UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA TROPICAL

TESIS

EFECTO DE 4 SUSTRATOS ORGÁNICOS EN EL CRECIMIENTO DE PORTAINJERTOS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) VAR. CHUNCHO BAJO CONDICIONES DE VIVERO, POTRERO - LA CONVENCIÓN - CUSCO

PRESENTADO POR:

Br. ARTURO DURAN MAMANI

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO TROPICAL

ASESOR:

M.Sc. LUIS JUSTINO LIZÁRRAGA VALENCIA

CUSCO – PERÚ

2026

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el **Asesor** Luis Justino Lizarraga Valencia. quien aplica el software de detección de similitud al trabajo de investigación/tesis titulada: "Efecto de 4 sustratos orgánicos en el crecimiento de portainjertos de cacao (Theobroma cacao L.) var. Chuncho bajo condiciones de vivero, Potrero - La Convención - Cusco".

Presentado por: Arturo Duran Mamani DNI N° 74363725

presentado por: ..... DNI N°: .....

Para optar el título Profesional/Grado Académico de Ingeniero Agrónomo Tropical

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6° del ***Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC*** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 9 **%.**

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 12 de mayo de 20 26

.....
Firma

Post firma Luis Justino Lizarraga Valencia.

Nro. de DNI 23902170

ORCID del Asesor 000.00001-5600-7998

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:** 27259:587829849

TESIS_PORTAINJERTOS ARTURO DURAN MAMANI ABRIL 2026.pdf

Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::27259:587829849

Fecha de entrega
7 may 2026, 10:10 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
7 may 2026, 10:30 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
TESIS_PORTAINJERTOS ARTURO DURAN MAMANI ABRIL 2026.pdf

Tamaño del archivo
5.6 MB

95 páginas

21.508 palabras

114.091 caracteres

9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca…

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 9 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

6%	Fuentes de Internet
1%	Publicaciones
7%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

Texto oculto
16 caracteres sospechosos en N.º de página
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A Dios

Por guiar mi camino, bendecir a mi familia y mis estudios y haber permitido que culmine el presente trabajo de tesis.

AGRADECIMIENTOS

Mi profundo agradecimiento a la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**, a mi Facultad de Agronomía y Zootecnia y a mi querida Escuela Profesional de Agronomía Tropical donde pasé una parte de mi vida.

A mis docentes de la Escuela Profesional de Agronomía Tropical, quienes constantemente me inculcaron valores e impartieron conocimientos, los cuales hoy son la base de mi formación profesional.

A mi asesor M. Sc. Luis Justino Lizárraga Valencia, por todas sus enseñanzas y su valioso tiempo durante la ejecución del presente trabajo de tesis que estoy seguro aportará en la agricultura de la región Cusco.

A mis padres, Mario Duran y Alejandrina Mamani, por su infinito amor, sus oraciones, sus consejos, su constante preocupación por mí y por todo su apoyo en los momentos más difíciles de mi vida, a quienes también agradezco por ser parte de mi formación profesional y mi formación como persona.

A mis hermanos John Duran Mamani y Patricia Duran Mamani por todo su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y sus consejos a lo largo de mi formación profesional.

ÍNDICE

DEDICATORIA……i
AGRADECIMIENTOS ii
ÍNDICE DE TABLAS vi
ÍNDICE DE FIGURAS Y FOTOGRAFIAS ix
RESUMEN xi
INTRODUCCIÓN xii
I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN 1
1.1. Identificación del problema objeto de investigación 1
1.2. Formulación del problema 2
1.2.1. Problema general 2
1.2.2. Problemas específicos 2
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN 3
2.1. Objetivos 3
2.1.1. Objetivo general 3
2.1.2. Objetivos específicos 3
2.2. Justificación 3
III. HIPÓTESIS 5
3.1. Hipótesis general 5
3.2. Hipótesis específicas 5
IV. MARCO TEÓRICO 6
4.1. Antecedentes 6
4.1.1. Antecedentes internacionales 6
4.1.2. Antecedentes nacionales 8
4.2. Bases teóricas 11
4.2.1. Origen y distribución del cacao 11
4.2.2. Taxonomía 12

4.2.3. Descripción botánica 12
4.2.4. Requerimientos edafoclimáticos 13
4.2.5. Portainjerto de cacao 15
4.2.6. Semillas de calidad para portainjertos 15
4.2.7. Importancia del cacao 16
4.2.8. Vivero para el cultivo de cacao 19
4.2.9. Instalación del vivero 19
4.2.10. Manejo del vivero 20
4.2.11. Sustratos orgánicos en viveros de cacao 21
4.2.12. Beneficios de los sustratos orgánicos 22
4.3. Definición de términos 23
4.3.1. Suelo agrícola 23
4.3.2. Sustratos orgánicos 23
4.3.3. Crecimiento radicular 23
4.3.4. Portainjertos de cacao 23
4.3.5. Cacao Chuncho 23
4.3.6. Vivero 24
V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN 25
5.1. Aspectos generales de la investigación 25
5.1.1. Tipo de la investigación 25
5.1.2. Enfoque de la investigación 25
5.1.3. Nivel de la investigación 25
5.2. Ubicación espacial 25
5.2.1. Ubicación política 25
5.2.2. Ubicación geográfica 25
5.2.3. Ubicación hidrográfica 25
5.2.4. Ubicación ecológica 26

5.3. Ubicación temporal 26
5.4. Materiales y métodos 26
5.4.1. Materiales e insumos 26
5.4.1.1. Material biológico 26
5.4.2. Metodología 28
5.4.3. Dimensiones del vivero 30
5.5. Descripción de actividades 30
5.5.1. Actividades previas a la instalación del experimento 30
5.5.1.1. Selección de semillas 30
5.5.2. Actividades de la instalación del experimento 31
5.5.3. Actividades después de la instalación del experimento 35
5.5.4. Evaluación de variables 37
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 41
6.1. Crecimiento radicular de los portainjertos de cacao a los 90 días. 41
6.1.1. Longitud de raíz principal 41
6.1.2. Longitud de raíz secundaria 43
6.1.3. Diámetro de raíz principal 46
6.2. Crecimiento de la parte aérea de los portainjertos de cacao a los 90 días 48
6.2.1. Altura de la planta 48
6.2.3. Ancho de hoja 54
6.2.4. Longitud de hoja 56
VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS 59
7.1. Conclusiones 59
7.2. Sugerencias 59
VIII. BIBLIOGRAFÍA 61
IX. ANEXO 64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Principales países productores de cacao en grano, campañas 17

Tabla 2 Producción regional de cacao en grano en el Perú (2019–2024), en toneladas.....18

Tabla 3 Descripción de los tratamientos.....28

Tabla 4 Datos experimentales de la longitud de la raíz principal (cm) por tratamiento en cada bloque.....41

Tabla 5 Análisis de varianza para longitud de raíz principal (cm) 41

Tabla 6 Longitud de raíz principal de portainjertos de cacao por tratamiento 42

Tabla 7 Datos experimentales de la longitud de la raíz secundaria (cm) por tratamiento en cada bloque 43

Tabla 8 Análisis de varianza para longitud de raíz secundaria (cm) 44

Tabla 9 Longitud de raíz secundaria de portainjertos de cacao por tratamiento 44

Tabla 10 Datos experimentales de diámetro de raíz principal (mm) por tratamiento en cada bloque.....46

Tabla 11 Análisis de varianza para diámetro de raíz principal (mm).....46

Tabla 12 Diámetro de raíz principal de portainjertos de cacao por tratamiento.....47

Tabla 13 Datos experimentales de altura de planta (cm) por tratamiento en cada bloque 48

Tabla 14 Análisis de varianza para altura de planta (cm).....48

Tabla 15 Prueba de Tukey de tratamientos para altura de planta (cm).....49

Tabla 16 Datos experimentales de diámetro del tallo (mm) por tratamiento en cada bloque 51

Tabla 17 Análisis de varianza para diámetro de tallo (mm).....51

Tabla 18 Prueba de Tukey de tratamientos para diámetro del tallo (mm).....52

Tabla 19 Datos experimentales de ancho de hoja (cm) por tratamiento en cada bloque.....54

Tabla 20 Análisis de varianza para ancho de hoja (cm) 54

Tabla 21 Ancho de hoja (cm) de portainjertos de cacao por tratamiento 55

Tabla 22 Datos experimentales de longitud de hoja (cm) por tratamiento en cada bloque 56
Tabla 23 Análisis de varianza para longitud de hoja (cm).....56
Tabla 24 Longitud de hoja (cm) de portainjertos de cacao por tratamiento 57
Tabla 25 Longitud de raíz principal (cm) – Bloque I 74
Tabla 26 Longitud de raíz principal (cm) – Bloque II.....74
Tabla 27 Longitud de raíz principal (cm) – Bloque III.....74
Tabla 28 Longitud de raíz principal (cm) – Bloque IV 74
Tabla 29 Longitud de raíz secundaria (cm) - Bloque I 75
Tabla 30 Longitud de raíz secundaria (cm) – Bloque II 75
Tabla 31 Longitud de raíz secundaria (cm) – Bloque III.....75
Tabla 32 Longitud de raíz secundaria (cm) – Bloque IV.....75
Tabla 33 Diámetro de raíz principal (mm) – Bloque I.....76
Tabla 34 Diámetro de raíz principal (mm) – Bloque II 76
Tabla 35 Diámetro de raíz principal (mm) – Bloque III.....76
Tabla 36 Diámetro de raíz principal (mm) – Bloque IV.....76
Tabla 37 Altura de planta (cm) – Bloque I 77
Tabla 38 Altura de planta (cm) – Bloque II.....77
Tabla 39 Altura de planta (cm) – Bloque III.....77
Tabla 40 Altura de planta (cm) – Bloque IV 77
Tabla 41 Diámetro del tallo (mm) – Bloque I.....78
Tabla 42 Diámetro del tallo (mm) – Bloque II 78
Tabla 43 Diámetro del tallo (mm) – Bloque III.....78
Tabla 44 Diámetro del tallo (mm) - Bloque IV 78
Tabla 45 Ancho de hoja (cm) – Bloque I.....79

Tabla 46 Ancho de hoja (cm) – Bloque II 79

Tabla 47 Ancho de hoja (cm) – Bloque III 79

Tabla 48 Ancho de hoja (cm) – Bloque IV 79

Tabla 49 Longitud de hoja (cm) – Bloque I 80

Tabla 50 Longitud de hoja (cm) – Bloque II 80

Tabla 51 Longitud de hoja (cm) – Bloque III 80

Tabla 52 Longitud de hoja (cm) – Bloque IV 81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Distribución del cultivo del cacao variedad chuncho en provincia La Convención 11

Figura 2 Croquis de distribución del experimento.....29

Figura 3 Detalle de la Unidad Experimental (están en bolsitas de polietileno, O = 6”).....29

Figura 4 Nivelado del terreno 31

Figura 5 Construcción del vivero.....32

Figura 6 Preparación de sustratos 33

Figura 7 Embolsado y siembra 34

Figura 8 Ubicación de las unidades experimentales.....34

Figura 9 Riego con ayuda de una manguera. 36

Figura 10 Medición de longitud de raíz principal.....37

Figura 11 Medición del diámetro de raíz principal.....38

Figura 12 Tomando medida de altura de planta.....38

Figura 13 Medición del diámetro de tallo.....39

Figura 14 Medición del ancho de hoja.....39

Figura 15 Medición de longitud de hoja 40

Figura 16 Promedio de longitud de raíz principal (cm) según los tratamientos 42

Figura 17 Promedio de longitud de raíz secundaria (cm) según los tratamientos 45

Figura 18 Promedio de diámetro de raíz principal (mm) según los tratamientos.....47

Figura 19 Promedio de longitud de planta (cm) según la prueba Tukey 50

Figura 20 Promedio de diámetro del tallo (mm) según Prueba Tukey. 53

Figura 21 Promedio de longitud de hoja (cm) según los tratamientos 57

Figura 22 Preparación de sustratos 64

Figura 23 Parcela experimental 64

Figura 24 Semilla de cacao listo para la siembra.....65
Figura 25 Plántula de cacao en vivero.....65
Figura 26 Medición de altura de plántulas a los 30 días.....66
Figura 27 Parcela a los 60 días.....66
Figura 28 Parcela a los 90 días.....67
Figura 29 Evaluación de la raíz a los 90 días.....67
Figura 30 Riego con manguera.....68

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, titulado "Efecto de 4 sustratos orgánicos en el crecimiento de portainjertos de cacao (*Theobroma cacao* L.) var. Chuncho bajo condiciones de vivero, Potrero – La Convención – Cusco", tuvo como objetivo determinar el efecto de 4 sustratos orgánicos sobre el crecimiento radicular y aéreo de portainjertos de cacao variedad Chuncho en condiciones de vivero. La investigación se desarrolló bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, conformando veinte unidades experimentales. Los tratamientos evaluados fueron: tierra agrícola como testigo, tierra agrícola más bocashi, tierra agrícola más humus de lombriz, tierra agrícola más compost y tierra agrícola más gallinaza.

Los resultados mostraron que las variables radiculares no presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; sin embargo, el tratamiento con humus de lombriz registró la mayor longitud de raíz principal, con 33,88 cm, mientras que la mezcla con gallinaza destacó en la longitud de raíz secundaria, con 24,00 cm. En la parte aérea se encontraron diferencias significativas en la altura de planta y el diámetro del tallo, sobresaliendo el tratamiento con compost, con promedios de 36,68 cm y 6,72 mm, respectivamente. Asimismo, el ancho y la longitud de hoja no presentaron diferencias estadísticas; no obstante, los mayores promedios se registraron en los tratamientos con bocashi y gallinaza, respectivamente.

Se concluye que la combinación de tierra agrícola con compost favoreció significativamente el crecimiento aéreo de los portainjertos de cacao variedad Chuncho en vivero.

Palabras clave: Cacao, Sustratos orgánicos, Portainjertos, Vivero.

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie de gran importancia económica y cultural a nivel mundial, siendo uno de los principales productos agrícolas en numerosos países. En el Perú, su cultivo posee una larga tradición, y la variedad Chuncho se distingue por su calidad excepcional y sus características organolépticas únicas. Sin embargo, el éxito en la producción de cacao Chuncho depende en gran medida de la calidad de los portainjertos utilizados, lo que hace indispensable optimizar su desarrollo en vivero.

En la provincia de La Convención, específicamente en el distrito de Santa Ana, el uso de sustratos orgánicos en la producción de portainjertos de cacao se ha consolidado como una práctica habitual. Estos sustratos aportan beneficios fundamentales para el desarrollo de las plantas, tales como adecuada aireación, retención óptima de humedad, suministro de nutrientes esenciales y estimulación del crecimiento radicular. La correcta elección y manejo del sustrato influye directamente en el desarrollo de los portainjertos, impactando a su vez en la productividad y la calidad del cacao Chuncho.

El presente trabajo de investigación se centró en evaluar el efecto de cuatro sustratos orgánicos sobre el crecimiento radicular y de la parte aérea de portainjertos de cacao variedad Chuncho bajo condiciones de vivero. La información obtenida permitirá identificar las combinaciones de sustrato más eficientes, contribuyendo a optimizar la producción de plantones y a mejorar la productividad y calidad del cacao en la zona de estudio.

Asimismo, la aplicación de prácticas mejoradas en la selección y manejo de sustratos representa una alternativa sostenible para los productores locales, al reducir la dependencia de insumos químicos y promover métodos agrícolas más amigables con el medio ambiente. De esta manera, la adopción de estrategias de producción eficientes no solo favorece un crecimiento saludable de los portainjertos, sino que también fortalece la resiliencia del cultivo frente a condiciones adversas, garantizando una producción más estable y sostenible a largo plazo

El autor

I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema objeto de investigación

En los últimos años, se ha vuelto indispensable seleccionar un sustrato orgánico adecuado para la producción de portainjertos de cacao Chuncho en vivero. Esta elección es clave para garantizar un desarrollo óptimo de los plantones durante su etapa en el vivero y, especialmente, para optimizar el proceso de injertación. No obstante, en el distrito de Santa Ana, particularmente en las zonas con mayor producción de cacao Chuncho, la producción de portainjertos en vivero sigue realizándose de manera tradicional. Los agricultores de la región emplean principalmente sustratos orgánicos como Bocashi, Humus de lombriz, Compost y Gallinaza en sus viveros.

Ante esta situación, uno de los principales retos en la producción de portainjertos de cacao Chuncho es la falta de información precisa sobre el impacto de estos sustratos en el desarrollo de las plantas. Los agricultores de Santa Ana desconocen cómo influyen estos materiales en el crecimiento de los portainjertos, tanto en su sistema radicular como en la parte aérea. Como consecuencia, los portainjertos obtenidos presentan una calidad variable y un bajo grado de homogeneidad, lo que afecta la eficiencia y productividad del cultivo.

En este sentido, es crucial llevar a cabo una investigación que permita evaluar y comprender los efectos de las principales fuentes de sustratos orgánicos utilizadas en la zona sobre el crecimiento de los portainjertos de cacao Chuncho en vivero. Este análisis contribuirá a determinar cuáles son las opciones más adecuadas para promover un desarrollo óptimo de las plantas y mejorar la calidad de los portainjertos.

A través de esta investigación, se busca generar información clave que permita optimizar la producción de portainjertos de cacao Chuncho en el distrito de Santa Ana. La identificación del sustrato más eficiente facilitará la obtención de plantas vigorosas y uniformes, lo que tendrá un impacto positivo en la productividad y calidad del cacao Chuncho, beneficiando a los agricultores y fortaleciendo la competitividad de este producto en el mercado.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de 4 sustratos orgánicos en el crecimiento de portainjertos de cacao (*Theobroma cacao* L.*)* variedad Chuncho bajo condiciones de vivero?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de 4 sustratos orgánicos en el crecimiento radicular de los de portainjertos de cacao (*Theobroma cacao* L.*)* variedad Chuncho bajo condiciones de vivero?
- ¿Cuál es el efecto de 4 sustratos orgánicos en el crecimiento de la parte aérea de los de portainjertos de cacao (*Theobroma cacao* L.*)* variedad Chuncho bajo condiciones de vivero?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo general

Determinar el efecto de 4 sustratos orgánicos en el crecimiento radicular y parte aérea de portainjertos de cacao (*Theobroma cacao* L.*)* variedad Chuncho bajo condiciones de vivero en Potrero – Santa Ana – La Convención.

2.1.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de 4 sustratos orgánicos en el crecimiento radicular: Longitud de raíz principal, longitud de raíz secundaria, diámetro de la raíz de los portainjertos de cacao.
- Determinar el efecto de 4 sustratos orgánicos en el crecimiento de la parte aérea: Altura de planta, diámetro del tallo, ancho de hoja y longitud de la hoja de los portainjertos de cacao.

2.2. Justificación

A través de esta investigación, los agricultores del distrito de Santa Ana podrán tomar decisiones informadas al seleccionar los sustratos orgánicos más adecuados para garantizar un crecimiento uniforme y vigoroso en los portainjertos de cacao Chuncho. Los resultados obtenidos proporcionarán información precisa sobre la influencia de estos sustratos en el desarrollo de las plantas. Además, se busca generar conciencia sobre la importancia de los abonos orgánicos como una estrategia clave para la conservación del medio ambiente. El uso de sustratos orgánicos fomenta una agricultura sostenible, reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos y promoviendo la salud del suelo y la biodiversidad, lo que contribuye significativamente a la preservación del ecosistema.

Económico

Esta investigación permitirá a los agricultores del distrito de Santa Ana seleccionar los sustratos orgánicos más adecuados para un crecimiento óptimo del cacao Chuncho. El uso de estos sustratos reduce la dependencia de fertilizantes químicos, disminuyendo costos de producción y mejorando la rentabilidad. Además, favorece plantas más saludables y de mayor calidad, incrementando su valor en el mercado. La adopción de prácticas sostenibles abre

oportunidades en mercados orgánicos y de comercio justo con mejores precios. Así, se promueve tanto la conservación ambiental como la estabilidad económica de los productores.

Social

Esta investigación beneficiará a los agricultores del distrito de Santa Ana al proporcionarles conocimientos sobre el uso de sustratos orgánicos en el cultivo de cacao Chuncho, mejorando sus prácticas agrícolas. La adopción de estos métodos fomenta una producción más sostenible, reduciendo el impacto ambiental y promoviendo la salud comunitaria. Además, fortalece la seguridad alimentaria y el desarrollo local al generar empleo y mejorar la calidad de vida de los productores. La capacitación en técnicas ecológicas impulsa la organización y cooperación entre agricultores. Así, se contribuye al bienestar social y al crecimiento de la comunidad cacaotera.

Ambiental

El uso de sustratos orgánicos en el cultivo de cacao Chuncho contribuye a la conservación del suelo, mejorando su estructura y fertilidad de manera natural. Además, reduce la dependencia de fertilizantes químicos, disminuyendo la contaminación del agua y del ecosistema. Esta práctica sostenible promueve la biodiversidad al favorecer microorganismos benéficos y reducir el impacto ambiental de la agricultura convencional. Asimismo, ayuda a mitigar la degradación del suelo y la deforestación, promoviendo un equilibrio ecológico. En conjunto, esta investigación fomenta un modelo productivo responsable que protege los recursos naturales para las futuras generaciones.

Investigación

Esta investigación aporta conocimiento científico sobre el uso de sustratos orgánicos en el crecimiento de portainjertos de cacao Chuncho, proporcionando datos fundamentales para optimizar su desarrollo. Permite evaluar de manera objetiva la influencia de estos sustratos en la vigorosidad y uniformidad de las plantas, generando información aplicable a sistemas de producción sostenible. Además, contribuye al avance de la agroecología al reducir la dependencia de insumos sintéticos y fomentar prácticas agrícolas más eficientes. Los resultados obtenidos servirán como referencia para futuras investigaciones en cultivos perennes. Así, se fortalece la base científica para una agricultura más sustentable e innovadora.

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

Al menos uno de los sustratos orgánicos tiene un efecto significativo en el crecimiento de portainjertos de cacao (*Theobroma cacao* L.*)* variedad Chuncho bajo condiciones de vivero en comparación con el testigo.

3.2. Hipótesis específicas

- Al menos uno de los sustratos orgánicos tiene un efecto significativo en el crecimiento radicular de los portainjertos de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad Chuncho bajo condiciones de vivero en comparación con el testigo.
- Al menos uno de los sustratos orgánicos tiene un efecto significativo en el crecimiento de la parte aérea de los portainjertos de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad Chuncho bajo condiciones de vivero en comparación con el testigo.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes

4.1.1. Antecedentes internacionales

Castro & Pineda (2023) en la investigacion titulada "Crecimiento de plantas de cacao en etapa de vivero por efecto de sustratos organicos ". Se realizo con el objetivo de evaluar el efecto de tres sustratos orgánicos en comparación con la fertilización química, determinando su respuesta sobre los parámetros de crecimiento de plantas de cacao. El estudio se realizó en las instalaciones de la empresa Ingemann Soluciones S. A., ubicada en el kilómetro 43,5 de la Carretera Panamericana, sector Las Maderas, municipio de Tipitapa, Managua, durante el periodo comprendido entre el 26 de octubre de 2021 y el 23 de febrero de 2022.El experimento se estableció bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), con cuatro tratamientos y tres repeticiones de 30 plantas cada una, sumando un total de 360 plantas sembradas en bolsas de polietileno de 20 × 10 cm. La variedad utilizada fue cacao forastero. Los tratamientos consistieron en tres sustratos orgánicos: cascarilla de arroz carbonizada, polvo de frijol carbonizado y una mezcla de suelo proveniente de las faldas del cerro Mombacho con estiércol bovino, además de un tratamiento testigo a base de suelo. Se evaluaron las variables altura de planta, número de hojas, diámetro del tallo, longitud de la raíz y biomasa seca. Los resultados mostraron diferencias significativas en todas las variables evaluadas, destacando el tratamiento a base de cascarilla de arroz carbonizada, el cual presentó los mejores valores de crecimiento. A los 120 días después de la siembra, este tratamiento alcanzó una altura promedio de 29,66 cm, 13,3 hojas por planta, un diámetro de tallo de 6,4 mm y una longitud de raíz de 37,67 cm, superando al tratamiento con suelo, que registró 32,50 cm de longitud radicular. En conclusión, se recomienda el uso de la cascarilla de arroz carbonizada como sustrato, debido a su aporte significativo al crecimiento y desarrollo de las plantas de cacao en condiciones de vivero.

Cahuana (2021) realizó una investigación titulada "Evaluación del efecto de diferentes sustratos en el desarrollo de plantines de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Centro Experimental del CEIBO Ltda., localidad de Sapecho – Bolivia", con el objetivo de evaluar la influencia de distintos sustratos orgánicos en el crecimiento de plantines de cacao. El estudio se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), considerando cuatro tratamientos y tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron la altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas, longitud de la raíz principal y el análisis económico. Los sustratos estuvieron conformados por mezclas de tierra local y abonos orgánicos en proporciones de 31 % y 69 %,

respectivamente. Los tratamientos incluyeron compost vegetal (T1), compost elaborado con cáscara de cacao (T2), cascarilla de arroz prequemada más ceniza (T3) y bokashi (T4), utilizando como material vegetal el cultivar ICS-56. Los resultados indicaron que el tratamiento T4 presentó los mejores valores en altura de planta, número de hojas y un diámetro de tallo adecuado para la injertación. A los 105 días después de la emergencia, se registró un diámetro promedio de 5,82 mm en el tallo de las plantas de cacao, destacando la eficacia del sustrato que incorporó cascarilla de arroz prequemada en el desarrollo de los plantines.

Moreno (2020) realizó la tesis titulada "Evaluación de sustratos para la germinación y desarrollo vegetativo de las especies *Theobroma cacao* L., Cedrela odorata L. y Clathrotropis brunnea". Se realizó en el municipio de Girón, Santander en Colombia, con el objetivo de evaluar diferentes tipos de sustratos en la germinación y crecimiento inicial de cacao, cedro y sapan. El estudio se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), con cinco tratamientos y 25 repeticiones. Las variables evaluadas fueron porcentaje de germinación, porcentaje de supervivencia, altura de tallo, número de hojas y diámetro de tallo. En el caso específico del cacao, los tratamientos consistieron en: T1 (suelo al 100 %, testigo), T2 (75 % suelo + 25 % cascarilla de arroz), T3 (50 % suelo + 50 % estiércol bovino), T4 (75 % suelo + 25 % gallinaza) y T5 (mezcla de suelo, estiércol bovino, cascarilla de arroz y gallinaza).A los 90 días después de la siembra, los mejores resultados en cacao se obtuvieron con el tratamiento T2, que alcanzó una altura promedio de 36 cm. Asimismo, el tratamiento T3 destacó en diámetro de tallo, con 4,9 mm, y en número de hojas, registrando un promedio de 14 hojas por planta. En general, los tratamientos T2 y T3 mostraron un mejor desarrollo vegetativo en comparación con el testigo. Se concluye que la incorporación de materia orgánica, especialmente cascarilla de arroz y estiércol bovino, mejora significativamente el crecimiento inicial del cacao en vivero.

Velalcázar (2019) desarrolló la tesis titulada "Factor sustrato y cobertura en la germinación y desarrollo inicial de patrones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en vivero, finca experimental La Represa – Ecuador", con el objetivo de determinar la influencia del tipo de sustrato y cobertura en la germinación y el desarrollo inicial de patrones de cacao en vivero. El estudio se realizó bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con arreglo bifactorial (4 × 4), conformado por 16 tratamientos y 4 repeticiones. El primer factor incluyó cuatro tipos de sustratos: tierra de montaña, carboncillo, aserrín de balsa y enraizante; mientras que el segundo factor estuvo compuesto por cuatro tipos de coberturas: hoja de plátano, hoja

de bijao, papel de despacho y sarán. Los resultados mostraron que la combinación de tierra de montaña, aserrín de balsa y enraizante, con cobertura de sarán, alcanzó el mayor porcentaje de germinación (90%). En cuanto al crecimiento, el mayor promedio de altura de planta (22,75 cm) se obtuvo con el sustrato compuesto por tierra de montaña + aserrín de balsa + enraizante. Este resultado se atribuye a la presencia de sustancias promotoras del crecimiento en el sustrato, que favorecieron el desarrollo de las plántulas. Asimismo, el mayor diámetro de tallo (5,86 mm) se registró con la combinación tierra de montaña + aserrín de balsa, mientras que la mayor longitud de raíz (17,07 cm) se obtuvo utilizando únicamente tierra de montaña.

En conclusión, la combinación de tierra de montaña, aserrín de balsa y enraizante constituye una alternativa adecuada para la producción de patrones de cacao de rápido crecimiento en vivero, optimizando el proceso de injertación.

4.1.2. Antecedentes nacionales

Angulo *et al.* (2021) en Tumbes se realizó una investigación titulada "Crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en vivero, usando diferentes volúmenes de sustrato". El objetivo fue evaluar el crecimiento de plántulas de cacao en vivero empleando distintos volúmenes de sustrato. El estudio se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo en parcelas divididas. Se evaluaron tres volúmenes de sustrato: 1 kg, 1,5 kg y 2 kg, utilizando semillas de cacao criollo previamente germinadas. Las evaluaciones se realizaron a los 15, 45, 75 y 105 días después de la emergencia, considerando las siguientes variables: altura de planta, número de hojas, ancho y longitud de hojas, diámetro de tallo, longitud de raíz principal y peso fresco total de planta. Los resultados indicaron que el volumen de 1,5 kg presentó los mejores valores a los 105 días después de la emergencia. En este tratamiento se obtuvo una altura promedio de 48,25 cm, un diámetro de tallo de 7,63 mm y una longitud de hoja de 17,21 cm. Asimismo, este volumen mostró superioridad en la mayoría de las variables evaluadas, especialmente en el peso fresco total de las plantas, en comparación con los volúmenes de 1 kg y 2 kg. En consecuencia, se determinó que el uso de 1,5 kg de sustrato constituye una alternativa adecuada para la producción de plántulas de cacao en vivero, permitiendo establecer de manera preliminar un volumen estándar para su manejo.

Vargas *et al.* (2020) realizaron una investigación denominada "Efecto de tamaño de envases y tres tipos de sustratos para la obtención de portainjerto de Cacao (*Theobroma cacao L.*) en vivero", cuyo objetivo principal fue determinar la dimensión apropiada del envase, el tipo de sustrato adecuado y la interacción óptima entre ambos elementos. El experimento fue

ejecutado en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) sede Sahuayaco de la provincia de La Convención perteneciente al departamento del Cusco. Para tal fin, hicieron uso de un arreglo factorial de 4 dimensiones de envase con 3 tipos de sustrato (S_1: Mezcla 3:1:1/4; tierra agrícola: cascarilla de arroz: gallinaza, S_2: Mezcla 1:1/8:1/8; tierra agrícola: arena: compost + 17 kg de gallinaza + 125 g de super triple y S_3: Mezcla 3:1:1/8:1/8; tierra agrícola: cascarilla de arroz: gallinaza: ceniza + 0.5 kg dolomita + 0.5 g de guano de isla + 0.5 g de roca fosfórica + 0.5 g de sulfato de magnesio), a través de un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), lo que resultó en un total de 12 tratamientos, cada uno con 3 repeticiones. Para evaluar el comportamiento de los portainjertos usaron semillas pregerminadas de cacao IMC67, midiendo la longitud y diámetro del tallo, así como el número de hojas a los 120 días, encontrando los mejores resultados con los envases de 8" x 12" x 2 mm y el sustrato tipo 1 (S_1) en comparación con los otros tipos de sustrato. En cuanto a la interacción entre el envase y el sustrato, se concluyó que el sustrato tipo 1 (S_1) tuvo mayor impacto en los resultados obtenidos, mientras que la dimensión de envases no tuvo un efecto significativo en gran parte de los tratamientos.

Gonzales (2018) se realizó una tesis de investigación titulada "Efecto de dos abonos orgánicos en el crecimiento de plantones de cacao (*Theobroma cacao* L.) de los clones CCN–51 e IMC–67 en vivero", cuyo objetivo fue evaluar el efecto del humus de lombriz y el bokashi sobre las características biométricas de plantones de cacao de los clones CCN–51 e IMC–67. El estudio se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), con arreglo factorial 2 × 3 × 2, conformado por 14 tratamientos, 3 repeticiones y 2 testigos.

Se evaluaron variables como altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, longitud y volumen radicular, área foliar, materia seca y rentabilidad. Los resultados indicaron que el clon CCN–51, al ser tratado con humus de lombriz, presentó el mayor crecimiento en altura de planta (18,71 cm), así como mejores valores de volumen radicular, materia seca y área foliar. Por su parte, el clon IMC–67 mostró mejores resultados en diámetro de tallo, número de hojas y longitud radicular bajo la aplicación de humus de lombriz. Asimismo, se determinó que la proporción 5:1 de tierra agrícola y abono orgánico fue la más adecuada, al generar las mejores características biométricas en ambos clones.

Villanueva (2018) se realizó una investigación titulada "Efecto de los abonos orgánicos compost, guano de isla y gallinaza en el crecimiento de plantones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tingo María – Huánuco", con el objetivo de evaluar el efecto de estos abonos en la etapa

de vivero. El estudio se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), con 13 tratamientos y 5 repeticiones, evaluándose variables como altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas, área foliar, longitud y volumen radicular, materia seca y rentabilidad, mediante análisis de varianza y la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$).Los resultados mostraron que el tratamiento compuesto por 25 % de gallinaza y 75 % de tierra agrícola registró la mayor altura de planta, alcanzando 51,40 cm. Asimismo, el tratamiento con 25 % de guano de isla y 75 % de tierra agrícola presentó el mayor diámetro del tallo. El tratamiento conformado por 33,5 % de gallinaza y 66,5 % de tierra agrícola obtuvo el mayor número de hojas y la mayor área foliar. Por su parte, la mezcla de 50 % de compost y 50 % de tierra agrícola alcanzó la mayor longitud radicular a (42.20 cm), mientras que el tratamiento con 33,5 % de guano de isla y 66,5 % de tierra agrícola presentó el mayor volumen radicular y la mayor acumulación de materia seca. No obstante, el tratamiento control sin aplicación de abonos mostró el mejor índice de rentabilidad.

Carbajal (2018) en su trabajo de investigación titulado "Efecto de fuentes de sustrato orgánicos tratatadas con microorganismos eficientes en plantas de cacao (Teobroma cacao L.) bajo condiciones de vivero en Chanchamayo". El experimento tuvo cinco tratamientos de sustratos orgánicos: T1, tierra agrícola (testigo); T2, 50 % pulpa de café + 50 % tierra agrícola; T3, 50 % gallinaza + 50 % tierra agrícola; T4, 50 % guano de isla + 50 % tierra agrícola; y T5, 50 % estiércol de ganado + 50 % tierra agrícola. Los resultados evidenciaron que los tratamientos T2 y T5 presentaron el mejor comportamiento agronómico en la mayoría de las variables evaluadas. En cuanto a la altura de planta, el tratamiento T2 alcanzó el mayor promedio con 47,13 cm, seguido de T5 con 45,88 cm. De manera similar, el mayor grosor de tallo se registró en ambos tratamientos, con un valor promedio de 1,05 cm. Respecto al número de hojas, el tratamiento T5 obtuvo el valor más alto con 4,59 hojas por planta, seguido de T2 con 4,41 hojas. En relación con el peso fresco foliar, T5 presentó el mayor promedio con 53,43 g, mientras que T2 alcanzó 51,13 g. Asimismo, el mayor peso seco foliar se observó en T5 con 0,79 g, seguido de T2 con 0,77 g. En cuanto al sistema radicular, el mayor peso fresco radicular se obtuvo con el tratamiento T2, con un promedio de 7,47 g. Del mismo modo, el mayor peso seco radicular se registró en T2 con 2,67 g, seguido de T5 con 2,54 g. Por el contrario, los tratamientos T1, T3 y T4 mostraron valores inferiores en todas las variables evaluadas. En conclusión, los tratamientos basados en pulpa de café y estiércol de ganado, combinados con tierra agrícola, demostraron ser los más eficientes para el desarrollo vegetativo y radicular de las plantas de cacao en vivero.

4.2. Bases teóricas

4.2.1. Origen y distribución del cacao

Rojas *et al.* (2017) mencionan en una carta dirigida al Virrey Juan de Mendoza y Luna en 1610 por Baltazar Ocampo, se hace referencia a una descripción de los encuentros entre soldados del virreynato y los "Manaries" (Matshiguengas) en la provincia de San Francisco de la Victoria de Vilcabamba (actualmente provincia de La Convención – Cusco) y se menciona que los "Manaries" recibieron a los soldados con amabilidad y regalos, haciéndose referencia a la presencia de árboles de cacao en el territorio de los "Manaries". Esto sugiere que el cacao era un elemento importante en la región en esa época. El término "cacao chuncho del Cusco" tiene su origen en el período de las haciendas, y se empleaba para hacer referencia al cacao utilizado por los habitantes originarios de la selva del Cusco. En la actualidad, esta denominación sigue en uso para identificar al cacao autóctono de dicha región.

Figura 1

Distribución del cultivo del cacao variedad chuncho en provincia La Convención



Fuente **Rojas *et al.*** (2017)**.**

4.2.2. Taxonomía

Linneo (1983), describe que el cacao variedad Chuncho tiene la siguiente ubicación taxonómica:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Dilleniidae

Orden: Malvales

Familia: Malvaceae

Subfamilia: Byttnerioideae

Tribu: Theobromeae

Género: Theobroma

Especie: *Theobroma cacao* L. var. Chuncho

4.2.3. Descripción botánica

4.2.3.1. Árbol

Sandoval *et al.* (2021) describen que, plantaciones de más de 50 años, se encuentran árboles de cacao de la variedad Chuncho, los cuales son de gran tamaño y han recibido poco mantenimiento, alcanzando alturas superiores a los cinco metros. Es importante destacar que se pudo observar que todos los árboles presentan mazorcas de color verde.

4.2.3.2. Hojas

Arvelo *et al.* (2017) describen que suelen ser simples, coriáceas y de forma angosta a obovado-elíptica, con una longitud de entre 17 y 48 cm y un ancho de 7 a 10 cm. Son ligeramente asimétricas y tienen una base redondeada o ligeramente cordada. Las hojas son alternas y pueden estar glabras o tener una pubescencia laxa en ambas caras.

4.2.3.3. Flores

Rojas *et al.* (2017) describen que el cacao variedad Chuncho presenta flores que varían en tamaño desde pequeño a mediano con longitudes de 5 mm a 7 mm respectivamente, con un pedúnculo corto que varía de entre 10 y 17 mm de longitud.

4.2.3.4. Frutos

Sandoval *et al.* (2021) describen que luego de realizar una caracterización morfoagronómica de un árbol de cacao Chuncho en Echarate, determinó que este presenta un fruto en forma de angoleta con ápice atenuado, semirugoso, una longitud de 26.3 cm, un grosor de cáscara de 1.5 mm, con semillas oblongas y de color violeta. No obstante, manifestó que existe variabilidad en los tamaños y formas del fruto del cacao, y los agricultores los identifican con diversos nombres como "señorita", "pamuco" y "cáscara de huevo", entre otros.

4.2.3.5. Semilla

Doster *et al.* (2012) se describe que las semillas de cacao presentan forma ovada y ligeramente aplanada, y se disponen en cinco hileras longitudinales dentro de cada mazorca. Cada una está recubierta por un mucílago rico en azúcares reductores, sustancia que favorece el proceso de fermentación después de la cosecha. En su interior contienen dos cotiledones carnosos, cuya coloración puede variar entre blanco, violeta o púrpura, según la variedad o grupo genético. El embrión es recto y presenta germinación epigea, constituyendo la parte esencial del grano empleado en la industria chocolatera. Asimismo, su composición química, caracterizada por un alto contenido de polifenoles, teobromina y grasas como la manteca de cacao, determina las propiedades sensoriales, la calidad industrial y el valor comercial del producto final.

4.2.4. Requerimientos edafoclimáticos

4.2.4.1. Temperatura

Agrosavia (2021) señala que el cacao demanda condiciones térmicas propias de las zonas tropicales cálidas para su óptimo desarrollo. Su rango adecuado de crecimiento se sitúa entre 18 y 32 °C, intervalo en el cual la planta mantiene estabilidad fisiológica y un desarrollo vegetativo favorable. No obstante, las condiciones más propicias se encuentran entre 24 y 32 °C, ya que dentro de este margen se favorecen los procesos metabólicos y el crecimiento sostenido.Por el contrario, temperaturas inferiores a 18 °C o superiores a 32 °C provocan estrés

térmico, disminuyen la actividad fotosintética y reducen el vigor de las plántulas en vivero, etapa en la que la estabilidad térmica resulta determinante para una adecuada formación y su posterior establecimiento en campo.

4.2.4.2. Precipitación

Agrosavia (2021) Se señala que el cacao requiere un régimen de precipitación propio de las zonas tropicales húmedas para su adecuado desarrollo. El rango óptimo de lluvias se sitúa entre 1 200 y 3 800 mm anuales, niveles que permiten una disponibilidad hídrica suficiente para la absorción de nutrientes y el correcto funcionamiento fisiológico de la planta. Dentro de este intervalo, las áreas consideradas altamente aptas presentan precipitaciones comprendidas entre 1 800 y 2 600 mm por año. Asimismo, las zonas moderadamente aptas abarcan rangos de precipitación entre 1 200 y 3 800 mm, mientras que las áreas marginalmente aptas se extienden desde 1 500 hasta 3 800 mm. En contraste, valores inferiores a 1 200 mm o superiores a 3 800 mm resultan desfavorables, ya que pueden provocar estrés hídrico o, por el exceso de agua, problemas de anoxia y pudrición radicular, afectando la calidad de las plántulas en vivero y su posterior establecimiento en campo.

4.2.4.3. Humedad

Agrosavia (2021) Se indica que el cacao requiere ambientes con elevada humedad relativa, condición fundamental para mantener el equilibrio hídrico de los tejidos, disminuir el estrés por evaporación y favorecer la actividad fotosintética. Los rangos óptimos se sitúan entre 70 y 100 %, especialmente durante la etapa de vivero, cuando las plántulas son más susceptibles a la deshidratación. Humedades inferiores al 60 % incrementan la transpiración, limitan el desarrollo foliar y reducen el crecimiento, mientras que niveles excesivamente altos pueden favorecer la aparición de patógenos. En este sentido, una humedad relativa alta y estable resulta esencial para la producción de plántulas de cacao vigorosas y uniformes en viveros tropicales.

4.2.4.4. Altitud

Agrosavia (2021) Se señala que el cacao presenta un mejor desempeño en zonas de baja a media altitud, particularmente dentro del rango de 0 a 1 200 m s. n. m., donde las condiciones de temperatura y humedad son más favorables para su crecimiento. Las áreas altamente aptas se concentran entre 0 y 600 m s. n. m., mientras que las zonas moderadamente aptas se sitúan entre 600 y 1 200 m s. n. m. En contraste, altitudes superiores a 1 200 m s. n. m. se consideran marginales, debido a la reducción de la temperatura y a una mayor

inestabilidad climática, factores que limitan la actividad fisiológica y el vigor de las plántulas en vivero. En consecuencia, la altitud influye directamente en el microclima del cultivo y en su capacidad de adaptación durante las etapas iniciales de desarrollo.

4.2.4.5. Suelo

Agrosavia (2021) indica que el cacao requiere suelos profundos, con buen drenaje y textura franca a franco-arenosa, ya que estas condiciones favorecen el adecuado desarrollo del sistema radicular y una correcta aireación del perfil. Los suelos más apropiados presentan alto contenido de materia orgánica, pH moderadamente ácido (entre 5,5 y 7,0) y buena capacidad de retención de humedad, características que permiten una eficiente absorción de nutrientes y un adecuado equilibrio hídrico.Por el contrario, los suelos pesados o con drenaje deficiente pueden provocar anoxia y pudrición de raíces, mientras que los excesivamente arenosos reducen la disponibilidad de agua y afectan el vigor de las plántulas en vivero. En consecuencia, la calidad física y química del suelo, así como el manejo adecuado del sustrato, son factores clave para asegurar un crecimiento inicial uniforme y saludable del cultivo.

4.2.5. Portainjerto de cacao

Cayetano *et al.* (2021) describen que el portainjerto es una planta de cacao joven y viva que tiene una edad de cinco meses. La tasa de supervivencia de un injerto puede mejorar significativamente mediante el uso de un portainjerto con un crecimiento vigoroso de células y tejidos.

4.2.6. Semillas de calidad para portainjertos

Avila *et al.* (2013) mencionan que para obtener una semilla de calidad con fines de propagación; en primer lugar, se debe seleccionar un árbol de buena estructura, posteriormente se debe seleccionar las mejores mazorcas y seleccionar las mejores semillas tratándolas con cal o aserrín previa desinfección.

Arvelo *et al.* (2017) describen que la semilla de cacao es clasificada como recalcitrante, lo que significa que su capacidad para germinar disminuye rápidamente y no puede ser almacenada por largos períodos de tiempo antes de ser sembrada. Sin embargo, a diferencia de otras semillas, la semilla de cacao no requiere de un período de latencia para germinar y puede hacerlo una vez que el fruto alcanza su madurez y el mucílago que la recubre se descompone.

Paredes *et al.* (2003) describen que una vez que las semillas de cacao son extraídas de las mazorcas y se extrae el mucílago, se procede a orearlas a la sombra por un periodo de 8

horas. Después de este proceso, se desinfectan con ceniza o cal apagada para asegurar su aptitud para la siembra. Para la siembra, se coloca una semilla en cada bolsa de manera horizontal cubriendo el sustrato a una profundidad de aproximadamente 2.5 cm.

4.2.7. Importancia del cacao

MIDAGRI (2024) menciono que el cacao constituye uno de los cultivos estratégicos dentro del comercio agrícola internacional, cuya cadena productiva es altamente sensible a variaciones climáticas, problemas fitosanitarios y cambios en la oferta global, factores que generan marcadas fluctuaciones en el mercado. Durante la campaña 2023–2024, se registró una contracción mundial del 14,2 %, lo que representó un déficit aproximado de 462 mil toneladas en comparación con la campaña anterior, afectando de manera inmediata el abastecimiento de la industria procesadora.

Por su parte, la ICCO (2024), citada por **MIDAGRI (2024)**, señala que la disminución de la producción se debió principalmente al incremento de plagas y enfermedades, así como a eventos climáticos adversos ocurridos en África Occidental y América Latina, regiones que concentran la mayor parte de la oferta mundial. Paralelamente, la demanda destinada a molienda se redujo en 6,1 %, con descensos en África, América Latina, Asia y Oceanía; no obstante, Europa incrementó sus adquisiciones como estrategia preventiva frente a la escasez proyectada.

Asimismo, el **MIDAGRI (2024)** reporta que las existencias globales disminuyeron en 26,1 %, situación que impulsó un aumento histórico de los precios internacionales, los cuales superaron los 10 000 dólares por tonelada en abril de 2024, cifra considerablemente mayor a los 2 541 dólares registrados en febrero de 2023. Este escenario reafirma la condición del cacao como un commodity de alto valor y elevada vulnerabilidad, cuyo comportamiento económico impacta tanto a los países productores como a las industrias de transformación.

Tabla 1

Principales países productores de cacao en grano, campañas

País / Campaña	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22	2022/23 (E)	2023/24 (P)
Costa de Marfil	2,154	2,105	2,248	2,121	2,241	1,740
Ghana	812	771	1,047	683	654	450
Ecuador	322	320	365	365	454	430
Camerún	280	280	292	295	270	300
Nigeria	270	260	280	280	315	300
Brasil	176	230	200	220	220	200
Perú	136	151	156	170	172	170
Indonesia	220	170	170	160	160	160
República Dominicana	75	70	75	80	90	90
Colombia	59	64	70	70	70	72
Otros países	193	296	329	362	404	420
Producción mundial	4,697	4,735	5,242	4,826	5,050	4,332

Fuente: (ICCO), citado por MIDAGRI (2024)

4.2.7.1. Importancia económica nacional

De acuerdo con el **MIDAGRI (2024)** el cultivo de cacao en el Perú ha experimentado un crecimiento sostenido durante más de veinte años, con una tasa promedio anual de 8,9 %, consolidándose como un componente estratégico dentro de la agricultura nacional. No obstante, durante la campaña 2023–2024 se registró una disminución del 5,3 % en la producción, situación atribuida a la ocurrencia de sequías prolongadas, altas temperaturas y la incidencia de enfermedades como la moniliasis, que afectaron especialmente a regiones de elevada productividad, entre ellas Ucayali.

Asimismo, el **MIDAGRI (2024)** resalta que el Perú ocupa el segundo lugar a nivel mundial en la producción de cacao orgánico y resguarda aproximadamente el 60 % de la diversidad genética de la especie. En 2023, las regiones de San Martín, Junín y Ucayali concentraron el 86,8 % de la producción nacional. De igual manera, el ministerio reporta que los precios en chacra alcanzaron niveles históricos, al incrementarse de S/ 8,78 en 2023 a S/ 23,51 en 2024, lo que dinamizó las exportaciones, las cuales superaron los 1 081 millones de

dólares durante los primeros diez meses de 2024, impulsadas por la alta demanda internacional de grano, pasta y manteca de cacao.

Tabla 2

Producción regional de cacao en grano en el Perú (2019–2024), en toneladas

Región / Año	2019	2020	2021	2022	2023	2023*	2024*
San Martín	54,184	66,786	63,601	66,413	62,186	55,300	55,375
Junín	25,560	27,536	29,774	31,860	33,542	31,163	32,641
Huánuco	13,403	14,395	15,958	16,602	16,948	14,450	14,739
Cusco	9,915	7,476	7,684	8,042	10,224	8,405	8,643
Ucayali	17,031	21,705	20,046	22,724	18,887	18,278	7,318
Pasco	4,407	4,033	4,707	4,858	5,105	4,446	4,872
Ayacucho	5,998	5,634	6,190	6,633	5,155	5,153	3,498
Amazonas	5,108	5,021	6,231	6,607	5,124	4,152	3,402
Piura	1,438	1,385	1,501	2,177	1,789	1,493	2,510
Cajamarca	1,121	1,137	1,263	2,226	0	0	0
Otros departamentos	3,612	3,803	4,163	4,918	6 308	5 215	5 388
Perú (Total nacional)	141,775	158,944	164,118	172,058	163 266	146 057	138 387

Fuente: MIDAGRI – Dirección de Estadística e Información Agraria (2024).

4.2.7.2. Importancia social

El **MIDAGRI (2024)** sostiene que el cacao no solo constituye un cultivo de elevado valor económico, sino que también representa el principal sustento de decenas de miles de familias rurales en el Perú, cuyos ingresos dependen directamente de su producción y comercialización. En este contexto, el ministerio resalta la implementación de iniciativas como la Ruta Productiva Exportadora y el Plan Nacional para el Desarrollo de la Cadena de Valor Cacao–Chocolate al 2030, orientadas a fortalecer la sostenibilidad económica, social y ambiental del sector, asegurando una distribución equitativa de los beneficios a lo largo de toda la cadena productiva.

Asimismo, el **MIDAGRI (2024)** advierte que la entrada en vigencia, desde 2025, del Reglamento de la Unión Europea sobre productos libres de deforestación (EUDR) representa

uno de los principales desafíos para los pequeños productores nacionales. Frente a este escenario, el ministerio impulsa acciones como la geolocalización de parcelas y la certificación de áreas libres de deforestación, con el propósito de garantizar el acceso continuo a los mercados europeos, salvaguardar los ingresos de los agricultores y fomentar prácticas agrícolas responsables, compatibles con la conservación ambiental.

4.2.8. Vivero para el cultivo de cacao

Avila *et al.* (2013) describen que el área específica que proporciona las condiciones óptimas de suelo y clima necesarias para el crecimiento saludable de las plantas de cacao, también puede ser utilizada para la reproducción de semillas o para la técnica de injerto en el cultivo de cacao.

4.2.9. Instalación del vivero

4.2.9.1. Ubicación, limpieza y establecimiento del vivero

Paredes *et al.* (2003) menciona que la selección del sitio adecuado para la instalación del vivero es crucial para facilitar el manejo de las actividades agrícolas y la vigilancia sanitaria de las plántulas. Es recomendable que el lugar esté cerca de una fuente de agua.

Arvelo et al. (2017) mencionan que para el establecimiento del vivero se aconseja elegir un terreno con una pendiente no superior al 2%, con el fin de simplificar el trabajo de cuidado de las plantas. También es recomendable construir cercas y cortinas rompevientos para proteger los plantones.

4.2.9.2. Construcción y acondicionamiento del vivero

Arvelo *et al.* (2017) mencionan que el vivero proporcione un porcentaje de sombreado entre el 50% y el 60% para favorecer el crecimiento de las plántulas. En su construcción, se pueden utilizar materiales de sombra sintéticos o naturales de la finca, siempre y cuando no transmitan enfermedades. Las dimensiones del vivero y las estructuras que lo componen deben ser adecuadas en relación al número de plantas a albergar.

Paredes *et al.* (2003) mencionan que se utilizan materiales locales y rústicos para construir viveros temporales. Los postes, que deben tener 2.5 m de longitud, se entierran para que queden 2 m libres desde la superficie del suelo al techo, y se colocan a una distancia de 3 m entre sí. Para el techo se emplean listones de madera, cañabrava u otros materiales disponibles en la zona, cubiertos con hojas de palmeras u otros materiales que permitan un 75%

a 80% de sombra. Este porcentaje es adecuado para la germinación de la semilla y el desarrollo inicial de los plantones.

4.2.9.3. Preparación de sustrato y llenado de bolsas

Paredes (2003) menciona en el proceso de llenado de las bolsas en el vivero, se emplea tierra negra sin previa utilización, la cual se caracteriza por ser rica en material orgánico y se tamiza para remover piedras y cualquier otro elemento no deseado.

Ávila *et al.* (2013) mencionan que, para el llenado de las bolsas de cultivo, es necesario utilizar tierra que tenga un alto contenido de material orgánico y que esté libre de cualquier tipo de impurezas, como raíces, troncos y piedras. Para lograr esto, se recomienda colar la tierra a través de un tamiz adecuado antes de su uso.

Paredes (2003) recomienda el uso de bolsas de polietileno de color negro con un espesor de 0.1 mm y una longitud de 20 cm para el proceso de llenado. Además, es importante que cuenten con perforaciones estratégicamente ubicadas para asegurar un buen drenaje. Una vez llenas, se debe compactar el sustrato de forma suave mediante la presión de los dedos o golpeando suavemente la base de la bolsa contra el suelo.

4.2.10. Manejo del vivero

4.2.10.1. Riego

Ávila *et al.* (2013) mencionan que es fundamental mantener una humedad óptima para que las plantas se desarrollen adecuadamente, asegurándose de que tanto las hojas como la tierra estén bien mojadas. Por esta razón, se sugiere regar cada mañana antes de que salga el sol, utilizando un rociador en lugar de un chorro directo para evitar dañar las plántulas y perder tierra de las bolsas.

4.2.10.2. Control de malezas

Gómez *et al.* (2014) mencionan que cada dos semanas, se debe retirar manualmente las hierbas que crezcan en las bolsas.

Ávila *et al.* (2013) mencionan que para evitar la competencia de las malezas en los cultivos de cacao, es necesario realizar la eliminación de estas plantas cada ocho días.

4.2.10.3. Regulación de sombra

Ávila *et al.* (2013) mencionan que el proceso de regulación de sombra implica una disminución gradual de la cantidad de hojas en la enramada, con el fin de permitir que las plantas reciban una mayor cantidad de luz solar. De esta forma, las plantas pueden continuar creciendo y fortaleciéndose, mientras se adaptan al ambiente abierto en el que crecerán y vivirán en adelante. Aproximadamente un mes antes del trasplante, se elimina por completo la sombra, para que las plantas del vivero puedan acostumbrarse gradualmente a la exposición directa al sol.

Gómez *et al.* (2014) mencionan que es importante regular la sombra en el vivero de cacao para asegurar un crecimiento óptimo de las plantas. Después de un mes de desarrollo, se debe comenzar a retirar las hojas de palmera de los lados del tinglado y adelgazar las palmeras del techo para permitir que el 50% de la luz solar penetre en el vivero. Además, 15 días antes del trasplante a campo definitivo, se deben quitar completamente las sombras de los plantones de cacao para adaptarlos gradualmente a la luz solar directa del campo.

4.2.11. Sustratos orgánicos en viveros de cacao

4.2.11.1. Bocashi

FAO (2011) describe el bocashi es un tipo de sustrato orgánico que es rico en nutrientes esenciales para el crecimiento de los cultivos. Su elaboración se realiza a partir de la fermentación de una mezcla adecuada de materiales secos. Los nutrientes obtenidos de esta fermentación incluyen tanto elementos mayores como menores, lo que lo convierte en un fertilizante completo que supera a las fórmulas de fertilizantes químicos en términos de calidad y eficacia.

FAO (2011) menciona el bocashi tiene como finalidad enriquecer el suelo, ya que los microorganismos que contiene liberan los nutrientes necesarios para que las plantas puedan utilizarlos, ya sea directamente a través de sus raíces o por medio de la erosión. Estos nutrientes son asimilados por las plantas para estimular el crecimiento de sus raíces y hojas.

4.2.11.2. Humus de lombriz

INIA (2008) menciona que el humus de lombriz es un tipo de fertilizante orgánico que incluye nutrientes fácilmente accesibles para las plantas y, además, es beneficioso para los microorganismos del suelo. Este abono se forma cuando las lombrices de tierra consumen y

procesan la materia orgánica descompuesta (compost). Se presenta en forma granulada, de color oscuro y no tiene ningún olor desagradable. La utilización del humus de lombriz favorece el proceso de germinación de las semillas y, por lo tanto, el crecimiento temprano de las plantas, lo que les permite tener una postura más robusta en comparación con otras plantas de la misma edad. Además, durante el proceso de trasplante, el humus les brinda mayor tolerancia a las condiciones de estrés, lo que resulta en un mejor desempeño y desarrollo de las plantas.

4.2.11.3. Compost

Roman *et al.* (2013) mencionan que el uso de compost como fuente de materia orgánica tiene una gran ventaja ya que contiene nutrientes disponibles y de lenta liberación, beneficiosos para la nutrición de las plantas. Además, el compost tiene un alto contenido de materia orgánica, lo que es beneficioso para el suelo. Se recomienda realizar un análisis de suelo antes de aplicar compost o materia orgánica, así como fertilizantes minerales, para controlar los niveles de nutrientes y ajustar la fertilización de acuerdo a las necesidades del cultivo y la liberación de nutrientes.

4.2.11.4. Gallinaza

Estrada (2005) menciona que la gallinaza se obtiene a partir de los residuos generados en las explotaciones de jaula, compuestos por excrementos, plumas, restos de comida y huevos rotos que se mezclan en el suelo. Este tipo de gallinaza se caracteriza por tener una gran cantidad de humedad y niveles elevados de nitrógeno, que se evaporan de manera rápida. El uso de la gallinaza como sustrato orgánico proporciona al suelo una importante cantidad de materia orgánica, lo que permite mejorar su capacidad para retener agua. Además, este tipo de sustrato contiene una gran cantidad de nutrientes que son beneficiosos para el crecimiento de las plantas. A diferencia de otras fuentes de abono, la gallinaza también es una alternativa más económica y sostenible, ya que se produce a partir de los residuos orgánicos generados por la explotación avícola.

4.2.12. Beneficios de los sustratos orgánicos

INTAGRI (2016) menciona que los sustratos orgánicos presentan diversos beneficios, como su habilidad para formar complejos orgánicos con los nutrientes, lo que aumenta su disponibilidad para las plantas. Además, la materia orgánica que contienen posee mayor capacidad de intercambio catiónico (CIC) que las arcillas, lo que permite incrementar la CIC al incorporar sustratos orgánicos, especialmente en suelos con baja CIC como los arenosos.

Durante su descomposición, los sustratos orgánicos liberan bióxido de carbono (CO2) que forma ácido carbónico (H2CO3), lo que solubiliza nutrientes de otras fuentes. También son fuente de carbono orgánico para la actividad de organismos heterótrofos en el suelo y aumentan la infiltración del agua, reduciendo el escurrimiento superficial. Así mismo, tienen la capacidad de aumentar la productividad del suelo, manteniendo su fertilidad a largo plazo y haciéndolo sostenible a lo largo de varios ciclos de producción.

4.3. Definición de términos

4.3.1. Suelo agrícola

Agropinos (2022) el suelo es el medio por excelencia para el crecimiento de las plantas. La masa del suelo provee a las plantas un soporte físico, anclaje del sistema radical, agua y los nutrientes que necesitan para sobrevivir.

4.3.2. Sustratos orgánicos

Rodríguez (2022) son materiales de origen natural que mejoran el enraizamiento y desarrollo de las plantas. En la investigación, se evaluarán tres sustratos en combinación con enraizadores para optimizar la propagación por ácido. Su composición influye en la retención de humedad, aireación y disponibilidad de nutrientes.

4.3.3. Crecimiento radicular

INTAGRI (2016) es el desarrollo del sistema de raíces, crucial para la absorción de agua y nutrientes. En el estudio, se analizará cómo los enraizadores y sustratos afectan la formación de raíces en los acodos del cacao. Un buen crecimiento radicular mejora el establecimiento y vigor de las plantas propagadas.

4.3.4. Portainjertos de cacao

MAG (2021) son plantas utilizadas como base para injertar variedades de cacao con mejores características. Deben tener buen sistema radicular, resistencia a enfermedades y adaptabilidad al entorno. Su elección influye en la productividad y longevidad del cultivo.

4.3.5. Cacao Chuncho

Rojas & Rodríguez (2017) indican que es una variedad nativa del Perú, reconocida por su alta calidad y fino aroma. Se cultiva principalmente en la región del Cusco y es valorada en mercados de cacao fino. Su conservación es clave para preservar la biodiversidad y la calidad del cacao peruano.

4.3.6. Vivero

Jiménez & (2020) refiere que es un espacio acondicionado para la propagación y desarrollo inicial de plantas antes de su trasplante al campo definitivo. En la investigación, se utilizará para el crecimiento y adaptación de los acodos enraizados. Un buen manejo del vivero garantiza plantas sanas y vigorosas.

V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Aspectos generales de la investigación

5.1.1. Tipo de la investigación

La investigación ejecutada fue de tipo experimental**,** ya que se manipulo deliberadamente la variable independiente tipo de sustrato para observar su efecto sobre variables dependientes crecimiento aéreo y radicular.

5.1.2. Enfoque de la investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, ya que se basó en la medición de variables.

5.1.3. Nivel de la investigación

La investigación se desarrolló a nivel explicativo, debido a que tuvo como propósito determinar el efecto de los tipos de sustrato sobre el crecimiento aérea y radicular.

5.2. Ubicación espacial

La instalación del vivero para llevar a cabo la presente investigación estuvo ubicada en el sector de Potrero, distrito de Santa Ana, provincia de La Convención de la región Cusco.

5.2.1. Ubicación política

- País : Perú
- Región : Cusco
- Provincia : La Convención
- Distrito : Santa Ana
- Sector : Potrero

5.2.2. Ubicación geográfica

- Latitud: 12º 53’ 27’’ S
- Longitud : 72º 44’ 23’’ O
- Altitud : 1338 m

5.2.3. Ubicación hidrográfica

- Vertiente : Amazónica
- Cuenca : Vilcanota

- Subcuenca : Chuyapi
- Microcuenca : Potrero Bajo

5.2.4. Ubicación ecológica

- Clima : Templado cálido
- Temperatura : 28º C
- Humedad : 82%
- Precipitación : 1220 mm/año
- Piso ecológico: Bosque seco subtropical

5.3. Ubicación temporal

La presente investigación se inició en el mes de marzo de 2024 con las actividades de preparación previas al repique. Posteriormente, la fase experimental correspondiente a la evaluación comenzó el 01 de abril de 2024, coincidiendo con el inicio del repique, y se extendió hasta el 30 de junio de 2024, periodo que corresponde a 90 días de evaluación.

5.4. Materiales y metodología

5.4.1. Materiales e insumos

5.4.1.1. Material biológico

Se utilizaron semillas de cacao variedad Chuncho, cultivar Pamuco, previamente certificadas por DEVIDA, para garantizar su calidad y procedencia.

5.4.1.2. Materiales y herramientas de gabinete

- Libreta de campo
- Laptop HP CORE i5 vPro
- Cámara fotográfica SONY

5.4.1.3. Materiales y herramientas de campo

- Balanza digital
- Malla Raschell (65% de luz)
- Vernier

- Bolsas de polietileno para vivero de 6'' x 12'' x 0.2 mm
- Alambre galvanizado #16
- Estacas de madera
- Pico
- Carretilla
- Serrucho
- Wincha
- Machete
- Alicate
- Martillo
- Clavos
- Nueve postes de madera rollizo de 2.5 m x 4 pulgadas de diámetro
- Seis postes de madera rollizo de 3.81 m x 4 pulgadas de diámetro
- Seis postes de madera rollizo de 3.08 m x 4 pulgadas de diámetro
- Seis varillas de fierro corrugado de 3/8"
- Manguera de polietileno

5.4.1.4. Insumos

- ✓ **Tierra agrícola y arena fina:** Constituyen la base del sustrato. La tierra agrícola es un nivel medio de fertilidad que contiene nutrientes minerales esenciales y materia orgánica natural, mientras que la arena fina es la que aporta aireación y el drenaje del suelo, evitando problemas de compactación y exceso de humedad en las raíces. Estos insumos se acopiaron del mismo lugar del experimento y la arena fue traída de la orilla del río Chuyapi.
- ✓ **Bocashi:** Es un abono orgánico fermentado elaborado a partir de estiércol, salvado, ceniza, tierra y microorganismos. Su principal aporte es mejorar la estructura del suelo

y suministrar nutrientes de liberación lenta, además de fomentar la actividad microbiana benéfica. Se adquirió de una tienda agro veterinaria de la localidad de Quillabamba.

- ✓ **Humus de lombriz:** Es resultante de la descomposición de residuos orgánicos por acción de lombrices. Se caracterizó por su alta disponibilidad de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes) y sustancias bioestimulantes que favorecieron el enraizamiento y el crecimiento vegetal. El insumo fue adquirido de una tienda agro veterinaria de la localidad de Quillabamba.
- ✓ **Compost:** Es un abono orgánico obtenido de la descomposición aeróbica de restos vegetales y animales. Aporta materia orgánica estabilizada, mejora la capacidad de retención de agua y promovió un suelo más fértil y equilibrado. Este abono orgánico fue adquirido de la Compostera de la Municipalidad Provincial de La Convención.
- ✓ **Gallinaza:** Es un estiércol de ave rico en nitrógeno, fósforo y potasio, que tiene un efecto positivo en el crecimiento inicial de las plantas. El abono orgánico fue adquirido de una tienda agro veterinaria de la localidad de Quillabamba.

5.4.2. Metodología

5.4.2.1. Diseño experimental

La presente investigación fue llevada a cabo a través de un Diseño Bloques Completo al Azar (DBCA), con 5 tratamientos, 4 bloques, y 20 unidades experimentales.

Tabla 3

Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Tipo de sustratos	Proporción
T1	Tierra agrícola (Testigo)	1
T2	Tierra Agrícola + Bocashi	3:1
T3	Tierra Agrícola + Humus de lombriz	3:1
T4	Tierra Agrícola + Compost	3:1
T5	Tierra Agrícola + Gallinaza	3:1

5.4.2.2. Croquis y disposición del experimento

El experimento se llevó a cabo mediante 5 tratamientos y se replicó 4 veces, lo que resultó en un total de 20 unidades experimentales distribuidas aleatoriamente. Se elaboró un esquema del experimento que mostró las dimensiones clave de cada unidad experimental

Figura 2

Croquis de distribución del experimento

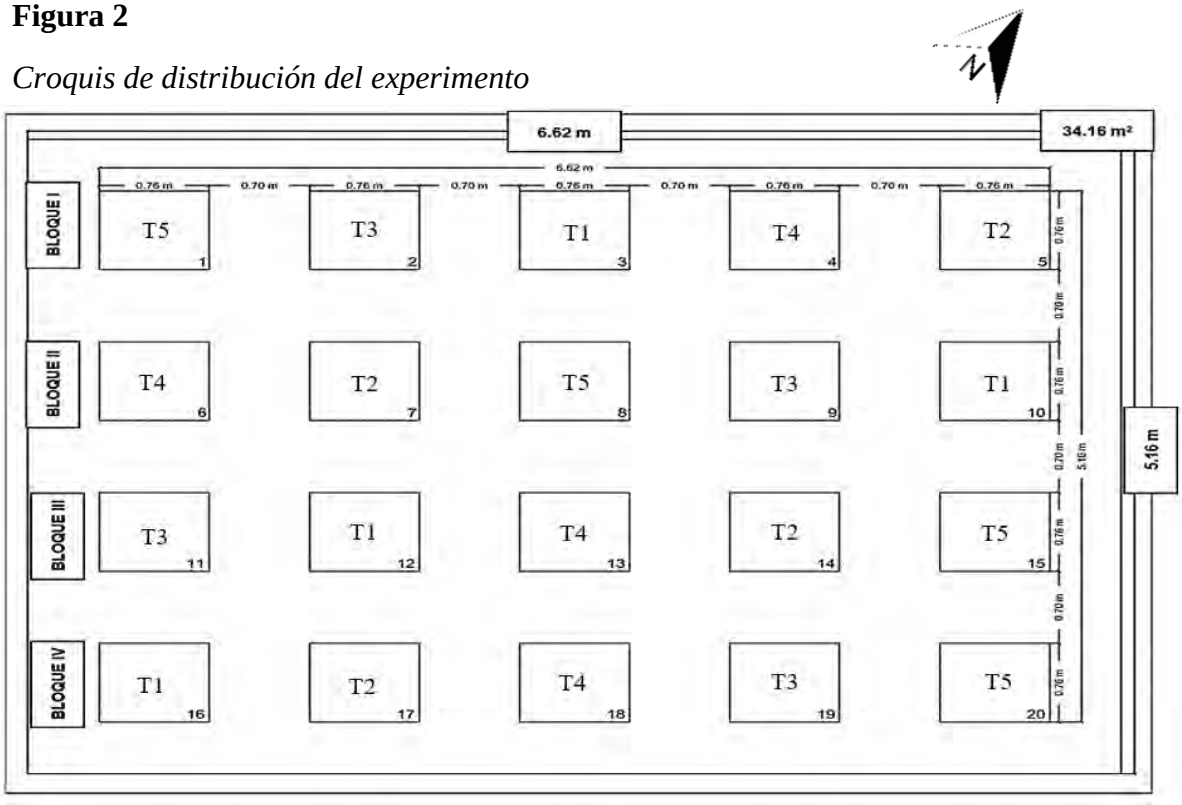
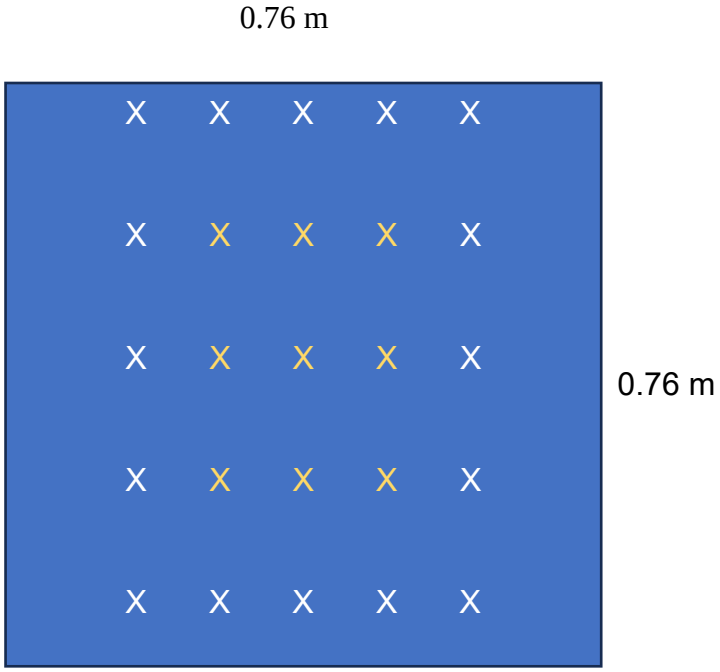


Figura 3

Detalle de la Unidad Experimental (están en bolsitas de polietileno, O = 6")



Nota*:* Se muestra la distribución de las bolsas de polietileno en una unidad experimental (25 plantas por Unidad Experimental). De los cuales se evaluaron 09 plantas centrales (color naranja) y 01 del borde al azar. Las plantas efecto borde están en color blanco.

5.4.3. Dimensiones del vivero

- Largo: 6.62
- Ancho: 5.16
- Área total: 34.16 m^2
- N° de tratamientos: 5
- Nº de unidades experimentales: 20
- Nº plantas por unidad experimental: 25
- Nº plantas por tratamiento: 100
- N° de plantas por repetición: 125
- N° de plantas por experimento: 500
- N° de plantas evaluadas por tratamiento: 10

5.5. Descripción de actividades

5.5.1. Actividades previas a la instalación del experimento

5.5.1.1. Selección de semillas

El árbol del que se extrajeron las mazorcas tenía una buena estructura y alta tolerancia a plagas y enfermedades. Las mazorcas de donde se extrajeron las semillas fueron las más grandes y estuvieron ubicadas en las ramas principales. Se seleccionaron las semillas de mayor tamaño y vigor en el interior de las mazorcas. Esta actividad se realizó el 20 de marzo del 2024.

5.5.1.2. Instalación de la germinadora

El terreno donde se instaló la germinadora fue el mismo en el que se instaló el vivero. Las dimensiones de la germinadora fueron de 2 m x 2 m x 0.30 m. Se requirieron 4 carretillas de arena de río como sustrato para la germinadora. La arena de río fue desinfectada mediante solarización durante 3 días. La germinadora fue delimitado con madera, instalando una cubierta a una altura de 2 m. Esta actividad se realizó el 19 de marzo del 2024.

5.5.1.3. Siembra de semillas

Previo a la siembra de las semillas en la germinadora, se eliminó la baba o mucílago que cubría cada semilla utilizando aserrín. Luego, las semillas fueron desinfectadas con el fungicida Captan 50 WP (es un fungicida no sistémico que actúa por contacto). Posteriormente, se empacaron en bolsas plásticas y se mezclaron con aserrín durante un período de tres días. Una vez finalizado este proceso, las semillas fueron sembradas en hileras con una distancia de 5 cm entre ellas. Aproximadamente a los 10 días, las plántulas emergieron y se encontraron en estado "cabeza de fósforo". Esta actividad se realizó el 21 de marzo del 2024.

5.5.2. Actividades de la instalación del experimento

5.5.2.1. Nivelado del terreno

Al momento del nivelado del terreno, también se hizo la limpieza, donde se eliminaron piedras, malezas y otras basuras. Posteriormente, se realizó el trazo de niveles y el replanteo para la construcción del vivero, así como la distribución de las unidades experimentales y los accesos. Para ello, se utilizaron estacas, cuerdas, niveles de cuerda y cintas métricas, garantizando una adecuada organización y delimitación del área de estudio. Esta actividad se realizó 05 de marzo del año 2024.

Figura 4

Nivelado del terreno



5.5.2.2. Construcción de la infraestructura del vivero

El vivero tuvo dimensiones de 7.62 m x 6.16 m y para su construcción, se excavaron hoyos con el fin de fijar e izar los postes de madera rollizo. Luego, los postes fueron asegurados utilizando concreto simple con una resistencia de f'c=140 kg/cm², al que se añadió un 30% de piedra mediana para mayor estabilidad. Posteriormente, se colocaron las vigas de madera para la instalación del tinglado, utilizando alambre galvanizado #16 para su fijación. Finalmente, se instaló la malla Raschell sobre el tinglado, cubriendo el borde exterior del vivero y colocando una puerta de acceso. Esta actividad se realizó el 07 de marzo del año 2024.

Figura 5

Construcción del vivero



5.5.2.3. Preparación de sustratos

La tierra agrícola se acarreó de una parcela en descanso, ubicada cerca del área donde se instaló el experimento. El Bocashi, el humus de lombriz y la gallinaza fueron adquiridos mediante compra directa a proveedores garantizados, mientras que el compost se obtuvo de una compostera construida y administrada por la Municipalidad Provincial de La Convención. Este compost fue elaborado a partir de la descomposición controlada de residuos orgánicos, principalmente restos vegetales (hojas, malezas y podas), residuos de cocina (cáscaras de frutas y verduras), estiércol vacuno y pequeñas cantidades de tierra agrícola, los cuales se sometieron a un proceso de volteo periódico y humedecimiento hasta alcanzar una maduración adecuada.

Antes de la preparación de los sustratos, la tierra agrícola fue sometida a un tratamiento de solarización durante 3 días para su desinfección. Las proporciones de cada preparación fueron cuantificadas por volumen, asegurando la homogeneidad de los sustratos en cada bolsa.

- **T1 (Testigo):** tierra agrícola (100%).
- **T2:** mezcla de tierra agrícola + Bocashi (3:1).
- **T3:** mezcla de tierra agrícola + humus de lombriz (3:1).
- **T4:** mezcla de tierra agrícola + compost (3:1).
- **T5:** mezcla de tierra agrícola + gallinaza (3:1).

La cantidad total de cada sustrato requerido fue calculada tomando como referencia el volumen ocupado por cada bolsa de polietileno.

Esta actividad se realizó el 14 de marzo 2024.

Figura 6

Preparación de sustratos



5.5.2.4. Embolsado

Se determinó el volumen de las bolsas de polietileno para calcular la cantidad exacta de cada sustrato orgánico requerido para cada tratamiento, repetición y Unidad Experimental. Luego, se realizó el rellenado de las bolsas con los sustratos previamente preparados, asegurando una ligera compactación y evitando la presencia de espacios de aire. Finalmente, las bolsas rellenadas fueron distribuidas en sus respectivas Unidades Experimentales bajo una disposición de 5 x 5, completando un total de 25 bolsas por cada Unidad Experimental. Esta actividad se realizó el 17 de marzo del año 2024.

Figura 7

Embolsado y siembra



5.5.2.5. Instalación de las unidades experimentales

Cada cama de repique representó una Unidad Experimental. Se instalaron un total de 20 camas de repique con dimensiones de 0.76 m x 0.76 m. Para su delimitación, se utilizaron piezas de madera de 1 ½" x 12" x 0.76 m, asegurando una estructura adecuada para el desarrollo del experimento.

Esta actividad se realizó 27 de marzo del año 2024.

Figura 8

Ubicación de las unidades experimentales



5.5.2.6. Repique de plántulas

Las plántulas de cacao en estado “cabeza de fósforo” seleccionadas para el repique presentaron raíces bien formadas, mientras que aquellas con defectos fueron descartadas. Se llevó a cabo la desinfección de las raíces mediante una inmersión en una solución de *Trichoderma spp***.** a una dosis de 10 g por litro de agua. Antes de iniciar el proceso de repique, la humedad de los sustratos en las bolsas previamente rellenadas se encontraba en capacidad de campo. El repique se efectuó generando un hoyo en la parte central de cada bolsa, colocando la plántula con una ligera inclinación y ajustándola por ambos lados con ayuda del instrumento repicador, asegurando su correcta fijación en el sustrato.

Esta actividad se realizó el 01 de abril del año 2024.

5.5.3. Actividades después de la instalación del experimento

5.5.3.1. Riego

Para el manejo del riego en el área de estudio, debido a que el caudal disponible era bajo, se realizó el aforo mediante el método volumétrico. Este procedimiento se efectuó en varias ocasiones utilizando un balde de 10 litros debidamente calibrado, el cual se llenaba completamente mientras se registraba el tiempo empleado. En promedio, el llenado del balde tomó 70 segundos, lo que permitió determinar un caudal disponible de 0,14 litros por segundo.

La investigación se desarrolló desde el mes de abril hasta finales de junio, con una duración total de 90 días. Durante este periodo se programaron tres riegos por semana; sin embargo, en el mes de abril, debido a la presencia de lluvias, solo se realizaron nueve riegos. En los meses siguientes se efectuaron doce riegos por mes, alcanzando un total de 33 eventos de riego durante todo el experimento.

Con base en el aforo promedio, en cada evento de riego se utilizaron aproximadamente 168 litros de agua. En consecuencia, el volumen total empleado a lo largo de la investigación fue de 5,544 metros cúbicos de agua.

Figura 9

Riego con ayuda de una manguera.



5.5.3.2. Control de malezas

Esta actividad se realizó cada 15 días para evitar que las malezas compitieran por agua, luz o nutrientes con las plántulas o plantones de cacao. Asimismo, también se llevó a cabo el deshierbe de las vías de acceso del vivero, asegurando un entorno limpio y adecuado para el desarrollo del experimento.

Esta actividad se realizó del 15 de abril del año 2024, en adelante cada 15 días

5.5.3.3. Destapado de vivero

A los 30 días después del repique, se permitió la entrada de la luz solar en un 60 a 65%. Posteriormente, a los 60 y 90 días, la entrada de luz fue incrementada hasta un rango del 75 al 90%, favoreciendo así el adecuado desarrollo de las plántulas de cacao.

Esta actividad se realizó el 01 de mayo del año 2024.

5.5.4. Evaluación de variables

5.5.4.1. Longitud de raíz principal

Se midió la distancia desde la base de la raíz hasta su extremo más alejado para evaluar el crecimiento del sistema radicular principal. Esta medición se realizó a los 90 días después del repique**,** cuya unidad de medida fue en centímetro.

Figura 10

Medición de longitud de raíz principal



5.5.4.2. Longitud de raíz secundaria

Se calcula la longitud de las raíces laterales emergentes de la raíz principal, midiendo en centímetro desde su punto de origen hasta su extremo (la raíz secundaria más larga). Esta evaluación se llevó a cabo a los 90 días después del repique**.**

5.5.4.3. Diámetro de raíz principal

Se calculó el grosor de la raíz principal en su (parte media) utilizando un vernier. Esta medición en milímetro, se efectuó a los 90 días después del repique**.**

Figura 11

Medición del diámetro de raíz principal



5.5.4.4. Altura de planta

Se midió la distancia en centímetro, desde el cuello de la planta hasta el ápice del último par de hojas con el fin de evaluar su crecimiento vertical. Esta evaluación se realizó a los 90 días después del repique**.**

Figura 12

Tomando medida de altura de planta



5.5.4.5. Diámetro del tallo

Se calcula el diámetro del tallo en su (parte media) entre el cuello de la raíz y la primera hoja, utilizando un vernier, con el objetivo de analizar la fortaleza estructural del plantón. La medición en milímetro, se efectuó a los 90 días después del repique.

Figura 13

Medición del diámetro de tallo



5.5.4.6. Ancho de hoja

Se midió el ancho máximo de la hoja más grande, mediana y pequeña de cada planta utilizando una regla graduada en centímetro, obteniendo un promedio. Esta evaluación se llevó a cabo a los 90 días después del repique.

Figura 14

Medición del ancho de hoja



5.5.4.7. Longitud de hoja

Se calcula la distancia desde la base hasta el extremo de la hoja, siguiendo la misma metodología que para el ancho de la hoja. Esta medición en centímetro se realizó a los 90 días después del repique**.**

Figura 15

Medición de longitud de hoja



VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Crecimiento radicular de los portainjertos de cacao a los 90 días.

6.1.1. Longitud de raíz principal

Tabla 4

Datos experimentales de la longitud de la raíz principal (cm) por tratamiento en cada bloque

Bloques	Tratamientos					∑	Media
	Tierra agrícola (testigo)	Tierra agrícola + Bocashi	Tierra agrícola + Humus de lombriz	Tierra agrícola + compost	Tierra agrícola + Gallinaza		
I	35.50	22.00	40.00	30.00	20.50	148.00	29.60
II	34.50	30.64	33.00	29.00	38.00	165.14	33.03
III	36.00	32.50	31.50	22.00	23.04	145.04	29.01
IV	28.00	27.00	31.00	29.00	41.00	156.00	31.20
∑	134.00	112.14	135.50	110.00	122.54	614.18	122.84
Media	33.50	28.04	33.88	27.50	30.64	153.55	30.71

Tabla 5

Análisis de varianza para longitud de raíz principal (cm)

Fuente de variabilidad	SC	GL	CM	F_0	F.T.		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Tratamiento	141.067	4	35.267	0.896	3.26	5.41	NS	NS
Bloques	48.711	3	16.237	0.413	3.49	5.95	NS	NS
Error	472.27	12	39.356					
Total	662.048	19			C.V: 20.43 %			

El análisis de varianza indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ni entre los bloques, debido a que los valores de F calculada (0,896 para tratamientos y 0,413 para bloques) son menores que los valores de F tabulado tanto al 5 % como al 1 % de significancia. En consecuencia, se concluye que los tratamientos evaluados no ejercieron un efecto significativo sobre la variable analizada.

Por otro lado, el coeficiente de variabilidad fue de 20,43 %, valor que refleja una variabilidad moderada dentro del experimento.

Tabla 6

Longitud de raíz principal de portainjertos de cacao por tratamiento

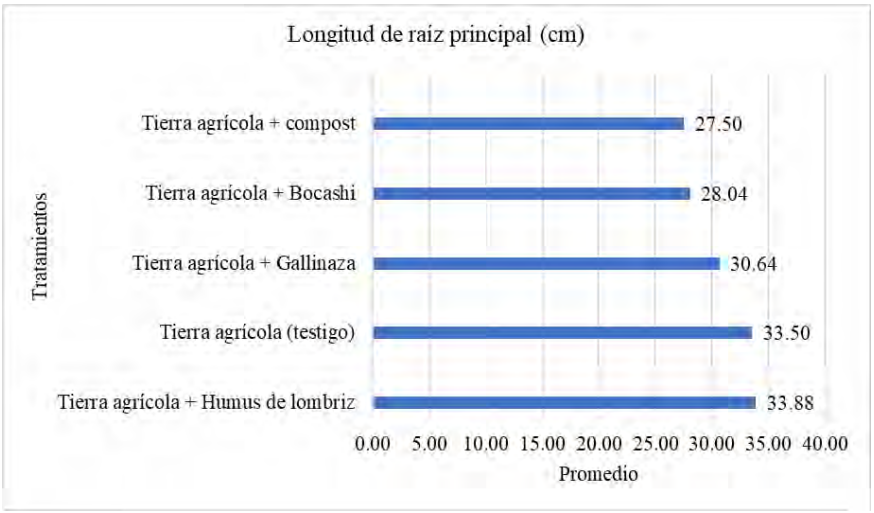
Orden de merito	Tratamientos	Longitud de raíz principal (cm)
I	Tierra agrícola + Humus de lombriz	33.88
II	Tierra agrícola (Testigo)	33.5
III	Tierra agrícola + Gallinaza	30.64
IV	Tierra agrícola + Bocashi	28.04
V	Tierra agrícola + Compost	27.5

La tabla presenta el orden de mérito de los tratamientos, organizados desde el mayor hasta el menor valor obtenido para la longitud de la raíz principal. Si bien se aprecian diferencias numéricas entre el primer y el último lugar, el análisis estadístico determinó que dichas diferencias no son significativas.

En consecuencia, desde el punto de vista estadístico, los tratamientos mostraron un comportamiento similar en la variable longitud de raíz principal. Por lo tanto, las variaciones observadas corresponden únicamente a diferencias numéricas y no a un efecto real atribuible a los tratamientos evaluados.

Figura 16

Promedio de longitud de raíz principal (cm) según los tratamientos



Los tipos de sustrato no mostraron diferencias estadísticamente significativas en la longitud de la raíz principal. No obstante, de acuerdo con el orden de mérito, el tratamiento

tierra agrícola + humus de lombriz alcanzó el mayor promedio (38,88 cm), seguido por tierra agrícola (testigo) con 33,50 cm, superando a tierra agrícola + gallinaza (30,64 cm) y a tierra agrícola + bocashi (28,04 cm). En contraste, el tratamiento tierra agrícola + compost presentó el menor promedio, con 27,50 cm. Aunque se observaron diferencias numéricas entre los tratamientos, estas no fueron estadísticamente significativas.

Al comparar estos resultados con antecedentes de investigaciones previas, se observa que no se encontraron estudios que evalúen específicamente la longitud de la raíz principal; sin embargo, existen reportes sobre longitud total de raíz que permiten establecer comparaciones referenciales. En este contexto, **Villanueva (2018)** registró una longitud de raíz de 42,20 cm a los 120 días, valor superior al obtenido en la presente investigación, diferencia que podría atribuirse al mayor periodo de evaluación. De manera similar, **Castro & Pineda (2023)** reportaron 37,67 cm a los 120 días utilizando cascarilla de arroz, valor comparable al mayor promedio registrado en este estudio, pese a contar con un mayor tiempo de evaluación.

Por otro lado, **Velalcázar (2019)** obtuvo una longitud de raíz de 17,07 cm a los 90 días con sustrato de tierra de montaña, resultado inferior a los valores registrados en el presente estudio.

6.1.2. Longitud de raíz secundaria

Tabla 7

Datos experimentales de la longitud de la raíz secundaria (cm) por tratamiento en cada bloque

Bloques	Tratamientos					∑	Media
	Tierra agrícola (testigo)	Tierra agrícola + Bocashi	Tierra agrícola + Humus de lombriz	Tierra agrícola + compost	Tierra agrícola + Gallinaza		
I	19.50	15.00	17.00	22.00	18.00	91.50	18.30
II	23.00	23.00	15.00	22.00	26.00	109.00	21.80
III	17.00	22.00	24.00	20.00	26.00	109.00	21.80
IV	19.50	23.00	15.00	22.00	26.00	105.50	21.10
∑	79.00	83.00	71.00	86.00	96.00	415.00	83.00
Media	19.75	20.75	17.75	21.50	24.00	103.75	20.75

Tabla 8

Análisis de varianza para longitud de raíz secundaria (cm)

Fuente de variabilidad	SC	GL	CM	F	F.T.		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Tratamiento	84.500	4	21.125	1.994	3.26	5.41	NS	NS
Bloques	41.650	3	13.883	1.311	3.49	5.95	NS	NS
Error	127.100	12	10.592					
Total	253.250	19			C.V=15.68 %			

El análisis de varianza muestra que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ni entre los bloques, debido a que los valores de F calculado (1,994 para tratamientos y 1,311 para bloques) son menores que los valores de F tabulado tanto al 5 % como al 1 % de significancia. En consecuencia, se concluye que los tratamientos evaluados no tuvieron un efecto significativo sobre la variable analizada por lo tanto no se recha la hipótesis nula.

Asimismo, el coeficiente de variabilidad fue de 15,68 %, valor que se considera aceptable y refleja una adecuada precisión experimental.

Tabla 9

Longitud de raíz secundaria de portainjertos de cacao por tratamiento

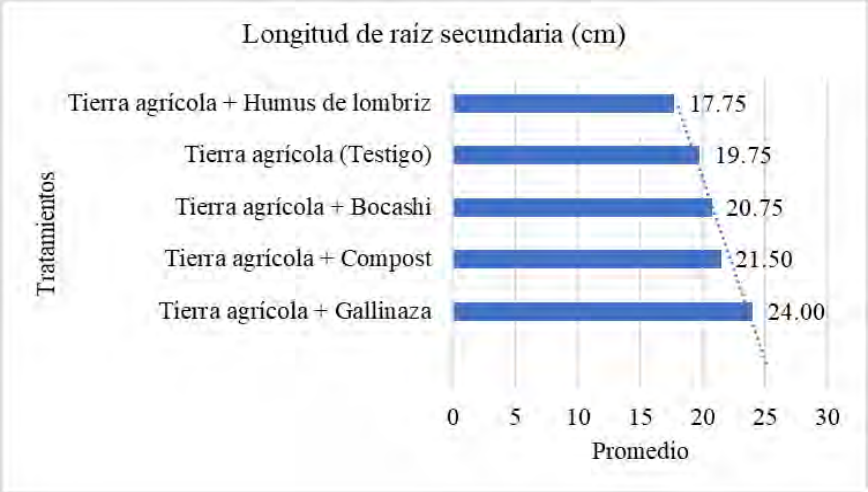
Orden de merito	Tratamientos	Longitud de raíz secundaria (cm)
I	Tierra agrícola + Gallinaza	24.00
II	Tierra agrícola + Compost	21.50
III	Tierra agrícola + Bocashi	20.75
IV	Tierra agrícola (Testigo)	19.75
V	Tierra agrícola + Humus de lombriz	17.75

La tabla presenta únicamente el orden de mérito de los tratamientos, desde el mayor hasta el menor valor obtenido para longitud de raíz secundaria. Aunque se observan diferencias numéricas entre el primer y el último lugar, el análisis estadístico indicó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Esto significa que, desde el punto de vista estadístico, el comportamiento de los tratamientos fue similar para la variable longitud de raíz secundaria, por lo que las variaciones observadas responden únicamente a diferencias numéricas y no a un efecto real de los tratamientos evaluados.

Figura 17

Promedio de longitud de raíz secundaria (cm) según los tratamientos



En el gráfico se observan diferencias numéricas entre los tratamientos para la longitud de la raíz secundaria; sin embargo, el análisis estadístico indicó que dichas diferencias no fueron estadísticamente significativas. De acuerdo con esta tendencia, el tratamiento tierra agrícola + gallinaza alcanzó la mayor longitud promedio (24,00 cm), seguido por tierra agrícola + compost (21,50 cm), superando a tierra agrícola + bocashi (20,75 cm) y al testigo (19,75 cm). En contraste, el tratamiento tierra agrícola + humus de lombriz registró la menor longitud promedio, con 17,75 cm.

6.1.3. Diámetro de raíz principal

Tabla 10

Datos experimentales de diámetro de raíz principal (mm) por tratamiento en cada bloque

Bloques	Tratamientos					∑	Media
	Tierra agrícola (testigo)	Tierra agrícola + Bocashi	Tierra agrícola + Humus de lombriz	Tierra agrícola + compost	Tierra agrícola + Gallinaza		
I	4.3	4	3.1	2.85	3.75	18	3.6
II	3.45	2.3	3.6	4.55	3.4	17.3	3.46
III	3.45	3.3	3.7	3.7	2.75	16.9	3.38
IV	3.2	2.65	3.7	5.1	4	18.64	3.73
∑	14.4	12.25	14.09	16.21	13.9	70.85	14.17
Media	3.6	3.06	3.52	4.05	3.47	17.71	3.54

Tabla 11

Análisis de varianza para diámetro de raíz principal (mm)

Fuente de variabilidad	SC	GL	CM	FC	F.T.		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Tratamiento	1.985	4	0.496	0.981	3.26	5.41	NS	NS
Bloque	0.358	3	0.119	0.236	3.49	5.95	NS	NS
Error	6.069	12	0.506					
Total	8.411	19	C.V= 20.09 %					

El análisis de varianza muestra que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ni entre los bloques, ya que los valores de F calculado (0,981 para tratamientos y 0,236 para bloques) son menores que los valores de F tabulado tanto al 5 % como al 1 % de significancia. En consecuencia, se concluye que los tratamientos evaluados no ejercieron un efecto significativo sobre la variable analizada.

Por otro lado, el coeficiente de variabilidad fue de 20,09 %, lo que indica una variabilidad moderada en el experimento.

Tabla 12

Diámetro de raíz principal de portainjertos de cacao por tratamiento

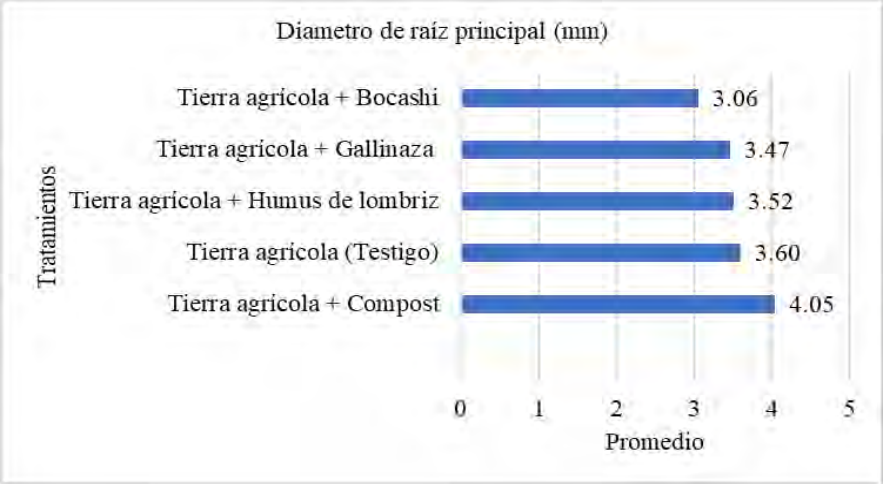
Orden de merito	Tratamientos	Diámetro de raíz principal (mm)
I	Tierra agrícola + Compost	4.05
II	Tierra agrícola (Testigo)	3.60
III	Tierra agrícola + Humus de lombriz	3.52
IV	Tierra agrícola + Gallinaza	3.47
V	Tierra agrícola + Bocashi	3.06

La tabla presenta únicamente el orden de mérito de los tratamientos, desde el mayor hasta el menor valor obtenido para diámetro de raíz principal. Aunque se observan diferencias numéricas entre el primer y el último lugar, el análisis estadístico indicó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Esto significa que, desde el punto de vista estadístico, el comportamiento de los tratamientos fue similar para la variable diámetro de raíz principal, por lo que las variaciones observadas responden únicamente a diferencias numéricas y no a un efecto real de los tratamientos evaluados.

Figura 18

Promedio de diámetro de raíz principal (mm) según los tratamientos



En el gráfico se aprecian diferencias numéricas entre los tratamientos para el diámetro de la raíz principal; no obstante, el análisis estadístico evidenció que dichas diferencias no fueron estadísticamente significativas. En este contexto, el tratamiento tierra agrícola +

compost presentó el mayor promedio (4,05 mm), seguido por tierra agrícola que es el testigo con (3,60 mm), superando a tierra agrícola + humus de lombriz (3,52 mm) y a tierra agrícola + gallinaza (3,47 mm). En contraste, el tratamiento tierra agrícola + bocashi registró el menor promedio, con 3,06 mm.

6.2. Crecimiento de la parte aérea de los portainjertos de cacao a los 90 días

6.2.1. Altura de la planta

Tabla 13

Datos experimentales de altura de planta (cm) por tratamiento en cada bloque

Bloques	Tratamientos					∑	Media
	Tierra agrícola (testigo)	Tierra agrícola + Bocashi	Tierra agrícola + Humus de lombriz	Tierra agrícola + compost	Tierra agrícola + Gallinaza		
I	29.60	24.20	33.60	28.10	24.80	140.30	28.06
II	30.20	19.20	28.97	41.20	40.40	159.97	31.99
III	30.50	20.80	29.70	36.20	31.90	149.10	29.82
IV	30.20	19.20	28.97	41.20	40.40	159.97	31.99
∑	120.50	83.40	121.24	146.7	137.50	609.34	121.87
Media	30.13	20.85	30.31	36.68	34.38	152.34	30.47

Tabla 14

Análisis de varianza para altura de planta (cm)

Fuente de variabilidad	SC	GL	CM	FC	F.T.		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Tratamiento	585.760	4	146.440	6.691	3.26	5.41	*	*
Bloque	54.379	3	18.126	0.828	3.49	5.95	NS	NS
Error	262.621	12	21.885					
Total	902.760	19			C.V= 15.35%			

El análisis de varianza mostró que los tratamientos presentaron diferencias estadísticas altamente significativas, tanto al 5% como al 1% de probabilidad, ya que la F calculada (6.691) fue mayor que la F tabulada en ambos niveles (3.26 y 5.41, respectivamente). Esto indica que los tratamientos aplicados influyeron de manera significativa sobre la variable evaluada.

En cambio, los bloques no presentaron diferencias significativas, debido a que la F calculada (0.828) fue menor que la F tabulada al 5% y 1%. Por lo tanto, el efecto de los bloques no influyó de manera importante en los resultados del experimento.

El coeficiente de variación (15.35%) indica que el experimento presentó una variabilidad aceptable, lo que evidencia un adecuado control experimental y respalda la confiabilidad de los datos obtenidos.

Tabla 15

Prueba de Tukey de tratamientos para altura de planta (cm)

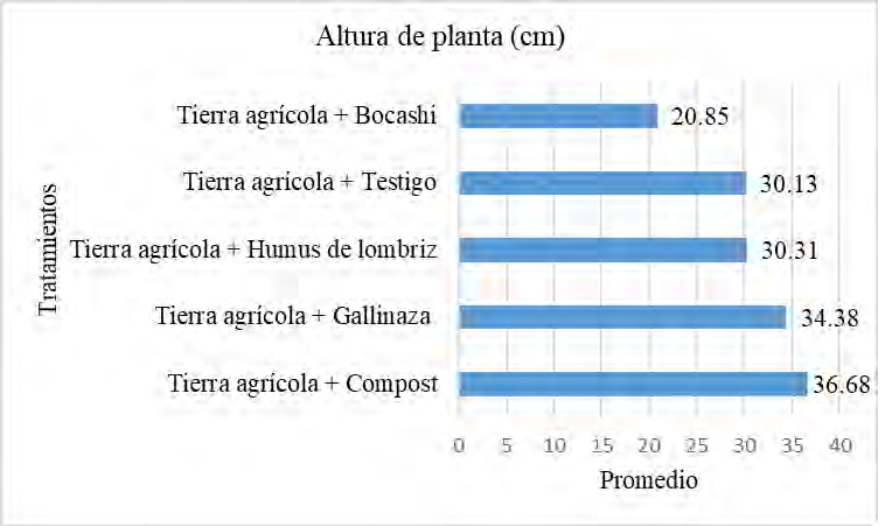
Orden de merito	Tratamientos	N	Medias	HSD (T)α			
				0.05		0.01	
I	Tierra agrícola + Compost	4	36.68	a		a	
II	Tierra agrícola + Gallinaza	4	34.38	a		a	b
III	Tierra agrícola + Humus de lombriz	4	30.31	a	b	a	b
IV	Tierra agrícola + Testigo	4	30.13	a	b	a	b
V	Tierra agrícola + Bocashi	4	20.85		b		b

Según la prueba de Tukey al 5% de significancia, el tratamiento Tierra agrícola + Compost presentó la mayor altura promedio (36,68 cm), siendo estadísticamente similar a Tierra agrícola + Gallinaza (34,38 cm). Por otro lado, Tierra agrícola + Bocashi registró la menor altura promedio (20,85 cm), mostrando diferencia significativa respecto a los tratamientos de mayor valor. El Testigo y Tierra agrícola + Humus de lombriz presentaron valores intermedios y no mostraron diferencias estadísticas con los demás tratamientos.

Asimismo, en la prueba al 1% de significancia, el tratamiento Tierra agrícola + Compost presentó la mayor altura promedio (36,68 cm), siendo similar a Tierra agrícola + Gallinaza. En contraste, Tierra agrícola + Bocashi obtuvo la menor altura promedio (20,85 cm), diferenciándose de los tratamientos con mayores valores. El Testigo y Tierra agrícola + Humus de lombriz mostraron valores intermedios, sin diferencias significativas con los grupos extremos.

Figura 19

Promedio de longitud de planta (cm) según la prueba Tukey



En el presente estudio, los tipos de sustrato influyeron significativamente en la altura promedio de las plantas de cacao. El tratamiento tierra agrícola + compost alcanzó la mayor altura promedio (36,68 cm), seguido por tierra agrícola + gallinaza (34,38 cm), superando a tierra agrícola + humus de lombriz (30,31 cm) y al testigo (30,13 cm). El tratamiento tierra agrícola + bocashi presentó la menor altura promedio (20,85 cm).

Al comparar estos resultados con investigaciones previas, se observa que la altura obtenida con el tratamiento tierra agrícola + compost (36,68 cm) es similar a la reportada por **Moreno (2020)**, quien registró 36 cm a los 90 días con una mezcla de 75 % suelo + 25 % cascarilla de arroz. Esta similitud puede atribuirse a tiempos de evaluación comparables y a la presencia de materia orgánica que mejora la estructura y fertilidad del sustrato.

Sin embargo, los valores obtenidos en el presente estudio son inferiores a los reportados por **Villanueva (2018)**, quien alcanzó 51,40 cm a los 120 días utilizando 75 % tierra agrícola + 25 % gallinaza, así como a los resultados de **Carbajal (2018)**, que registró 47,13 cm a los 120 días con 50 % pulpa de café + 50 % tierra agrícola. Estas diferencias podrían explicarse por el mayor periodo de evaluación y por la naturaleza de los materiales orgánicos empleados.

Asimismo, **Angulo *et al.* (2021)** reportaron una altura de 48,25 cm a los 105 días con un volumen de sustrato de 1,5 kg, lo que sugiere que el volumen del sustrato también influye en el crecimiento de las plantas, aspecto que no fue evaluado en el presente estudio.

Por otro lado, los valores obtenidos con el tratamiento tierra agrícola + bocashi (20,85 cm) son comparables a los reportados por **Velalcázar (2019)**, quien obtuvo 22,75 cm con una mezcla de tierra de montaña, aserrín de balsa y enraizante, y superiores a los resultados de Gonzales (2018), quien registró 18,71 cm con cacao CCN-51 + humus de lombriz a los 90 días.

6.2.2. Diámetro de tallo

Tabla 16

Datos experimentales de diámetro del tallo (mm) por tratamiento en cada bloque

Bloques	Tratamientos					∑	Media
	Tierra agrícola (testigo)	Tierra agrícola + Bocashi	Tierra agrícola + Humus de lombriz	Tierra agrícola + compost	Tierra agrícola + Gallinaza		
I	6.34	5.24	6.65	6.48	6.59	31.3	6.26
II	6.14	5.18	6.24	7.17	7.04	31.76	6.35
III	5.89	5.04	6.52	6.48	6.1	30.03	6.01
IV	6.29	5.38	6.31	6.75	6.45	31.18	6.24
∑	24.66	20.83	25.72	26.87	26.19	124.28	24.86
Media	6.17	5.21	6.43	6.72	6.55	31.07	6.21

Tabla 17

Análisis de varianza para diámetro de tallo (mm)

F. V	SC	GL	CM	FC	F.T.		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Tratamiento	5.691	4	1.423	23.244	3.26	5.41	*	*
Bloques	0.327	3	0.109	1.783	3.49	5.95	NS	NS
Error	0.734	12	0.061					
Total	6.752	19			C.V= 3.98 %			

El análisis de varianza evidenció que los tratamientos presentaron diferencias estadísticas altamente significativas, tanto al 5 % como al 1 % de probabilidad, debido a que el valor de F calculado (23,244) fue superior a los valores de F tabulada en ambos niveles de significancia (3,26 y 5,41, respectivamente). Estos resultados indican que los tratamientos aplicados influyeron de manera significativa en la variable evaluada.

En contraste, el factor bloques no mostró diferencias estadísticas significativas, ya que el valor de F calculado (1,783) fue inferior a los valores de F tabulada al 5 % (3,49) y al 1 % (5,95). Por lo tanto, el efecto de los bloques no influyó de manera relevante en la respuesta de la variable en estudio.

El coeficiente de variación obtenido fue de 3,98 %, lo cual refleja un adecuado control de las condiciones del experimento. En consecuencia, los resultados obtenidos presentan una alta confiabilidad y permiten atribuir las diferencias observadas principalmente al efecto de los tratamientos evaluados.

Tabla 18

Prueba de Tukey de tratamientos para diámetro del tallo (mm)

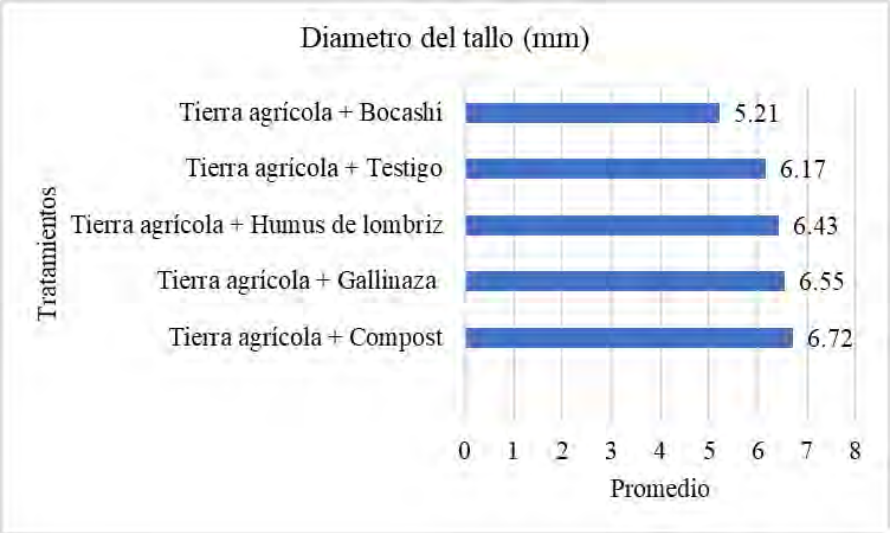
Orden de merito	Tratamientos	N	Medias	HSD (T)α	
				0.05	0.01
I	Tierra agrícola + Compost	4	6.72	a	a
II	Tierra agrícola + Gallinaza	4	6.55	a	a
III	Tierra agrícola + Humus de lombriz	4	6.43	a	a
IV	Tierra agrícola + Testigo	4	6.17	a	a
V	Tierra agrícola + Bocashi	4	5.21	b	b

La prueba de comparación de medias de Tukey, al 5 % y 1 % de significancia, mostró que los tratamientos Tierra agrícola + Compost, Tierra agrícola + Gallinaza, Tierra agrícola + Humus de lombriz y Tierra agrícola + Testigo no presentaron diferencias estadísticas entre sí. Esto indica que su comportamiento fue estadísticamente similar para la variable evaluada.

Por otro lado, el tratamiento Tierra agrícola + Bocashi presentó una media significativamente menor (5,21), diferenciándose del resto. En consecuencia, este tratamiento mostró un desempeño inferior en comparación con los demás tratamientos evaluados.

Figura 20

Promedio de diámetro del tallo (mm) según Prueba Tukey.



Los tipos de sustrato influyeron significativamente en el diámetro promedio del tallo de las plantas de cacao. El tratamiento tierra agrícola + compost alcanzó el mayor diámetro promedio (6,72 mm), seguido por tierra agrícola + gallinaza (6,55 mm), superando a tierra agrícola + humus de lombriz (6,43 mm) y al testigo (6,17 mm). En contraste, el tratamiento tierra agrícola + bocashi presentó el menor diámetro promedio (5,21 mm).

Al comparar estos resultados con investigaciones previas, se observa que el diámetro obtenido con el tratamiento tierra agrícola + compost (6,72 mm) es inferior al reportado por **Angulo *et al.* (2021)**, quienes registraron 7,63 mm a los 105 días utilizando un volumen de sustrato de 1,5 kg. Esta diferencia podría atribuirse tanto al mayor periodo de evaluación como al volumen del sustrato empleado, factores que influyen directamente en el engrosamiento del tallo.

Por su parte, **Castro & Pineda (2023)** reportaron un diámetro de 6,40 mm a los 120 días con cascarilla de arroz, valor ligeramente inferior al obtenido en la presente investigación, a pesar de contar con un mayor tiempo de evaluación.

Asimismo, **Velalcázar (2019)** registró un diámetro de 5,86 mm a los 90 días utilizando una mezcla de tierra de montaña + aserrín de balsa + enraizante, mientras que **Cahuana (2021)** obtuvo 5,82 mm a los 105 días con cascarilla de arroz. En comparación, el tratamiento tierra agrícola + bocashi del presente estudio alcanzó un diámetro de 5,21 mm, valor superior al reportado por **Moreno (2020)**, quien obtuvo 4,90 mm a los 90 días con una mezcla de 50 % suelo + 50 % estiércol bovino.

6.2.3. Ancho de hoja

Tabla 19

Datos experimentales de ancho de hoja (cm) por tratamiento en cada bloque

Bloques	Tratamientos					∑	Media
	Tierra agrícola (testigo)	Tierra agrícola + Bocashi	Tierra agrícola + Humus de lombriz	Tierra agrícola + compost	Tierra agrícola + Gallinaza		
I	5.10	6.53	7.03	5.60	7.07	31.33	6.27
II	6.23	7.23	6.60	5.17	7.40	32.63	6.53
III	7.07	7.07	6.00	6.47	6.80	33.41	6.68
IV	7.30	6.97	5.83	6.07	5.70	31.86	6.37
∑	25.70	27.80	25.46	23.31	26.97	129.24	25.85
Media	6.43	6.95	6.37	5.83	6.74	32.31	6.46

Tabla 20

Análisis de varianza para ancho de hoja (cm)

F. V	SC	GL	CM	FC	F. T		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Tratamiento	2.921	4	0.730	1.401	3.26	5.41	NS	NS
Bloque	0.493	3	0.164	0.316	3.49	5.95	NS	NS
Error	6.254	12	0.521					
Total	9.668	19			C.V= 11.17 %			

En la tabla muestra que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ni entre bloques, ya que los valores de F calculado son menores que los valores de F tabulado tanto al 5 % como al 1 % de significancia, lo que indica que los tratamientos evaluados no influyeron de manera significativa en la variable analizada. Asimismo, el coeficiente de variabilidad (C.V.) fue de 11,17 %, valor que refleja una adecuada precisión experimental.

Tabla 21

Ancho de hoja (cm) de portainjertos de cacao por tratamiento

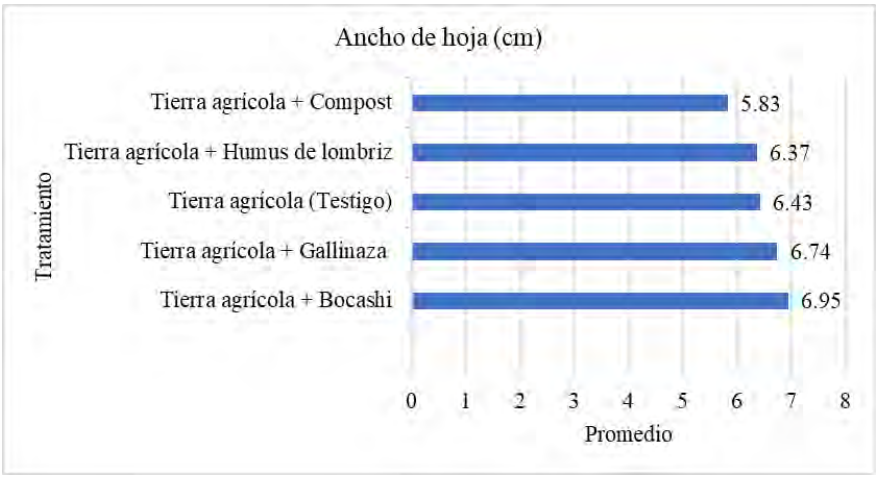
Orden de merito	Tratamientos	Ancho de hoja (cm)
I	Tierra agrícola + Bocashi	6.95
II	Tierra agrícola + Gallinaza	6.74
III	Tierra agrícola (Testigo)	6.43
IV	Tierra agrícola + Humus de lombriz	6.37
V	Tierra agrícola + Compost	5.83

La tabla presenta únicamente el orden de mérito de los tratamientos, desde el mayor hasta el menor valor obtenido en el ancho de hoja. Aunque se observan diferencias numéricas entre el primer y el último lugar, el análisis estadístico indicó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Esto significa que, desde el punto de vista estadístico, el comportamiento de los tratamientos fue similar para la variable ancho de hoja, por lo que las variaciones observadas responden únicamente a diferencias numéricas y no a un efecto real de los tratamientos evaluados.

Figura 9.

Promedio de ancho de la hoja (cm) según los tratamientos



Los tipos de sustrato no mostraron diferencias estadísticamente significativas en el ancho de hoja. No obstante, de acuerdo con el orden de mérito, el tratamiento tierra agrícola + bocashi alcanzó el mayor promedio (6,95 cm), seguido por tierra agrícola + gallinaza (6,74 cm), superando a tierra agrícola que es el testigo (6,43 cm) y a tierra agrícola + humus de

lombriz (6,37 cm). En contraste, el tratamiento tierra agrícola + compost presentó el menor promedio, con (5,83 cm).

6.2.4. Longitud de hoja

Tabla 22

Datos experimentales de longitud de hoja (cm) por tratamiento en cada bloque

Bloques	Tratamientos					∑	Media
	Tierra agrícola (testigo)	Tierra agrícola + Bocashi	Tierra agrícola + Humus de lombriz	Tierra agrícola + compost	Tierra agrícola + Gallinaza		
I	6.83	10.13	12.37	10.39	12.28	52.00	10.40
II	12.39	12.79	11.87	8.23	13.46	58.73	11.75
III	13.76	13.11	10.59	10.93	11.63	60.02	12.00
IV	12.95	11.75	9.39	10.67	11.30	56.06	11.21
∑	45.92	47.77	44.22	40.23	48.67	226.81	45.36
Media	11.48	11.94	11.06	10.06	12.17	56.70	11.34

Tabla 23

Análisis de varianza para longitud de hoja (cm)

F. V	SC	GL	CM	FC	F. T		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Tratamiento	11.214	4	2.804	0.833	3.26	5.41	NS	NS
Bloque	7.537	3	2.512	0.747	3.49	5.95	NS	NS
Error	40.370	12	3.364					
Total	59.121	19			C.V= 16.17%			

El análisis de varianza indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ni entre bloques, ya que los valores de F calculado (0,833 para tratamientos y 0,747 para bloques) son menores que los valores de F tabulado tanto al 5 % como al 1 % de significancia. Por lo tanto, se concluye que los tipos de sustrato evaluados no ejercieron un efecto significativo sobre la variable analizada.

Asimismo, el coeficiente de variabilidad fue de 16,17 %, valor que se considera que los datos presentan un nivel adecuado de precisión experimental, por lo que los resultados

obtenidos pueden considerarse confiables, aun cuando no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 24

Longitud de hoja (cm) de portainjertos de cacao por tratamiento

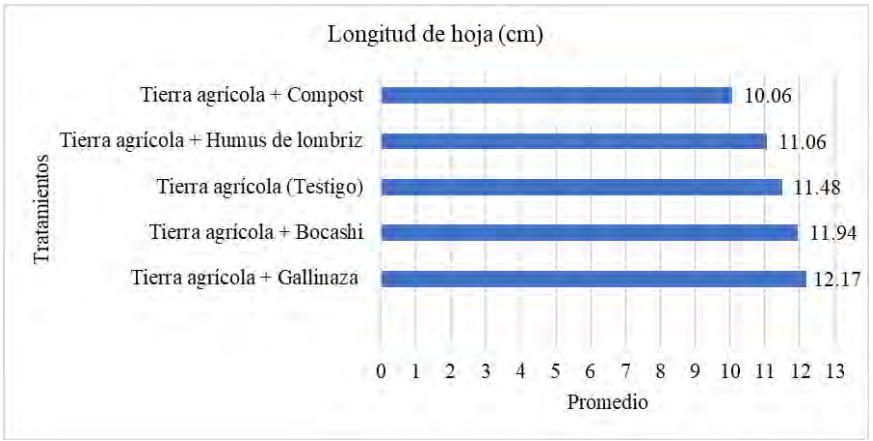
Orden de merito	Tratamientos	Longitud de hoja (cm)
I	Tierra agrícola + Gallinaza	12.17
II	Tierra agrícola + Bocashi	11.94
III	Tierra agrícola (Testigo)	11.48
IV	Tierra agrícola + Humus de lombriz	11.06
V	Tierra agrícola + Compost	10.06

La tabla presenta el orden de mérito de los tratamientos, desde el mayor hasta el menor valor obtenido para la longitud de hoja. Si bien se observan diferencias numéricas entre el primer y el último lugar, el análisis estadístico determinó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

En consecuencia, desde el punto de vista estadístico, los tratamientos mostraron un comportamiento similar para la variable longitud de hoja, por lo que las variaciones observadas responden únicamente a diferencias numéricas y no a un efecto real de los tratamientos evaluados.

Figura 21

Promedio de longitud de hoja (cm) según los tratamientos



Los tipos de sustrato no mostraron diferencias estadísticamente significativas en la longitud de hoja. Sin embargo, según el orden de mérito, el tratamiento tierra agrícola +

gallinaza presentó el mayor promedio (12,17 cm), seguido por tierra agrícola + bocashi (11,94 cm). Ambos superaron a tierra agrícola (testigo) (11,48 cm) y a tierra agrícola + humus de lombriz (11,06 cm). En contraste, el tratamiento tierra agrícola + compost registró el menor promedio, con 10,06 cm. Aunque se observaron diferencias numéricas, estas no fueron estadísticamente significativas.

Al comparar estos resultados con el antecedente de **Angulo *et al.* (2021)**, quienes reportaron una longitud de hoja de 17,21 cm a los 105 días utilizando un volumen de sustrato de 1,5 kg, se observa que los valores del presente estudio (evaluados a los 90 días) son inferiores. Esta diferencia podría atribuirse al mayor periodo de evaluación y al volumen del sustrato empleado en dicho estudio.

VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

7.1. Conclusiones

- **Crecimiento radicular:** Los resultados indican que los 4 sustratos orgánicos evaluados no generaron diferencias estadísticamente significativas. No obstante, se observaron variaciones numéricas entre los tratamientos, destacando la mezcla de tierra agrícola + humus de lombriz para la longitud de la raíz principal (33,88 cm), la mezcla de tierra agrícola + gallinaza para la longitud de la raíz secundaria (24 cm) y la combinación de tierra agrícola + compost para el diámetro de la raíz principal (4,05 mm).

- **Respecto al crecimiento de la parte aérea:** los sustratos orgánicos sí mostraron un efecto significativo sobre la altura de las plantas y el diámetro del tallo. En ambas variables, el tratamiento tierra agrícola + compost presentó los mayores promedios (36,68 cm de altura y 6,72 mm de diámetro), evidenciando un efecto favorable sobre el desarrollo vegetativo de los portainjertos de cacao en vivero.

- Para las variables relacionadas con las hojas, como el ancho y la longitud, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Sin embargo, la mezcla de tierra agrícola + bocashi registró el mayor promedio en ancho de hoja (6,92 cm), mientras que la combinación de tierra agrícola + gallinaza alcanzó el mayor promedio en longitud de hoja (12,17 cm).

- En conjunto, se concluye que la combinación de tierra agrícola con compost constituye una alternativa eficiente para promover el crecimiento de la parte aérea de los portainjertos de cacao bajo condiciones de vivero.

7.2. Sugerencias

1. Se recomienda realizar investigaciones adicionales utilizando otros tipos de sustratos orgánicos y diferentes tipos de portainjertos, con la finalidad de determinar cuál de ellos presenta mejores resultados en relación con los objetivos de crecimiento y desarrollo vegetal.

2. Asimismo, se sugiere profundizar en el tratamiento que mostró significancia estadística (tierra agrícola + compost), evaluando distintas proporciones de mezcla, a fin de optimizar su efecto sobre el desarrollo de las plantas en vivero.

3. Del mismo modo, se recomienda replicar la presente investigación en otras zonas productoras de cacao, considerando variaciones en los sustratos, microclimas y sistemas de manejo en vivero, con el propósito de generar recomendaciones técnicas adaptadas a cada región.

4. Finalmente, se propone como línea futura de investigación la evaluación del contenido de clorofila en las hojas, como indicador del estado nutricional de las plantas en vivero, lo que permitiría determinar en qué condición fisiológica se encuentran antes del injerto.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Agropinos. (2022). *El suelo agricola.* Bogota,Colombia: AgroPinos.

Agrosavia. (2021). *Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de cacao* . Medellin, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria .

Angulo, C., Mathios, M., Racchumi, A., Bardales, R., & Ayala, D. (2021). *Crecimiento de plántulas de cacao (Theobroma cacao L.) en vivero, usando diferentes volúmenes de sustrato.* Tumbes - Peru: Universidad Nacional de Tumbes.

Arvelo, M., González, D., Maroto, S., Arce, M., Delgado, T., & Montoya, P. (2017). *Manual Técnico del Cultivo de Cacao.* San Jose ,Costa Rica : Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Avila, A., Campos, M., Guharay, F., & Camacho, A. (2013). *Aprendiendo e innovando sobre la producción de plantas de cacao en vivero.* San Salvador ,El Salvador: Ayuda Mundial Luterana.

Cahuana, C. (2021). *Evaluación del efecto de diferentes sustratos en el desarrollo de plantines de cacao (Theobroma cacao L.) en el Centro Experimental del CEIBO.* Sapecho , Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.

Carbajal, R. K. (2018). *Efecto de fuente de sustratos orgánicos tratadas con microorganismos eficientes en plantas de cacao (Teobroma cacao L.) bajo condiciones de vivero en chanchamayo.* Cerro de Pasco, Perú: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión .

Castro, S. E., & Pineda, F. E. (2023). *Crecimiento de plantas de cacao en etpa de vivero por efecto de sustratos orgánicos.* Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria .

Cayetano, P., Peña, K., Olivarez, E., & Vargas, S. (2021). *Estudio de vigilancia tecnológica en el cultivo del cacao.* Lima,Peru: INIA.

Doster, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M., Weigend, M., & Luebert, F. (2012). *Hoja botánica; Cacao Theobroma cacao L.* Lima, Perú: Giz,SECO y MINAM.

Estrada, M. (2005). *Manejo y procesamiento de la gallinaza.* Caldas - Colombia: Corporación Universitaria Lasallista.

FAO. (2011). *Elaboración y uso del bocashi.* Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Gómez, R., García, R., Tong, F., & Gonzales, C. (2014). *Paquete tecnológico del cultivo del cacao fino de aroma* . Lima, Perú: Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito.

Gonzáles, T. (2018). *Efecto de dos abonos orgánicos en el crecimiento de plantones de cacao (Theobroma cacao L.) de los clones CCN - 51 e IMC- 67 en vivero* . Huánuco, Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.

INIA. (2008). *Producción y uso del humus de lombriz.* Lima, Peru: Instituto Nacional de Investigación Agraria.

INTAGRI. (2016). *Los abonos orgánicos: beneficios, tipos y contenidos nutrimentales.* Celaya, México: Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura.

Jimenez, F. (2020). *Viveros forestales.* Madrid, España: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentacion.

Linneo, C. (1983). *Especie plantarum.* Estocolmo, Suecia: Laurentius Salvius.

Lucero, A. (2022). *Efecto de cinco sustratos en el crecimiento del cultivo de cacao criollo (Theobroma cacao), en etapa de vivero, Jamalca.* Amazonas, Peru: Universidad Politécnica Amazónica.

Macias, J. (2013). *Comportamiento agronómico de plántulas de cacao (Theobroma cacao L.), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato.* Quevedo, Ecuador: Universidad Tecnica Estatal Quevedo.

MAG. (2021). *Guia tecnica del cultivo de cacao.* El Salvador, San Salvador: IICA.

MIDAGRI. (2024). *Observatorio de commodities - cacao (N° 02-2024).* Lima, Perú: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego.

Moreno, S. (2020). *Evaluación de sustratos, para la germinación y desarrollo vegetativo de las especies (Theobroma cacao L.), (Cedrela odorata L.) y (Clathrotropis brunnea A.), en el municipio de Girón Santander* . Giron, Colombia: Universidad Nacional Abierta a Distancia.

Paredes, M. (2003). *Manual de cultivo del cacao.* Lima, Peru: Ministerio de Agricultura.

Ricárdez, J., Gómez, R., Alvarez, J., Fernández, J., Jarquín, A., & Ramos, R. (2020). *Vermicomposta y micorriza arbuscular, su efecto en la nutrición del cacao en fase de invernadero.* Villahermosa, México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Rodriguez, A. (2022). *Tipos de sustrato para plantas.* Barcelona, España: BeGreen.

Rojas, R., & Rodriguez, C. (2017). *Cacao chuncho.* Cusco, Peru: Universidad Peruana Cayetano Heredia.

Roman, P., Martínez, M., & Pantoja. (2013). *Manual de compostaje del agricultor.* Roma, Italia: FAO.

Sandoval, A., Martínez, N., & Horta, H. (2021). *Innovación tecnológica en cacao Andino.* Washington, Estados Unidos : Banco Interamericano de Desarrollo.

Vargas, H., Santa Cruz, F., & Lizárraga, A. (2020). *Efecto de tamaño de envases y tres tipos de sustratos para la obtención de portainjerto de Cacao (Theobroma cacao L.) en vivero.* Tumbes, Perú: Universidad Nacional de Tumbes.

Velalcazar, K. (2019). *Factor sustrato y cobertura en la germinación y desarrollo inicial de patrones de cacao (Theobroma cacao L.) en vivero, finca experimental La Represa.* Quevedo, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Villanueva, L. (2018). *Efecto de los abonos orgánicos compost, guano de isla y gallinaza en el crecimiento de plantones de cacao (Theobroma cacao L.) en Tingo María.* Huanuco , Peru: Universidad Nacional Agraria de la Selva.

IX. ANEXO

Anexo 1. Registro fotográfico de las actividades

Figura 22

Preparación de sustratos



Figura 23

Parcela experimental



Figura 24

Semilla de cacao listo para la siembra



Figura 25

Plántula de cacao en vivero



Figura 26

Medición de altura de plántulas a los 30 días



Figura 27

Parcela a los 60 días



Figura 28

Parcela a los 90 días



Figura 29

Evaluación de la raíz a los 90 días



Figura 30

Riego con manguera



Anexo 02: Análisis de Sustrato

Resultado de laboratorio 1

Análisis de fertilidad del suelo agrícola (Tierra agrícola)

VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : BIOPLAG EIRL
PREDIO : ARTURO D.
MATRIZ : SUELO AGRICOLA

ANÁLISIS N° : 1031-05AD -2024
LUGAR : CUZCO
FECHA DE RECEP. : 3/06/2024

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACION CON MICRONUTRIENTES DISPONIBLES
MUESTRA: MUESTRA N. 05 - SECTOR. LA CONVENCIÓN

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	51.65	%		
Limo	30.15	%		
Arcilla	18.20	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO			
Porcentaje de Saturación de Agua	36.88	%	MES - 002	Gravimétrico
Carbonato de Calcio Total	< 0.01	%	MES - 003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	0.72	dS / m	MES - 004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp = 22.7 °C	5.46		MES - 005	Electrométrico
Fósforo Disponible	38.98	ppm	MES - 006	Bray I
Materia Orgánica	3.59	%	MES - 007	Walkley y Black
Nitrógeno Total	0.21	%	MES - 008	Kjeldahl
Potasio Disponible	84.20	ppm	MES - 009	Acetato de Amonio
Cationes Cambiables				**Extractante: Ac. Amonio**
Calcio	6.80	mEq / 100 g	MES - 010	FAAS
Magnesio	1.09	mEq / 100 g	MES - 011	FAAS
Sodio	0.29	mEq / 100 g	MES - 012	FAAS
Potasio	0.20	mEq / 100 g	MES - 013	FAAS
Aluminio + Hidrógeno	0.32	mEq / 100 g	MES - 014	KCl / Volumétrico
P.A.I	3.66	%	MES - 015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	8.71	mEq / 100 g	MES - 017	Cálculo Matemático
Micronutrientes Disponibles				**Extractante: DTPA**
Cobre	6.87	ppm.	MES - 018	FAAS
Zinc	2.38	ppm.	MES - 019	FAAS
Manganeso	23.38	ppm.	MES - 020	FAAS
Hierro	136.79	ppm.	MES - 021	FAAS
				Extractante: $CaCl_2.2H_2O$
Boro	0.28	ppm.	MES - 022	Colorimétrico

DONDE:
E.S : Extracto de Saturación.
(1/1) : Relación Masa del Suelo / Volumen del Agua.
P.A.I : Porcentaje de Acidez Intercambiable.
C.I.C.E. : Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo.

% : Masa / Masa.
ppm : mg / Kg.
MES : Método Propio del Laboratorio.
FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama.

NOTA:
1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
2: Se prohibe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola

MSc. Quim. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO

LABORATORIO DE QUÍMICA AGRÍCOLA - Cañete - Valle Grande

MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2261 I Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe I Web: www.vallegrande.edu.pe

Resultado de laboratorio 2.

Análisis de fertilidad del compost

VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE	: BIOPLAG EIRL	ANÁLISIS N° :	1031-04AD-2024
PREDIO	: ARTURO D.	LUGAR:	Cuzco
MATRIZ	: COMPOST	FECHA DE RECEP.:	3/6/2024

INFORME DE ANÁLISIS DE ENMIENDA ORGÁNICA SÓLIDA - NUTRICIONAL
MUESTRA 4: COMPOST – ARTURO DURAN - 1 8 -06-24

PARAMETRO		RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
pH a Tem 23.8 °C (E.S)		8.80		MEOS - 001	Electrométrico
Conductividad Eléctrica a 25 °C. (E.S.)		15.24	dS/m	MEOS - 002	Electrométrico
Carbonato de Calcio		6.51	%	MEOS - 003	Gravimétrico
Humedad		18.87	%	MEOS - 004	Gravimétrico
Materia Orgánica		38.33	%	MEOS - 005	Gravimétrico
Carbono Orgánico		22.24	%	MEOS - 025	Cálculo
Cenizas Solubles (*)		9.48	%	MEOS - 006	Gravimétrico
Impurezas		26.81	%	MEOS - 007	Gravimétrico
Nitrógeno Total	(N_T)	1.94	%	MEOS - 008	Dumas
Fósforo Total	(P2O5)	1.21	%	MEOS - 009	Colorimétrico
Potasio Total	(K2O)	3.07	%	MEOS - 010	FAAS
Calcio Total	(CaO)	0.92	%	MEOS - 011	FAAS
Magnesio Total	(MgO)	0.63	%	MEOS - 012	FAAS
Azufre Total	(S)	0.22	%	MEOS - 013	Turbidimétrico
Sodio Total	(Na)	0.15	%	MEOS - 014	FAAS
CloroTotal	(Cl)	0.13	%	MEOS - 015	Argentométrico
Cobre Total	(Cu)	34.75	ppm	MEOS - 016	FAAS
Zinc Total	(Zn)	79.65	ppm	MEOS - 017	FAAS
Manganeso Total	(Mn)	213.10	ppm	MEOS - 018	FAAS
Hierro Total	(Fe)	5158.50	ppm	MEOS - 019	FAAS
Boro Total	(B)	55.00	ppm	MEOS - 020	Colorimétrico
C / N		11.46		MEOS - 026	Cálculo

Los resultados están expresados en muestra original.

DONDE:

(*)	: Cenizas disueltas en HCl 50 % (v/v)		
%	: Masa / Masa	FAAS	: Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
ppm	: mg / Kg	MEOS	: Método Propio del Laboratorio.
(E.S)	: Extracto de Saturación		

NOTA:
1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO

LABORATORIO DE QUIMICA AGRICOLA Cañete Valle Grande

MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2261 I Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe I Web: www.vallegrande.edu.pe

Resultado de laboratorio 3.

Análisis de fertilidad del humus de lombriz

VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : BIOPLAG EIRL
PREDIO : ARTURO D.
MATRIZ : HUMUS

ANÁLISIS Nº : 1031-03AD-2024
LUGAR: Cuzco
FECHA DE RECEP.: 3/6/2024

INFORME DE ANÁLISIS DE ENMIENDA ORGÁNICA SÓLIDA - NUTRICIONAL
MUESTRA 3: HUMUS – ARTURO DURAN - 1 8 -06-24

PARAMETRO		RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
pH a Tem 23.8 °C (E.S)		7.27		MEOS - 001	Electrométrico
Conductividad Eléctrica a 25 °C. (E.S.)		8.97	dS/m	MEOS - 002	Electrométrico
Carbonato de Calcio		7.53	%	MEOS - 003	Gravimétrico
Humedad		48.00	%	MEOS - 004	Gravimétrico
Materia Orgánica		31.67	%	MEOS - 005	Gravimétrico
Carbono Orgánico		22.20	%	MEOS - 025	Cálculo
Cenizas Solubles (*)		9.45	%	MEOS - 006	Gravimétrico
Impurezas		29.82	%	MEOS - 007	Gravimétrico
Nitrógeno Total	(N_T)	1.95	%	MEOS - 008	Dumas
Fósforo Total	(P2O5)	1.23	%	MEOS - 009	Colorimétrico
Potasio Total	(K2O)	0.48	%	MEOS - 010	FAAS
Calcio Total	(CaO)	4.92	%	MEOS - 011	FAAS
Magnesio Total	(MgO)	0.82	%	MEOS - 012	FAAS
Azufre Total	(S)	0.25	%	MEOS - 013	Turbidimétrico
Sodio Total	(Na)	0.17	%	MEOS - 014	FAAS
CloroTotal	(Cl)	0.11	%	MEOS - 015	Argentométrico
Cobre Total	(Cu)	24.75	ppm	MEOS - 016	FAAS
Zinc Total	(Zn)	59.65	ppm	MEOS - 017	FAAS
Manganeso Total	(Mn)	262.10	ppm	MEOS - 018	FAAS
Hierro Total	(Fe)	5152.50	ppm	MEOS - 019	FAAS
Boro Total	(B)	50.00	ppm	MEOS - 020	Colorimétrico
C / N		11.75		MEOS - 026	Cálculo

Los resultados están expresados en muestra original.

DONDE:

(*) : Cenizas disueltas en HCl 50 % (v/v)
% : Masa / Masa
ppm : mg / Kg
(E.S) : Extracto de Saturación
FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
MEOS : Método Propio del Laboratorio.

NOTA:
1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quim. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO

MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2261 I Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe I Web: www.vallegrande.edu.pe

Resultado de laboratorio 4.

Análisis de fertilidad del Bocashi

VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : BIOPLAG EIRL
PREDIO : ARTURO D.
MATRIZ : BOCASHI

ANÁLISIS Nº : 1031-02AD-2024
LUGAR: Cuzco
FECHA DE RECEP.: 3/6/2024

INFORME DE ANÁLISIS DE ENMIENDA ORGÁNICA SÓLIDA - NUTRICIONAL
MUESTRA 2: BOCASHI – ARTURO DURAN - 1 8 -06-24

PARAMETRO		RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
pH a Tem 23.8 °C (E.S)		8.12		MEOS - 001	Electrométrico
Conductividad Eléctrica a 25 °C. (E.S.)		4.87	dS/m	MEOS - 002	Electrométrico
Carbonato de Calcio		8.72	%	MEOS - 003	Gravimétrico
Humedad		26.20	%	MEOS - 004	Gravimétrico
Materia Orgánica		15.69	%	MEOS - 005	Gravimétrico
Carbono Orgánico		18.72	%	MEOS - 025	Cálculo
Cenizas Solubles (*)		19.41	%	MEOS - 006	Gravimétrico
Impurezas		18.82	%	MEOS - 007	Gravimétrico
Nitrógeno Total	(N_T)	1.98	%	MEOS - 008	Dumas
Fósforo Total	(P_2O_5)	0.74	%	MEOS - 009	Colorimétrico
Potasio Total	(K_2O)	0.81	%	MEOS - 010	FAAS
Calcio Total	(CaO)	1.80	%	MEOS - 011	FAAS
Magnesio Total	(MgO)	1.07	%	MEOS - 012	FAAS
Azufre Total	(S)	0.41	%	MEOS - 013	Turbidimétrico
Sodio Total	(Na)	0.86	%	MEOS - 014	FAAS
CloroTotal	(Cl)	0.10	%	MEOS - 015	Argentométrico
Cobre Total	(Cu)	14.78	ppm	MEOS - 016	FAAS
Zinc Total	(Zn)	109.65	ppm	MEOS - 017	FAAS
Manganeso Total	(Mn)	152.40	ppm	MEOS - 018	FAAS
Hierro Total	(Fe)	352.50	ppm	MEOS - 019	FAAS
Boro Total	(B)	35.00	ppm	MEOS - 020	Colorimétrico
C / N		8.89		MEOS - 026	Cálculo

Los resultados están expresados en muestra original.

DONDE:

(*) : Cenizas disueltas en HCl 50 % (v/v)
% : Masa / Masa
ppm : mg / Kg
(E.S) : Extracto de Saturación
FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
MEOS : Método Propio del Laboratorio.

NOTA:
1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quim. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO

MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2261 I Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe I Web: www.vallegrande.edu.pe

Resultado de laboratorio 5.

Análisis de fertilidad de la gallinaza

VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : BIOPLAG EIRL — **ANÁLISIS N° :** 1031-01AD-2024
PREDIO : ARTURO D. — **LUGAR:** Cuzco
MATRIZ : GALLINAZA — **FECHA DE RECEP.:** 3/6/2024

INFORME DE ANÁLISIS DE ENMIENDA ORGÁNICA SÓLIDA - NUTRICIONAL
MUESTRA 1: GALLINAZA – ARTURO DURAN - 1 8 -06-24

PARAMETRO		RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
pH a Tem 23.8 °C (E.S)		6.6		MEOS - 001	Electrométrico
Conductividad Eléctrica a 25 °C. (E.S.)		22.2	dS/m	MEOS - 002	Electrométrico
Carbonato de Calcio		7.50	%	MEOS - 003	Gravimétrico
Humedad		16.20	%	MEOS - 004	Gravimétrico
Materia Orgánica		32.69	%	MEOS - 005	Gravimétrico
Carbono Orgánico		20.00	%	MEOS - 025	Cálculo
Cenizas Solubles (*)		39.42	%	MEOS - 006	Gravimétrico
Impurezas		28.83	%	MEOS - 007	Gravimétrico
Nitrógeno Total	(N_T)	1.50	%	MEOS - 008	Dumas
Fósforo Total	(P2O5)	3.60	%	MEOS - 009	Colorimétrico
Potasio Total	(K2O)	2.80	%	MEOS - 010	FAAS
Calcio Total	(CaO)	16.20	%	MEOS - 011	FAAS
Magnesio Total	(MgO)	1.09	%	MEOS - 012	FAAS
Azufre Total	(S)	0.42	%	MEOS - 013	Turbidimétrico
Sodio Total	(Na)	0.36	%	MEOS - 014	FAAS
CloroTotal	(Cl)	0.11	%	MEOS - 015	Argentométrico
Cobre Total	(Cu)	34.78	ppm	MEOS - 016	FAAS
Zinc Total	(Zn)	79.65	ppm	MEOS - 017	FAAS
Manganeso Total	(Mn)	412.10	ppm	MEOS - 018	FAAS
Hierro Total	(Fe)	4052.50	ppm	MEOS - 019	FAAS
Boro Total	(B)	45.00	ppm	MEOS - 020	Colorimétrico
C / N		12.78		MEOS - 026	Cálculo

Los resultados están expresados en muestra original.

DONDE:

(*) : Cenizas disueltas en HCl 50 % (v/v)
% : Masa / Masa
ppm : mg / Kg
(E.S) : Extracto de Saturación
FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
MEOS : Método Propio del Laboratorio.

NOTA:
1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quim. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO

LABORATORIO DE QUÍMICA AGRÍCOLA · Cañete · Valle Grande

MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2261 I Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe I Web: www.vallegrande.edu.pe

Anexo 03: resultados de la evaluación

Tabla 25

Longitud de raíz principal (cm) – Bloque I

	Clave	Numero de plantas					Promedio
		1	2	3	4	5	
Bloque I	T-1	38.50	36.80	32.80	32.40	37.00	35.50
	T-2	23.00	23.10	21.30	20.50	22.10	22.00
	T-3	32.00	38.00	45.00	42.00	43.00	40.00
	T-4	32.00	29.30	29.50	29.00	30.20	30.00
	T-5	19.50	23.30	18.00	20.50	21.20	20.50

Tabla 26

Longitud de raíz principal (cm) – Bloque II

	Clave	Numero de plantas					Promedio
		1	2	3	4	5	
Bloque II	T-1	31.20	40.20	30.80	34.80	35.50	34.50
	T-2	30.20	30.30	31.50	30.80	30.40	30.64
	T-3	28.00	31.00	30.00	40.00	36.00	33.00
	T-4	29.00	30.00	28.00	27.00	31.00	29.00
	T-5	40.40	34.00	38.50	41.30	35.80	38.00

Tabla 27

Longitud de raíz principal (cm) – Bloque III

	Clave	Numero de plantas					Promedio
		1	2	3	4	5	
Bloque III	T-1	31.00	34.50	39.00	41.10	34.40	36.00
	T-2	31.10	29.50	34.70	36.20	31.00	32.50
	T-3	32.50	34.00	31.00	30.50	29.50	31.50
	T-4	20.50	20.00	25.00	25.00	19.50	22.00
	T-5	22.50	23.80	26.10	22.00	20.80	23.04

Tabla 28

Longitud de raíz principal (cm) – Bloque IV

	Clave	Numero de plantas					Promedio
		1	2	3	4	5	
Bloque IV	T-1	27.50	35.00	26.50	19.50	31.50	28.00
	T-2	30.70	27.50	25.00	24.50	27.30	27.00
	T-3	35.00	27.00	29.00	33.00	31.00	31.00
	T-4	31.60	32.00	28.00	27.40	26.00	29.00
	T-5	36.70	41.10	45.80	39.40	42.00	41.00

Tabla 29

Longitud de raíz secundaria (cm) - Bloque I

	Clave	Numero de plantas					Promedio
		1	2	3	4	5	
Bloque I	T-1	20.00	19.50	20.50	17.50	20.00	19.50
	T-2	16.00	14.00	15.00	14.00	16.00	15.00
	T-3	15.00	17.00	18.00	17.00	18.00	17.00
	T-4	22.90	23.20	21.00	20.50	22.40	22.00
	T-5	22.00	17.00	17.00	16.00	18.00	18.00

Tabla 30

Longitud de raíz secundaria (cm) – Bloque II

	Clave	Numero de plantas					Promedio
		1	2	3	4	5	
Bloque II	T-1	20.50	24.60	22.00	24.60	23.30	23
	T-2	26.00	19.50	23.30	22.50	23.70	23
	T-3	14.00	16.00	14.00	15.00	16.00	15
	T-4	21.00	19.50	22.00	23.00	24.50	22
	T-5	28.50	19.50	27.00	25.50	29.50	26

Tabla 31

Longitud de raíz secundaria (cm) – Bloque III

	Clave	Numero de plantas					Promedio
		1	2	3	4	5	
Bloque III	T-1	19.90	15.00	16.00	15.70	18.40	17
	T-2	23.50	17.00	22.00	21.30	26.20	22
	T-3	25.00	22.00	28.50	23.50	21.00	24
	T-4	23.50	16.00	18.50	22.00	20.00	20
	T-5	24.00	31.00	24.00	32.00	19.00	26

Tabla 32

Longitud de raíz secundaria (cm) – Bloque IV

	Clave	Numero de plantas					Promedio
		1	2	3	4	5	
Bloque IV	T-1	23.70	20.30	18.00	17.00	18.50	19.50
	T-2	27.50	17.00	23.00	25.30	22.20	23.00
	T-3	10.50	14.70	14.00	19.50	16.30	15.00
	T-4	16.00	19.50	29.00	21.50	24.00	22.00
	T-5	23.10	25.50	24.00	27.40	30.00	26.00

Tabla 33

Diámetro de raíz principal (mm) – Bloque I

	Clave	Numero de plantas					Promedio
		1	2	3	4	5	
Bloque I	T-1	4.70	5.67	3.86	4.12	3.15	4.30
	T-2	3.29	5.02	3.57	3.00	5.10	4.00
	T-3	3.90	2.30	3.13	4.00	2.18	3.10
	T-4	2.20	2.56	3.34	2.71	3.46	2.85
	T-5	2.64	3.89	3.13	4.10	5.00	3.75

Tabla 34

Diámetro de raíz principal (mm) – Bloque II

	Clave	Numero de plantas					Promedio
		1	2	3	4	5	
Bloque II	T-1	3.80	3.10	2.87	4.00	3.46	3.45
	T-2	1.67	1.76	2.56	4.19	1.34	2.30
	T-3	2.35	4.70	3.56	5.25	2.12	3.60
	T-4	4.80	3.67	3.80	5.94	4.56	4.55
	T-5	3.30	4.00	3.21	3.18	3.31	3.40

Tabla 35

Diámetro de raíz principal (mm) – Bloque III

	Clave	Numero de plantas					Promedio
		1	2	3	4	5	
Bloque III	T-1	3.78	2.50	3.53	4.00	3.45	3.45
	T-2	3.20	4.20	2.96	4.00	2.14	3.30
	T-3	3.40	3.80	3.43	4.78	3.09	3.70
	T-4	2.40	5.00	5.11	2.00	4.00	3.70
	T-5	2.34	3.50	2.45	3.68	1.78	2.75

Tabla 36

Diámetro de raíz principal (mm) – Bloque IV

	Clave	Numero de plantas					Promedio
		1	2	3	4	5	
Bloque IV	T-1	3.23	2.40	3.08	4.12	3.17	3.20
	T-2	1.51	3.15	2.22	4.21	2.18	2.65
	T-3	3.00	5.00	3.40	3.33	3.75	3.70
	T-4	3.88	3.40	7.03	4.12	7.06	5.10
	T-5	3.80	3.60	6.00	2.80	3.78	4.00

Tabla 37

Altura de planta (cm) – Bloque I

Clave	Numero de plantas										$\bar{x}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
T-1	35.50	26.00	31.60	26.00	26.20	36.00	28.50	29.00	31.50	25.70	29.60
T-2	22.60	25.00	24.50	26.00	24.40	23.00	23.50	25.00	23.50	24.50	24.20
T-3	31.00	28.00	33.00	31.00	37.00	40.00	38.00	38.00	28.00	32.00	33.60
T-4	25.50	30.00	22.00	25.00	29.00	37.00	33.00	21.00	23.50	35.00	28.10
T-5	20.20	26.50	29.00	19.50	24.90	25.00	27.40	19.00	23.00	33.50	24.80

Tabla 38

Altura de planta (cm) – Bloque II

Clave	Numero de plantas										$\bar{x}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
T-1	19.00	39.00	37.00	23.00	38.00	35.00	34.00	30.00	27.00	20.00	30.20
T-2	20.00	18.40	19.00	17.00	19.80	18.00	20.50	19.00	23.00	17.30	19.20
T-3	31.70	28.00	29.00	28.50	32.50	29.00	26.60	33.00	27.40	24.00	28.97
T-4	50.00	48.00	39.00	40.00	40.00	38.00	49.00	41.00	37.00	30.00	41.20
T-5	39.20	45.00	36.20	38.00	43.50	44.00	38.00	30.50	48.00	41.60	40.40

Tabla 39

Altura de planta (cm) – Bloque III

Clave	Numero de plantas										$\bar{x}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
T-1	26.20	37.00	36.00	36.30	25.00	29.00	28.00	32.00	24.50	31.00	30.50
T-2	23.00	17.60	21.00	21.00	20.40	22.00	19.50	21.00	23.00	19.50	20.80
T-3	46.00	38.00	28.50	24.00	33.20	25.60	33.50	27.00	21.00	20.20	29.70
T-4	40.20	38.00	32.70	30.50	31.60	39.00	37.50	34.00	42.00	36.50	36.20
T-5	40.70	30.50	35.30	28.50	27.50	31.50	28.90	34.00	29.60	32.50	31.90

Tabla 40

Altura de planta (cm) – Bloque IV

Clave	Numero de plantas										$\bar{x}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
T-1	33.50	28.50	30.00	28.70	30.40	28.00	35.00	21.40	31.50	35.00	30.20
T-2	19.00	20.20	18.50	19.00	18.10	21.00	20.00	19.40	19.00	17.80	19.20
T-3	36.50	30.00	30.40	19.00	26.00	20.50	21.00	40.80	35.00	30.50	28.97
T-4	43.40	31.50	39.50	48.00	42.50	36.40	41.40	38.00	47.50	43.80	41.20
T-5	37.00	48.50	39.00	34.00	44.40	34.00	35.50	42.00	49.00	40.60	40.40

Tabla 41

Diámetro del tallo (mm) – Bloque I

Clave	Numero de plantas										$\bar{x}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
T-1	6.82	6.20	6.50	5.80	6.40	6.75	5.50	6.28	6.58	6.54	6.34
T-2	6.60	5.37	5.18	5.20	4.20	5.90	5.60	4.38	4.89	5.10	5.24
T-3	6.00	6.80	7.20	6.70	4.40	7.60	6.00	7.90	6.40	7.50	6.65
T-4	7.48	5.00	7.02	4.40	5.20	8.04	7.50	6.70	6.50	6.96	6.48
T-5	6.80	7.74	7.30	5.50	5.60	6.20	5.00	6.80	6.80	8.20	6.59

Tabla 42

Diámetro del tallo (mm) – Bloque II

Clave	Numero de plantas										$\bar{x}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
T-1	6.73	5.82	6.70	7.00	5.50	4.78	6.70	6.70	6.34	5.10	6.14
T-2	5.15	4.25	5.80	5.60	4.32	5.90	5.80	5.50	4.13	5.30	5.18
T-3	4.90	6.38	6.14	7.40	6.20	5.67	7.83	6.36	5.86	5.69	6.24
T-4	6.40	6.70	8.10	6.60	6.00	7.40	6.80	6.20	10.00	7.50	7.17
T-5	6.40	8.16	6.65	7.50	6.20	7.20	6.80	8.62	6.50	6.35	7.04

Tabla 43

Diámetro del tallo (mm) – Bloque III

Clave	Numero de plantas										$\bar{x}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
T-1	5.27	6.80	6.90	5.43	5.50	6.50	6.50	4.60	5.10	6.34	5.89
T-2	5.24	5.48	4.96	5.54	4.32	5.35	4.67	5.09	5.60	4.12	5.04
T-3	7.20	6.25	7.50	5.36	7.40	6.60	6.10	6.00	5.30	7.48	6.52
T-4	5.80	6.55	6.10	5.60	6.87	7.34	6.41	6.74	5.69	7.67	6.48
T-5	5.98	6.10	5.47	5.74	5.80	6.50	6.10	6.20	6.14	7.00	6.10

Tabla 44

Diámetro del tallo (mm) - Bloque IV

Clave	Numero de plantas										$\bar{x}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
T-1	6.25	5.20	6.76	5.46	6.67	6.50	6.92	5.70	7.04	6.43	6.29
T-2	5.90	5.97	4.16	4.86	6.60	5.32	4.24	5.80	4.95	5.98	5.38
T-3	6.80	6.23	5.90	6.44	6.74	6.50	6.30	5.78	5.20	7.20	6.31
T-4	7.70	7.00	7.50	5.37	6.70	6.70	5.50	8.20	7.00	5.80	6.75
T-5	5.43	7.10	5.21	7.60	6.30	6.50	5.22	6.50	6.29	8.37	6.45

Tabla 45

Ancho de hoja (cm) – Bloque I

	Clave	Numero de plantas							$\bar{x}$
		1	2	3	4	5	6	7	
Bloque I	T-1	4.34	5.83	4.65	5.50	5.40	4.70	5.30	5.10
	T-2	6.80	6.67	6.36	6.83	7.67	5.50	5.85	6.53
	T-3	6.33	7.33	6.67	6.67	8.33	6.90	7.00	7.03
	T-4	4.67	5.05	6.67	5.50	4.33	6.34	6.65	5.60
	T-5	8.17	7.00	6.67	6.50	6.17	7.00	8.00	7.07

Tabla 46

Ancho de hoja (cm) – Bloque II

	Clave	Numero de plantas							$\bar{x}$
		1	2	3	4	5	6	7	
Bloque II	T-1	6.17	6.50	5.60	6.50	6.83	5.70	6.30	6.23
	T-2	7.60	6.95	7.53	6.80	7.16	7.56	7.00	7.23
	T-3	7.33	5.67	6.17	6.33	6.67	6.50	7.54	6.60
	T-4	5.00	4.60	4.50	7.10	5.00	5.00	5.00	5.17
	T-5	6.33	8.40	7.90	7.50	5.50	8.33	7.87	7.40

Tabla 47

Ancho de hoja (cm) – Bloque III

	Clave	Numero de plantas							$\bar{x}$
		1	2	3	4	5	6	7	
Bloque III	T-1	7.30	6.73	6.85	6.50	7.80	6.84	7.50	7.07
	T-2	6.73	7.17	7.87	6.55	6.20	7.45	7.50	7.07
	T-3	7.33	7.00	5.00	5.50	5.83	5.90	5.45	6.00
	T-4	7.50	7.22	6.33	6.50	5.33	5.60	6.80	6.47
	T-5	7.00	7.76	6.83	6.00	5.83	6.50	7.65	6.80

Tabla 48

Ancho de hoja (cm) – Bloque IV

	Clave	Numero de plantas							$\bar{x}$
		1	2	3	4	5	6	7	
Bloque IV	T-1	6.75	7.67	7.84	6.66	7.60	7.10	7.45	7.30
	T-2	6.33	7.44	6.94	7.77	6.34	6.50	7.50	6.97
	T-3	7.00	5.13	6.33	5.00	7.33	5.00	5.00	5.83
	T-4	7.00	5.00	5.33	6.33	6.00	6.60	6.20	6.07
	T-5	5.67	5.00	6.83	6.17	5.67	5.30	5.26	5.70

Tabla 49

Longitud de hoja (cm) – Bloque I

	Clave	Numero de plantas							$\bar{x}$
		1	2	3	4	5	6	7	
Bloque I	T-1	9.00	6.50	7.00	6.65	6.00	5.75	6.90	6.83
	T-2	9.50	11.45	10.43	9.00	9.80	10.50	10.20	10.13
	T-3	14.90	13.63	13.33	17.00	10.10	8.15	9.50	12.37
	T-4	10.00	11.33	11.10	8.43	9.20	11.50	11.20	10.39
	T-5	10.50	11.73	12.73	10.93	13.47	14.50	12.10	12.28

Tabla 50

Longitud de hoja (cm) – Bloque II

	Clave	Numero de plantas							$\bar{x}$
		1	2	3	4	5	6	7	
Bloque II	T-1	12.50	12.53	14.10	12.80	10.67	11.00	13.10	12.39
	T-2	10.27	14.50	11.13	15.00	10.90	14.50	13.20	12.79
	T-3	10.90	11.17	12.20	11.47	11.00	13.50	12.85	11.87
	T-4	9.50	8.08	7.50	8.00	9.00	8.20	7.32	8.23
	T-5	15.60	12.50	10.40	11.43	14.50	16.35	13.43	13.46

Tabla 51

Longitud de hoja (cm) – Bloque III

	Clave	Numero de plantas							$\bar{x}$
		1	2	3	4	5	6	7	
Bloque III	T-1	13.03	13.80	13.40	12.30	14.30	15.00	14.50	13.76
	T-2	14.30	14.75	13.00	9.50	9.40	16.11	14.68	13.11
	T-3	9.60	12.70	9.50	9.32	11.65	10.70	10.67	10.59
	T-4	9.63	11.07	9.70	9.30	11.63	12.50	12.70	10.93
	T-5	13.07	8.67	13.60	13.87	11.37	9.85	11.00	11.63

Tabla 52

Longitud de hoja (cm) – Bloque IV

	Clave	Numero de plantas							$\bar{x}$
		1	2	3	4	5	6	7	
Bloque IV	T-1	13.67	12.33	12.80	12.80	11.23	13.50	14.30	12.95
	T-2	11.50	9.80	10.00	13.03	13.87	11.60	12.45	11.75
	T-3	9.50	9.47	10.30	9.50	8.90	9.10	8.95	9.39
	T-4	10.90	12.05	9.50	8.50	13.47	10.30	10.00	10.67
	T-5	12.97	13.43	10.97	11.23	10.43	9.50	10.55	11.30