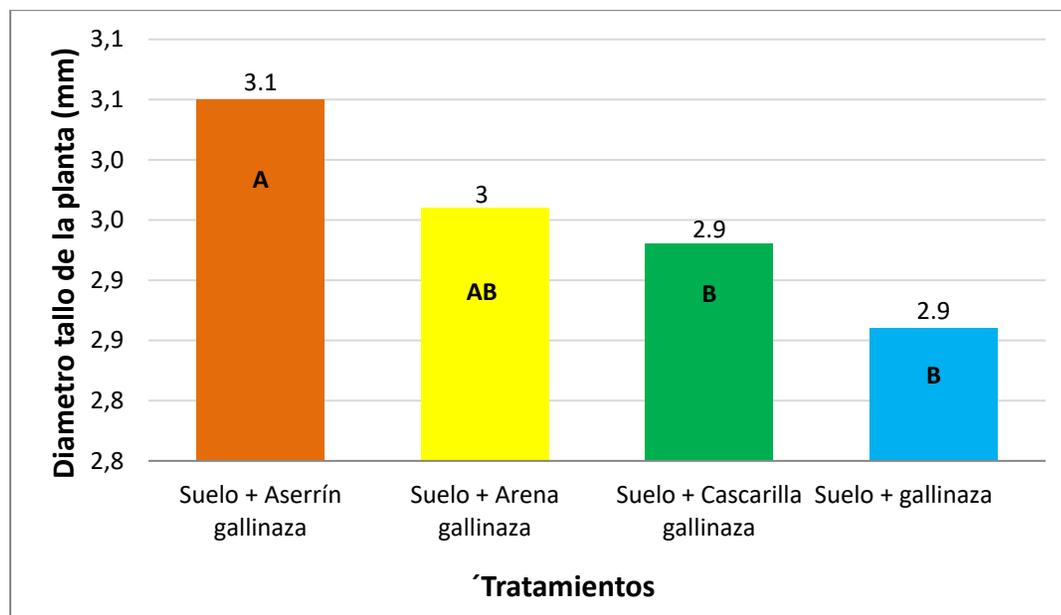


Figura 16. Prueba Duncan diámetro tallo en los plantines de café en almacigo

En la prueba de comparación de media Duncan figura 16 realizado en la variable diámetro tallo de los plantines de café en etapa de almacigo utilizando diferentes sustratos, los resultados muestran que el tratamiento suelo + aserrín + gallinaza y el tratamiento suelo + arena + gallinaza muestran superioridad en comparación a los demás tratamientos con 3.1mm y 3mm de diámetro promedio por planta, en cambio los tratamientos suelo +cascarilla + gallinaza y suelo + gallinaza presentaron un desarrollo de 2.9mm siendo los con menor desarrollo.

Por otro lado Alejo y reyes (2018), mencionan que se ha encontrado que el aserrín, especialmente cuando se mezcla con otros materiales como tierra, puede mejorar el crecimiento de las plántulas, incluyendo el grosor del tallo. Sin embargo, el aserrín por sí solo, o en proporciones muy altas, puede tener efectos negativos debido a su alta proporción de carbono, lo que puede reducir la disponibilidad de nitrógeno y, en última instancia, afectar el crecimiento general de las plantas.

Según Cenicafe (2018) La arena, como sustrato en almácigos de café, puede afectar el diámetro del tallo de las plantas de manera positiva y negativa, dependiendo de la calidad y el tipo de arena utilizada. Generalmente, la arena ayuda a mejorar el drenaje y la aireación, lo que puede favorecer el crecimiento de las raíces y, por ende, el desarrollo del

tallos. Sin embargo, la arena por sí sola puede ser deficiente en nutrientes y puede generar estrés en las plantas si no se complementa adecuadamente.

4.2.4. Longitud de la raíz en los plantines (mm)

Cuadro 5. Análisis de varianza en la longitud de la raíz del café en almacigo

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Sustrato	27.73	3	9.24	24.19	<0.0001**
Variedad	0.5	1	0.5	1.31	0.2639ns
Sustrato*Variedad	2.34	3	0.78	2.04	0.1345ns
Error	9.17	24	0.38		
Total	39.74	31			
CV %	8.11				

**=altamente significativo ns= no significativo.

Con los datos tomados para la variable longitud de raíz a los 67 días después del almacigado de la semilla, se procedió a realizar el análisis de varianza, el cual se presenta a continuación. Según el cuadro 5 muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas para el factor tipos de sustratos, lo que indica que alguno de estos tratamientos tuvo resultados positivos en la variable de análisis. Al mismo tiempo se ve que no existen diferencias estadísticas significativas al 5% para el factor variedad y la interacción de ambos factores, lo que indica que la gradiente de variabilidad de los sustratos no influyó en el resultado de la evaluación de la longitud de la raíz con respecto al tipo de variedades de café. También se muestra un coeficiente de variación aceptable de 8.11%, que indica un manejo adecuado de la evaluación ya que la diferencia de los resultados respecto a la media general es normal.

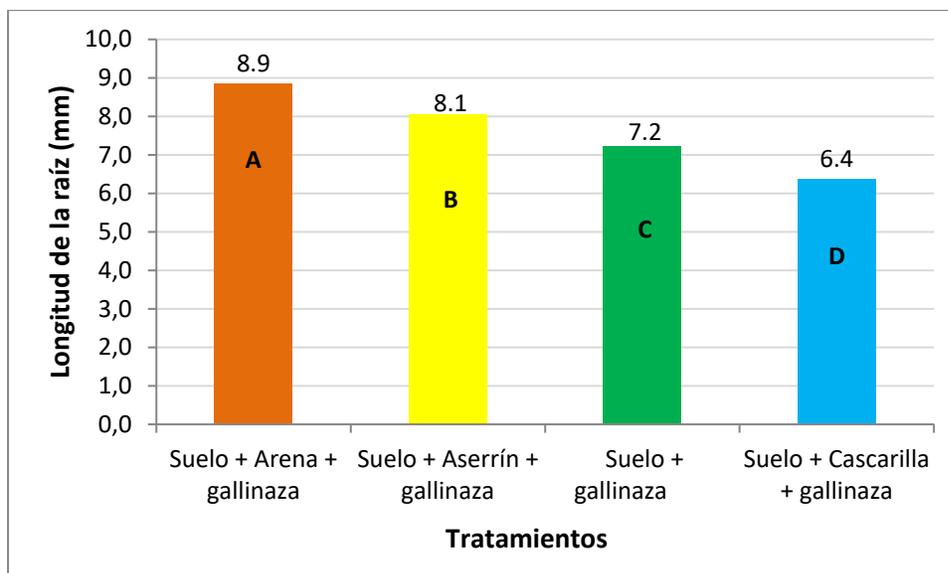


Figura 17. Prueba de medias en el desarrollo de la longitud de la raíz en almácigo del café

De acuerdo a la prueba múltiple de medias Duncan al 0.05% (Figura 17), se forman 4 grupos de medias, de los cuales el grupo A contiene al tratamiento Suelo + arena y gallinaza, con una media de 8.9 cm respectivamente, seguido del grupo B contiene el tratamiento Suelo + aserrín y gallinaza con una media de 8.1 cm, luego el grupo C con el tratamiento Suelo más presento una media de 7.2 cm y por último el grupo C que contiene el tratamiento Suelo + cascarilla de arroz y gallinaza con una longitud promedio de 6.4 cm, con estos resultados el tratamiento o mezcla de suelo del lugar (50%) + arena (40%) y gallinaza (10%) el mejor sustrato, al independizarse del resto de tratamientos mostrando un desarrollo de la longitud de la raíz con una media de 8.9 cm.

La relación de la mezcla del sustrato tierra del lugar + arena y gallinaza (50%, 40% y 10%) presenta un factor importante, ya que la arena hace que exista una permeabilidad del sustrato, que brinda porosidad logrando tener un medio adecuado para el crecimiento radicular de la raíz por medio de la coña, quien se encarga de penetrar el suelo para dar crecimiento al sistema de la raíz de las plantas.

De acuerdo con Franco (2020), en su investigación realizada sobre la influencia de sustratos alternativos en la emergencia de plántulas de café en fase de vivero, obtuvo resultados con el T4 que correspondía mezclas de Tierra del lugar + arena + gallinaza, logrando obtener

un desarrollo de la longitud promedio de la raíz de 10 cm, siendo el mejor al independizarse del resto de tratamientos.

4.3. Variables de respuesta en fase de desarrollo en vivero

Una vez que los plantines tuvieron un desarrollo óptimo o se encontraba en estado de mariposa o chapola, etapa indicada para la realización del repique, se realizó el proceso de repique donde los plantines fueron repicados en un solo tipo de sustrato que fue compuesta de una relación 70-20-10 (suelo del lugar + arena + gallinaza) para ver o evaluar su comportamiento durante tres meses.

4.3.1. Desarrollo altura planta a los tres meses después del repique

Cuadro 6. Análisis de varianza en el desarrollo altura planta en vivero

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Sustrato	59.47	3	19.82	111.87	<0.0001**
Variedad	0.11	1	0.11	0.64	0.4327ns
Sustrato*Variedad	0.35	3	0.12	0.66	0.5874ns
Error	4.25	24	0.18		
Total	64.18	31			
C.V.%	2.7				

**=altamente significativo ns= no significativo

Realizado el análisis de varianza (Cuadro 6) en el desarrollo de la altura en los plantines de dos variedades obtenidos de diferentes sustratos, los resultados muestran que en el factor tipo de sustrato existe una diferencia estadística altamente significativa lo que indica que los plantines provenientes u obtenidos de diferentes sustratos mostraron diferentes comportamiento en el desarrollo en altura planta después del repique en las dos variedades, sin embargo en el factor variedades y la interacción de sustrato por variedad no muestran significancia estadística, por lo que estos resultados nos afirma que estos factores son independientes entre sí para variable altura planta.

El coeficiente de variación en esta variable de altura planta presenta un 2.7% lo que indica que los datos tomados en campo son confiable y se encuentran dentro los parámetros estadísticos permitidos.

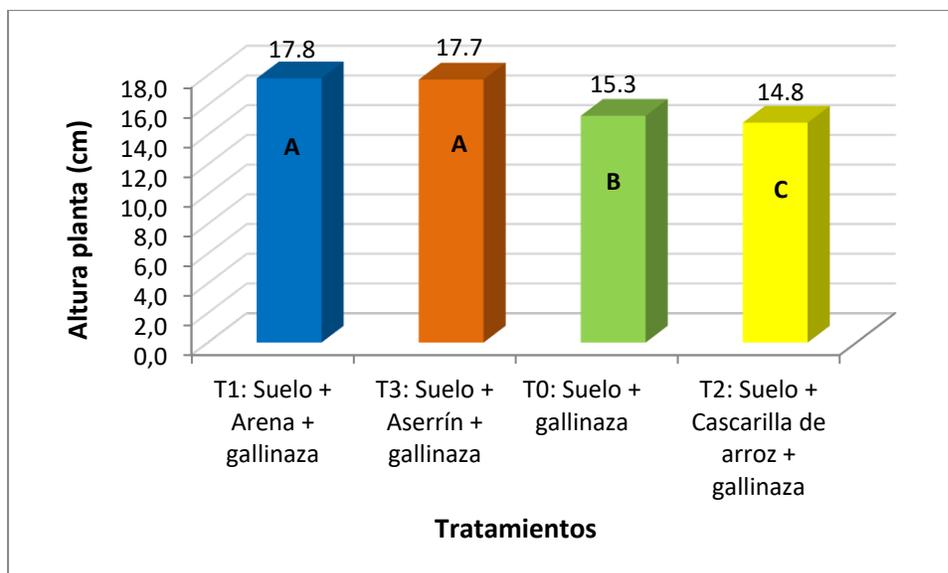


Figura 18. Prueba de medias altura de planta por tipo de sustrato

En la prueba de comparación de medias figura 18 para el factor tipo de sustrato en el desarrollo de la altura planta después del repique a los 3 meses se observa tres grupos: en el grupo A se encuentran los tratamientos T1 y T3 con un promedio en desarrollo de 17.8 cm y 17.7 cm siendo igual estadística entre ambos, sin embargo muestran superioridad frente a los demás tratamientos, en el grupo B se encuentra el tratamiento T0 o testigo con un promedio de 15.3 cm en altura planta y por último el grupo C está el T2 con el menor desarrollo en promedio con 14.8 cm en altura planta en comparación a los demás tratamientos.

Nuestros resultados muestran que el mejor tratamiento que tiene un efecto positivo en el mayor desarrollo de los plantines después del repique a los 4 meses son el T1: Suelo de lugar + arena + gallinaza y el T3: Suelo del lugar + aserrín + gallinaza que tienen una relación de mezcla de 50 - 40 - 10 %.

Por otro lado Churata (2025), encontró resultados en el desarrollo de la altura de los plantines en las dos variedades producidos con compost de coca, a los 4 meses después del repique en San Pablo caranavi, muestra una diferencia estadística superior a los demás tratamientos con 29.2 cm en la variedad Catuai, seguido de la variedad Coipsa que es una variedad local con 25.2 cm, nuestros resultados son inferior a los encontrados por Churata tomando en cuenta que tiene un mes menos en tiempo y no se aplicó algún abono extra.

4.3.2. Diámetro tallo de los plantines en maceta o vivero

Cuadro 7. Análisis de varianza en el diámetro talos de los plantines

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Sustrato	5.77	3	1.92	26.65	<0.0001**
Variedad	0.4	1	0.38	5.3	0.0303*
Sustrato*Variedad	0.2	3	0.06	0.86	0.4759ns
Error	1.73	24	0.07		
Total	8.07	31			
C.V. %	7.39				

*=significativo **=altamente significativo ns= no significativo

El análisis de varianza para el factor desarrollo del diámetro tallo en los plantines de café después del repique Cuadro 7, los resultados indican que para el factor tipo de sustrato existe una diferencia altamente significativa, indicando que los tipos de sustratos influye directamente en el desarrollo del diámetro tallo en los plantines de café, sin embargo en el factor variedades muestra diferencia estadística y no así en interacción de sustrato por variedad no muestran ninguna diferencia estadística lo que hace referencia que no son influyentes en el diámetro tallo y actúan independientemente cada una de ellos.

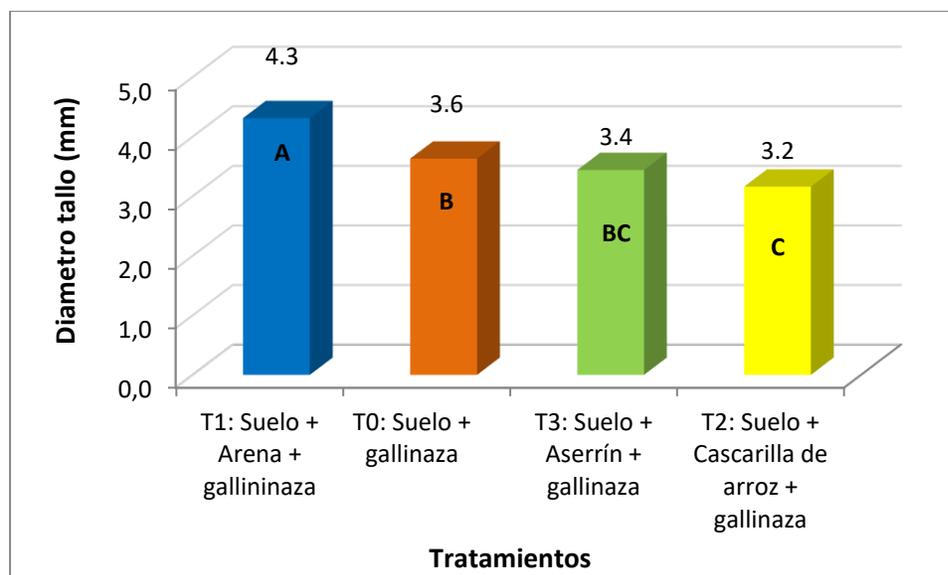


Figura 19. Duncan en el diámetro tallo de los plantines por tipo de sustrato

Realizado la prueba Duncan Figura 19, para el factor tipo de sustrato en el desarrollo del diámetro tallo los resultados indican que el T1 muestra superioridad frente a los demás tratamientos en el desarrollo del diámetro tallo con un promedio de 4.3 mm por planta, seguido del tratamiento del T0 o testigo con 3.6 mm y el tratamiento con el menor desarrollo del diámetro tallo presento el T2 con 3.2 mm

Según Churata (2025), observo resultados durante su investigación en el diámetro tallo de las plántulas de café durante los 4 meses de evaluación después del repique: encontró un desarrollo en la variedad Coipsa aplicado con compost de coca en el sustrato con 3.4 mm, seguido de la variedad Catui Rojo con 2.9 mm. Estos resultados en comparación a los nuestros son inferiores tomando en cuenta que se tomó datos a los 3 meses obteniendo un diámetro de 4.3 mm en el tratamiento 1 (suelo + arena + gallinaza), mostrando superioridad a los encontrado por Churata.

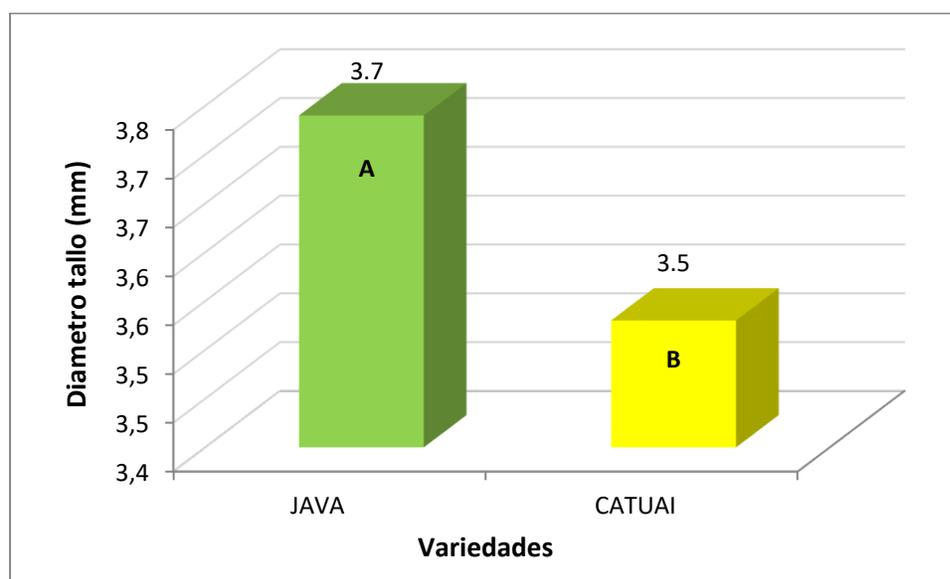


Figura 20. Diámetro tallo en los plantines por variedades

En la prueba de comparación de medias Duncan para el factor variedad en el desarrollo del diámetro tallo Figura 20, los resultados indican que la variedad Java tuvo un mayor desarrollo promedio en el diámetro del tallo por planta con 3.7mm frente a la variedad Catuai que presento un diámetro de 3.5mm por planta.

Nuestros resultados son superiores a los resultados obtenidos por Churata (2025) mostrando resultados en la variedad Catuai de 2.9 mm utilizando compos de coca en el sustrato a los cuatro meses de edad en vivero.

4.3.3. Número de par de hojas por planta

Cuadro 8. Análisis de varianza promedio de par de hojas por planta

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Sustrato	14.11	3	4.7	44.08	<0.0001**
Variedad	0.04	1	0.04	0.42	0.5222ns
Sustrato*Variedad	0.01	3	2.50E-03	0.02	0.995ns
Error	2.56	24	0.11		
Total	16.72	31			
C.V. %	6.74				

=altamente significativo **ns= no significativo

El Anva realizado Cuadro 8 en el promedio de par de hojas por planta a los 3 meses después del repicado, indican que para el factor tipo de variables muestra una diferencia altamente significativa, sin embargo en el factor variedades y la interacción sustrato por variedades no muestra ninguna diferencia estadística, presentando un coeficiente de variación del 6.74% lo que demuestra que los datos tomas en campo se encuentran dentro los parámetros estadísticos permitidos.

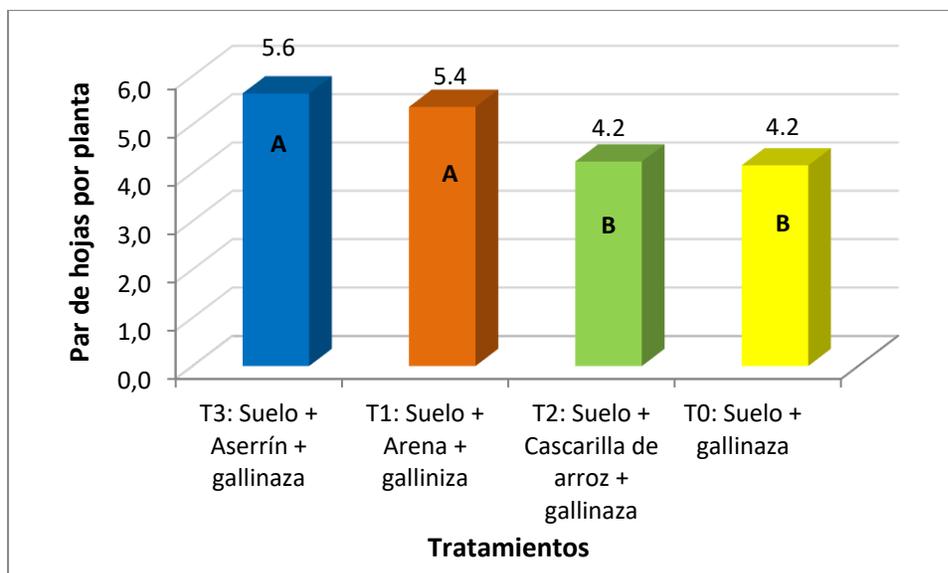


Figura 21. Promedio par de hojas por plantas por tipo de sustratos

La prueba de media Duncan figura 21 en la variable tipo de sustrato en el desarrollo de par de hojas por planta a los 3 meses después del repique, los resultados muestran que el tratamiento 3 y T1 resultaron ser superiores con 5.6 y 5.4 pares de hojas por planta promedio en comparación a los demás tratamientos, seguido del T2 con 4.2 pares y el tratamiento 0 o testigo con 4.2 pares promedio, siendo el con menor número de hojas.

Estos resultados indican que los sustratos que corresponden al T3: suelo + aserrín + gallinaza y T1 suelo + arena + gallinaza tiene mejor efecto en el desarrollo de hojas por planta.

Con relación al número de hojas desarrolladas en los plantines de café, Blandón (2018), determinó que con la aplicación de 30 g de humus de lombriz; al final del experimento obtuvo en promedio 9 hojas por planta a los 120 días. Mientras que en nuestra investigación el número de hojas desarrolladas fueron superiores en el tratamiento 3 y T1 con 5.6 y 5.4 pares de hoja por planta. Por otro lado así Arcila, et al. (2017), manifiesta que un par de hojas o nudo se origina en promedio cada 25 o 30 días y en un año se forman alrededor de 12 a 14 pares de ramas primarias pero está en relación con el buen suministro de energía solar, agua y la disponibilidad de nutrientes para el desarrollo de las plántulas.

4.4. Análisis económico.

Cuadro 9. Relación beneficio costo por tratamiento

TRATAMIENTO	PRODUCCION 1000 PLANTINES POR TRATAMIENTO	PORCENTAJE DE MORTANDAD	PRODUCCION NETA	PRECIO UNIDAD (Bs/Planta)	Beneficio Bruto (Bs/Tratamiento)	Costo de Producción (Bs)/1000	BN (Bs)	B/C (Bs)
T0. Suelo del Lugar + gallinaza con Java	1000	13.1	869	2.5	2172.5	1218.00	954.5	1.78
T0. Suelo del Lugar + gallinaza con Catuai	1000	13.1	869	2	1738.0	1199.63	538.4	1.45
T1: Suelo +arena + gallinaza con Java	1000	0.9	991	2.5	2477.5	1286.25	1191.3	1.93
T1: Suelo +arena + gallinaza con Catuai	1000	0.9	991	2	1982.0	1220.63	761.4	1.62
T2: Suelo + aserrín + gallinaza con Java	1000	3.4	934	2.5	2335.0	1260.00	1075.0	1.85
T2: Suelo + aserrín + gallinaza con Catuai	1000	3.4	934	2	1868.0	1189.13	678.9	1.57
T3: Suelo + cascarilla + gallinaza con Java	1000	21.1	789	2.5	1972.5	1228.50	744.0	1.61
T3: Suelo + cascarilla + gallinaza con Catuai	1000	21.1	789	2	1578.0	1168.13	409.9	1.35

La relación beneficio costo realizado por cada tratamiento en la producción de plantines de café en dos variedades aplicados con diferentes tipos de sustrato Cuadro 9 muestra que tratamiento T1 variedad java compuesto por (Suelo del lugar + arena + gallinaza), obtuvo un mayor retorno económico en cuanto a ingresos de 1.93, lo que hace referencia que por cada boliviano invertido se gana 0.93 centavos, seguido del tratamiento 2 Variedad java presento un beneficio costo de 1.85 y el tratamiento 3 variedad Catuai su B/C es 1.35 siendo el tratamiento con menor retorno. Según estos resultados obtenidos en la presente investigación si bien en tratamiento 2 variedad java obtuvo el mayor retorno económico se puede observar que todos los tratamientos tuvieron un beneficio costo positivo.

5. CONCLUSIONES

Según los objetivos planteados y los resultados obtenidos en el presente estudio, nos permite sustentar las siguientes conclusiones:

5.1. En fase de almacigo

- Se llegó a la conclusión en lo concerniente a los días de germinación y porcentaje de supervivencia, que el sustrato suelo con arena y suelo con aserrín son los más adecuado y recomendables para la producción de plantines de *C. arábica* obteniendo plantines en menor tiempo y buena calidad en estado de mariposa a los 47 días alcanzaron el 97.5% y 82% de germinación y desarrollo.
- En el desarrollo de la altura planta y longitud radicular de los plantines de café *Coffea arábica* L. en fase de almacigo en estado mariposa, el mejor promedio en las características agronómicas del cultivo fue el sustrato con arena con 8.9 cm en longitud de la raíz y con 4.5 cm en altura planta.
- En la variable diámetro tallo de los plantines de café en etapa de almacigo el mejor resultado muestra que el tratamiento suelo + aserrín + gallinaza y el tratamiento suelo + arena + gallinaza con 3.1mm y 3 mm de diámetro promedio por planta, demostrando superioridad frente a los demás tratamientos.

5.2. Fase de vivero

- En cuanto al mejor desarrollo de la altura planta, diámetro tallo y número promedio de hojas por planta después del repique a los 3 meses, se observa que el tratamientos T1 compuesto de (suelo del lugar + arena + gallinaza) mostró mejores resultados en el desarrollo vegetativo en los plantines del café en fase de vivero, con un desarrollo en altura de 17.8 cm, con un diámetro de 3.6 mm y un promedio en el par de hojas de 5.4 promedio por planta
- En cuanto a la relación beneficio costo, los valores de B/C positivos se obtuvieron un mayor retorno económico en cuanto a ingresos con los sustratos compuestos de (Suelo del lugar + arena + gallinaza) 1.93 y el Tratamiento 2 (suelo del lugar + aserrín + gallinaza) con un beneficio de 1.85 respectivamente estos resultados fueron influidos por el costo de los sustratos.

6. RECOMENDACIONES

En base a los objetivos, resultados y conclusiones del presente trabajo, se pueden formular las siguientes recomendaciones:

- Es recomendable realizar ensayos con los mismos sustratos y las dos variedades en diferentes épocas del año para ver la efectividad de los sustratos.
- Ejecutar un estudio comparativo sobre el uso de los mismos sustratos con diferentes dosis efectuadas, para determinar el comportamiento agronómico del cultivo de café y el impacto que estos producen en la planta.
- Se sugiere continuar con la investigación del comportamiento de los plantines ya sembrado en el terreno definitivo para poder tener resultados que puedan ayudar a recomendar el cultivar más adecuado.
- Se recomienda tener una buena desinfección y descomposición de los sustratos para evitar la proliferación de hongos u otro agente que pueda complicar la producción de plantines.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Anacafe. (2020). Asociación Nacional del Café. Guatemala. Guía de variedades de café. Tercera edición. 55pp.
- Anacafe. (Asociación Nacional del Café, Guatemala). 2023. Situación actual de los precios internacionales del mercado de café, Guatemala. 66p.
- Antonio Javier Alejo Palacios & Luis Reinaldo Reyes Calva 2018 Evaluación de sustratos y tipos de recipiente en el crecimiento de plántulas de café arábigo, en condiciones de vivero. Universidad Nacional de Loja Área agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables carrera de ingeniería agronómica. Ecuador
- Alvarado M. & Rojas G. (2007). El cultivo y beneficio del café. Segunda reimpresión. Costa Rica. 119 p.
- Arce, O., Campos, R., y Brenes, L. (2020). Evaluación del manejo y disposición final de la gallinaza de reproductora pesada usada como abono orgánico en Costa Rica. Tecnología en Marcha., 33(1), 165-177.
- Arcila P., Farfán V., Moreno B., Salazar G., & Hincapié, G. 2017 b. Sistemas de producción de café en Colombia. p 309. Cap. 3: Crecimiento y desarrollo de la planta de café. CENICAFÉ. 40 p.
- Blandón J. 2018. Producción de almácigos de café en tubetes en tres sustratos y tres tipos de fertilización. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria: Zamorano. Honduras. 26 p.
- Camargo, M. (2010). The Impact of climatic variability and climate change on Arabic coffee crop in Brazil.
- Campozano, D. (2020). Eficacia de sustratos en la clonación de genotipos de café robusta *Coffea Canephora* en Manglaralto - Santa Elena. Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad: UPSE. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/539>.

- Castro Garibay, Sandra Luz, Aldrete, Arnulfo, López Upton, Javier, & Ordaz Chaparro, Víctor Manuel. 2020. Caracterización física y química de sustratos con base en corteza y aserrín de pino. *Madera y bosques*, 25(2), e2521520.
- CENICAFE. (2018). Centro Nacional de Investigaciones del Café [CENICAFE]. Manejo integrado de plagas del cafeto. El cafetalero. Obtenido de https://issuu.com/revistaelcafetalero/docs/mip_cafe
- Condori, W. (2020). Comportamiento agronómico de nueve cultivares de café (*coffea arábica* L.) en vivero con tres tipos de sustratos en Chijchipani, Caranavi- La Paz. Universidad Mayor de San Andrés. Bolivia: UMSA. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/24911>.
- Duicela, L. 2014. Guía Técnica para la Producción y Pos cosecha delCafé Robusta. COFENAC, 8-10-12-13-19-20-23-24.
- El productor. (2018). Beneficios del humus de lombriz en nuestro huerto o jardín. Obtenido de <https://elproductor.com/2018/10/beneficios-del-humus-delombriz-en-nuestro-huerto-o-jardin/>.
- Encalada, M., Fernández, P., Jumbo, N., Alejo, A., & Reyes, L. (2018). Evaluación del crecimiento de plántulas de *Coffea arábica* L . c.v. caturra en condiciones de vivero con diferentes sustratos y recipientes. *Revista Indexada Bosques Latitud Cero*, 8(1)(2528-7818), 70-84.
- Escoto, K. 2017. Efecto de Sustratos y Mezcla en la Producción de Plántulas de Café (*Coffea arábica*) a nivel de semilleros.
- Franco, C, L, 2020. Influencia de sustratos alternativos sobre la emergencia de plántulas de café en tubetes; santa cruz naranjo, santa rosa. Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas licenciatura en ciencias agrícolas con énfasis en riegos.
- F.N.C. (2014). Federación Nacional de Cafeteros Comportamiento de la industria cafetera. 1-64. https://www.federaciondecafeteros.org/static/files/Informe_Industria_2017.pdf.

- García Vilchez 2020. Incidencia de tres sustratos en la germinación de café (*coffea arábica* L.) variedad caturra. Universidad Nacional de Jaén carrera profesional de ingeniería forestal y ambiental. Perú. p.103
- Gómez, G. (2010). CULTIVO Y BENEFICIO DEL CAFÉ. Revista de Geografía Agrícola, 45. Pp. 103-193.
- Hernández Z., L., Aldrete, A., Ordaz C., V. M., López U., J., & López L., M. A. 2014. Crecimiento de *Pinus montezumae* Lamb. En vivero influenciado por diferentes mezclas de sustratos. Agrociencia , 48(6), 627-637.
- InfoAgro. 2017. Tipos de sustratos. Obtenido de. https://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos.htm.
- Julca, O. 2020. Crecimiento de *Coffea arábica*, variedad Caturra amarillo en almácigos, con sustratos orgánicos en Chanchamayo, Selva Central del Perú [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional.
- Cenicafé. 2018. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Caldas, Colombia. Almácigos de café con distintas proporciones de lombrinaza en suelos con diferente contenido de materia orgánica.
- Martínez, M. 2021. Evaluación de la propagación de plántula de café en vivero en la cooperativa "Café gourmet sierra azul S.C" Chiapas. Universidad Autónoma del Estado de Mexico. México: UAEM.
- Monge, L. F. (2019). Manejo de la nutrición y fertilización del cultivo de café orgánico en Costa Rica. Costa Rica. Obtenido de http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_175.pdf.
- Monroig, M. 2018. Manual para la proagación del Cafeto. En Universidad de Puerto Rico. http://academic.uprm.edu/mmonroig/HTMLobj-1798/Manual_propag_cafe_2.pdf
- Lárraga, S.; Gutiérrez, R.; López, S.; Pedraza, M.; Vargas, H.; Santos, G. y Santos, U. 2011. Propagación vegetativa de tres especies de bambú. Revista de Sociedad, volumen (7), 205-218 p.

- Linares, E. 2005. Instructivo para determinar la supervivencia en plantaciones forestales. Ed. MINAG. 94 p. (Instrucción Técnica 6
- Ormeño, M. A., García, R., Garnica, J. C., & Ovalle, A. (2017). Manejo agroecológico del cultivo de café.
- PTDI. (2015-2020). Plan territorial de desarrollo integral para vivir bien del Municipio de Caranavi
- . Gobierno Autónomo Municipal de Caranavi. 87p
- Peña, O. (2018). Historia del café y sus características taxonómicas. Londres. Obtenido de http://www.ico.org/mission07_e.asp?Section=About_Us. (Consultado el 3 de marzo, 2024)
- IBCE. 2021. Instituto Boliviano de comercio exterior. Datos estadísticos de producción nacional y mundial de café.
- IBCE. 2024. Instituto Boliviano de Comercio Exterior. Movimiento de carga del café: modo de transporte carretero. Boletín Electrónico Semanal No. 554 – Bolivia, 9 de octubre del 2024. P21.
- Rodríguez N. 2012. Taxonomía del café y características edafoclimaticas. Disponible en URL:<http://cafecooludec.blogspot.com/2012/10/taxonomia-del-cafe.html> (Consultado en marzo 15, 2024).
- Urbina, R., y Tosta, D. (2018). Efecto de dos biofertilizantes y fertilización convencional en el crecimiento de plántulas de café en la etapa de vivero. Escuela Agrícola Panamericana. Honduras: Zamorano.
- USDA. 2024. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Coffe: World Markets and Trade p55.
- VCEI, (2023). Viceministerio de Comercio Exterior e Integración, Estado Plurinacional de Bolivia.

Vizcaíno, F. (2017). Evaluación de tres tipos de sustratos en la producción de semilla básica de papa variedad súper chola (*Solanum tuberosum* L), bajo condiciones de invernadero. Universidad Técnica de Ambato. Los Ríos: UTB.

Zanin, G., Bassan, A., Sambo, P. y Evans, M.R. 2021. Rice hulls and peat replacement in substrates for vegetable transplant production. *Acta Horticulturae*. 893: 963-970.

8. ANEXOS

Anexo 1. Desarrollo



Anexo 2. Desarrollo de los plantines por tratamiento en estado de mariposa



Anexo 3. Repicado de los plantines por tratamientos



Anexo 4. Desarrollo de los plantines de café después del repique



Anexo 5. Desarrollo de los plantines de café después del repicado



Anexo 6. ANVA y Duncan días a la germinación de los plantines de café por tratamientos

A los 33 Días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
33Días	32	0.70	0.61	24.55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	59.72	7	8.53	7.95	0.0001
SUSTRATO		58.09	3	19.36	18.05 <0.0001
VERIEDAD		0.28	1	0.28	0.26 0.6133
SUSTRATO*VERIEDAD			1.34	3	0.45 0.42 0.7421
Error	25.75	24	1.07		
Total	85.47	31			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 1.0729 gl: 24

SUSTRATO	Medias	n	E.E.
Suelo + Arena + gallinaza..	6.00	8	0.37 A
Suelo + Aserrín + gallinaz..	5.00	8	0.37 A
Suelo + gallinaza	3.25	8	0.37 B
Suelo + CascarillaA + gall..	2.63	8	0.37 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 1.0729 gl: 24

VERIEDAD	Medias	n	E.E.
CATUAI	4.31	16	0.26 A
JAVA	4.13	16	0.26 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 1.0729 gl: 24

SUSTRATO	VERIEDAD	Medias	n	E.E.
Suelo + Arena + gallinaza..	CATUAI	6.25	4	0.52 A
Suelo + Arena + gallinaza..	JAVA	5.75	4	0.52 A
Suelo + Aserrín + gallinaz..	CATUAI	5.25	4	0.52 A
Suelo + Aserrín + gallinaz..	JAVA	4.75	4	0.52 A B
Suelo + gallinaza	JAVA	3.50	4	0.52 B C
Suelo + gallinaza	CATUAI	3.00	4	0.52 C
Suelo + CascarillaA + gall..	CATUAI	2.75	4	0.52 C
Suelo + CascarillaA + gall..	JAVA	2.50	4	0.52 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

A los 40 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
40días	32	0.89	0.86	15.29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3468.88	7	495.55	27.66	<0.0001
SUSTRATO	3376.13	3	1125.38	62.81	<0.0001
VERIEDAD	3.12	1	3.12	0.17	0.6799
SUSTRATO*VERIEDAD	89.63	3	29.88	1.67	0.2005
Error	430.00	24	17.92		
Total	3898.88	31			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 17.9167 gl: 24

SUSTRATO	Medias	n	E.E.
Suelo + Arena + gallinaza..	38.00	8	1.50 A
Suelo + Aserrín + gallinaz..	33.38	8	1.50 B
Suelo + CascarillaA + gall..	28.50	8	1.50 C
Suelo + gallinaza	10.88	8	1.50 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 17.9167 gl: 24

VERIEDAD	Medias	n	E.E.
JAVA	28.00	16	1.06 A
CATUAI	27.38	16	1.06 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 17.9167 gl: 24

SUSTRATO	VERIEDAD	Medias	n	E.E.
Suelo + Arena + gallinaza..	CATUAI	40.50	4	2.12 A
Suelo + Arena + gallinaza..	JAVA	35.50	4	2.12 A B
Suelo + Aserrín + gallinaz..	JAVA	34.50	4	2.12 A B
Suelo + Aserrín + gallinaz..	CATUAI	32.25	4	2.12 B C
Suelo + CascarillaA + gall..	JAVA	29.25	4	2.12 B C
Suelo + CascarillaA + gall..	CATUAI	27.75	4	2.12 C
Suelo + gallinaza	JAVA	12.75	4	2.12 D
Suelo + gallinaza	CATUAI	9.00	4	2.12 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

A los 47 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
47días	32	0.95	0.93	10.29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	19842.38	7	2834.63	60.66	<0.0001
SUSTRATO	19758.38	3	6586.13	140.94	<0.0001
VERIEDAD	50.00	1	50.00	1.07	0.3113
SUSTRATO*VERIEDAD		34.00		3	11.33 0.24 0.8658
Error	1121.50	24	46.73		
Total	20963.88	31			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 46.7292 gl: 24

SUSTRATO	Medias	n	E.E.
Suelo + Arena + gallinaza..	97.50	8	2.42 A
Suelo + Aserrín + gallinaz..	82.00	8	2.42 B
Suelo + CascarillaA + gall..	52.50	8	2.42 C
Suelo + gallinaza	33.75	8	2.42 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 46.7292 gl: 24

VERIEDAD	Medias	n	E.E.
JAVA	67.69	16	1.71 A
CATUAI	65.19	16	1.71 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 46.7292 gl: 24

SUSTRATO	VERIEDAD	Medias	n	E.E.
Suelo + Arena + gallinaza..	JAVA	98.00	4	3.42 A
Suelo + Arena + gallinaza..	CATUAI	97.00	4	3.42 A
Suelo + Aserrín + gallinaz..	JAVA	83.00	4	3.42 B
Suelo + Aserrín + gallinaz..	CATUAI	81.00	4	3.42 B
Suelo + CascarillaA + gall..	JAVA	55.50	4	3.42 C
Suelo + CascarillaA + gall..	CATUAI	49.50	4	3.42 C
Suelo + gallinaza	JAVA	34.25	4	3.42 D
Suelo + gallinaza	CATUAI	33.25	4	3.42 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

A los 67 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
67días	32	0.76	0.69	5.91

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2209.50	7	315.64	11.08	<0.0001
SUSTRATO	2081.00	3	693.67	24.34	<0.0001
VERIEDAD	15.13	1	15.13	0.53	0.4734
SUSTRATO*VERIEDAD	113.38	3	37.79	1.33	0.2891
Error	684.00	24	28.50		
Total	2893.50	31			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 28.5000 gl: 24

SUSTRATO	Medias	n	E.E.
Suelo + Arena + gallinaza..	99.13	8	1.89
Suelo + Aserrín + gallinaz..	96.63	8	1.89
Suelo + CascarillaA + gall..	86.88	8	1.89
Suelo + gallinaza	78.88	8	1.89

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 28.5000 gl: 24

VERIEDAD	Medias	n	E.E.
JAVA	91.06	16	1.33
CATUAI	89.69	16	1.33

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 28.5000 gl: 24

SUSTRATO	VERIEDAD	Medias	n	E.E.
Suelo + Arena + gallinaza..	CATUAI	99.50	4	2.67
Suelo + Arena + gallinaza..	JAVA	98.75	4	2.67
Suelo + Aserrín + gallinaz..	JAVA	98.00	4	2.67
Suelo + Aserrín + gallinaz..	CATUAI	95.25	4	2.67
Suelo + CascarillaA + gall..	CATUAI	88.50	4	2.67
Suelo + CascarillaA + gall..	JAVA	85.25	4	2.67
Suelo + gallinaza	JAVA	82.25	4	2.67
Suelo + gallinaza	CATUAI	75.50	4	2.67

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 7. Análisis ANVA y DUNCAN para las variables altura planta, diámetro tallo y longitud de la raíz.

Altura/planta a los 67 días en almacigo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Alt/planta	32	0.84	0.79	4.25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.38	7	0.63	17.88	<0.0001
SUSTRATO		4.04	3	1.35	38.50 <0.0001
VERIEDAD		0.01	1	0.01	0.14 0.7088
SUSTRATO*VERIEDAD		0.33	3	0.11	3.17 0.0428
Error	0.84	24	0.04		
Total	5.22	31			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0350 gl: 24

SUSTRATO	Medias	n	E.E.
Suelo + Arena + gallinaza..	4.90	8	0.07 A
Suelo + Aserrín + gallinaz..	4.56	8	0.07 B
Suelo + CascarillaA + gall..	4.14	8	0.07 C
Suelo + gallinaza	4.00	8	0.07 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0350 gl: 24

VERIEDAD	Medias	n	E.E.
CATUAI	4.41	16	0.05 A
JAVA	4.39	16	0.05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0350 gl: 24

SUSTRATO	VERIEDAD	Medias	n	E.E.
Suelo + Arena + gallinaza..	CATUAI	5.08	4	0.09 A
Suelo + Arena + gallinaza..	JAVA	4.73	4	0.09 B
Suelo + Aserrín + gallinaz..	CATUAI	4.58	4	0.09 B
Suelo + Aserrín + gallinaz..	JAVA	4.55	4	0.09 B
Suelo + CascarillaA + gall..	JAVA	4.18	4	0.09 C
Suelo + CascarillaA + gall..	CATUAI	4.10	4	0.09 C
Suelo + gallinaza	JAVA	4.10	4	0.09 C
Suelo + gallinaza	CATUAI	3.90	4	0.09 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Diámetro tallo a los 67 días en almacigo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Día/Tallo	32	0.48	0.32	3.25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	0.20	7	0.03	3.12	0.0174	
SUSTRATO		0.15	3	0.05	5.36	0.0057
VERIEDAD		0.02	1	0.02	2.18	0.1527
SUSTRATO*VERIEDAD			0.03	3	0.01	1.18 0.3375
Error	0.22	24	0.01			
Total	0.42	31				

Test:Duncan Alfa=0.05*Error: 0.0092 gl: 24*

SUSTRATO	Medias	n	E.E.
Suelo + Aserrín + gallinaz..	3.05	8	0.03 A
Suelo + Arena + gallinaza..	2.96	8	0.03 A B
Suelo + CascarillaA + gall..	2.93	8	0.03 B
Suelo + gallinaza	2.86	8	0.03 B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)***Test:Duncan Alfa=0.05***Error: 0.0092 gl: 24*

VERIEDAD	Medias	n	E.E.
JAVA	2.98	16	0.02 A
CATUAI	2.93	16	0.02 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)***Test:Duncan Alfa=0.05***Error: 0.0092 gl: 24*

SUSTRATO	VERIEDAD	Medias	n	E.E.
Suelo + Aserrín + gallinaz..	CATUAI	3.05	4	0.05 A
Suelo + Aserrín + gallinaz..	JAVA	3.05	4	0.05 A
Suelo + CascarillaA + gall..	JAVA	2.98	4	0.05 A B
Suelo + Arena + gallinaza..	CATUAI	2.98	4	0.05 A B
Suelo + Arena + gallinaza..	JAVA	2.95	4	0.05 A B C
Suelo + gallinaza	JAVA	2.93	4	0.05 A B C
Suelo + CascarillaA + gall..	CATUAI	2.88	4	0.05 B C
Suelo + gallinaza	CATUAI	2.80	4	0.05 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Longitud de la Raíz a los 67 días en almacigo.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Long/Raiz	32	0.77	0.70	8.11

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	30.57	7	4.37	11.43	<0.0001
SUSTRATO		27.73	3	9.24	24.19 <0.0001
VERIEDAD		0.50	1	0.50	1.31 0.2639
SUSTRATO*VERIEDAD			2.34	3	0.78 2.04 0.1345
Error	9.17	24	0.38		
Total	39.74	31			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.3821 gl: 24

SUSTRATO	Medias	n	E.E.
Suelo + Arena + gallinaza..	8.86	8	0.22 A
Suelo + Aserrín + gallinaz..	8.05	8	0.22 B
Suelo + gallinaza	7.23	8	0.22 C
Suelo + CascarillaA + gall..	6.36	8	0.22 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.3821 gl: 24

VERIEDAD	Medias	n	E.E.
CATUAI	7.75	16	0.15 A
JAVA	7.50	16	0.15 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.3821 gl: 24

SUSTRATO	VERIEDAD	Medias	n	E.E.
Suelo + Arena + gallinaza	CATUAI	9.03	4	0.31 A
Suelo + Arena + gallinaza	JAVA	8.70	4	0.31 A B
Suelo + Aserrín + gallinaza	CATUAI	8.18	4	0.31 A B C
Suelo + Aserrín + gallinaza	JAVA	7.93	4	0.31 B C
Suelo + gallinaza	JAVA	7.50	4	0.31 C D
Suelo + gallinaza	CATUAI	6.95	4	0.31 D
Suelo + Cascarilla + gall.	CATUAI	6.85	4	0.31 D

Suelo + Cascarilla	A + gall.	JAVA	5.88	4	0.31
<hr/>					
E					

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)