

Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas

Facultad de Ingeniería y Ciencias

Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma



**“Efecto del compost de escobajo de palma aceitera en el crecimiento de
plantones de cacao bajo condiciones de vivero en Yurimaguas”.**

Tesis

para la obtención de Título Profesional de Ingeniero Agrónomo

Bach. Agrón. Bill Anthony Meza Salas

Asesor:

Dr. Oscar Alejandro Tuesta Hidalgo

Yurimaguas – Perú

2025

MDJ-02. DECLARACIÓN DE AUTORÍA


Dr. Marco Antonio Mathios Flores de la Facultad de Ingeniería y Ciencias, Programa de Estudios de Agronomía, de la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: “Efecto del compost de escobajo de palma aceitera en el crecimiento de plántones de cacao bajo condiciones de vivero en Yurimaguas”, constituye la memoria que presenta el Bachiller Bill Anthony Meza Salas para aspirar al título de Profesional en Cincas Agronómicas. Ha sido realizado en la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Yurimaguas, a los 13 Días del mes de noviembre Del año 2025.



Dr. Oscar Alejandro Tuesta Hidalgo
Asesor

Efecto del compost de escobajo de palma aceitera en el crecimiento de
plantones de cacao bajo condiciones de vivero en Yurimaguas.

TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo

JURADO CALIFICADOR



Dr. Luis Alberto Arévalo
López
Presidente



Dr. Hipolito Murga Orrillo
Miembro



Mg. Magno Rosendo Reyes
Bedriñana
Miembro



Dr. Oscar Alejandro Tuesta
Hidalgo
Asesor

Yurimaguas, 13 de abril del 2022

Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas

Facultad de Ingeniería y Ciencias

Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma



**“Efecto del compost de escobajo de palma aceitera en el crecimiento de
plantones de cacao bajo condiciones de vivero en Yurimaguas”.**

Informe de tesis para la obtención de Título Profesional de Ingeniero
Agrónomo

Bach. Agrón. Bill Anthony Meza Salas

Bill Anthony Meza Salas

Tesista

Dr. Oscar Alejandro Tuesta

Asesor

Yurimaguas, Perú

2025

DEDICATORIA

Ante todo, dedico a nuestro dios que supo llevarme por un buen camino, dándome fuerzas para seguir adelante en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados, a pesar de todas las adversidades en el camino.

Dedico en especial a mis padres Teddy Meza y Loysi Salas por haber formado en mí, el deseo de superación con humildad, por brindarme su apoyo y consejos para hacer de mí una mejor persona, por ser el motor y motivo para llegar a concluir este proyecto.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas por el respaldo académico que me ha proporcionado durante mi trayectoria académica.

A mi asesor de tesis, el Dr. Oscar Alejandro Tuesta Hidalgo, por la confianza que deposito en mi persona, por su dedicación en el asesoramiento, en la supervisión y elaboración de este documento, por compartir sus conocimientos en el campo, sus indicaciones y orientaciones en el desarrollo de este trabajo. Destacando la buena actitud que lo caracteriza.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma de la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas por las enseñanzas y experiencias que sirvieron para desenvolverme tanto en la formación académica profesional, así como en el desarrollo de este proyecto.

A mis honorables padres al iluminarme con la vida y por enseñarme a vivirla y, por último, a quienes no puedo dejar de recordarlos y no por ser menos importante a todos mis familiares y amigos.

RESUMEN

El trabajo de investigación se basó en buscar alternativas que contribuyan a la producción sostenible de plántones de cacao (*Theobroma cacao*) de calidad, mejorando el manejo del sustrato de un suelo franco arcilloso (SFA) en condiciones de vivero. Este estudio evaluó el efecto del compost de escobajo de palma aceitera (CEPA) en el crecimiento de plántones de cacao bajo condiciones de vivero en el fundo Santa Morayma, Yurimaguas, Perú. Se probaron seis tratamientos en un diseño completamente al azar: utilizando macetas donde se distribuyeron los tratamientos de la siguiente manera T0 (4,82 kg de SFA Testigo), T1 (0,48 kg de CEPA + 4,34 kg de SFA), T2 (1,20 kg de CEPA + 3,62 kg de SFA), T3 (1,92 kg de CEPA + 2,90 kg de SFA), T4 (3,85 kg de CEPA + 0,97 kg de SFA) y T5 (4,82 kg de CEPA). A los 150 días se midieron los parámetros de crecimiento: altura, diámetro de tallo, área foliar, longitud y volumen radicular, y biomasa. Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) en altura de plántones, área foliar y en la biomasa seca radicular entre los tratamientos, esto se atribuye a la riqueza nutricional del suelo, que representa el T0. Sin embargo, T5 maximizó significativamente ($p < 0,05$) la biomasa total (aérea y radicular), con un 28% más de biomasa que el T0. La aplicación de compost mejoró proporcionalmente las propiedades físicas del suelo y la disponibilidad de nutrientes. El diámetro de tallo y la biomasa aérea mostraron respuestas de dosis-dependientes, con el mayor crecimiento a partir de 3,85 kg de compost. El estudio confirma que el compost de escobajo de palma aceitera incrementa la producción de biomasa aérea de plántones de cacao en vivero, especialmente a dosis altas.

Palabras clave: Plántones de cacao, compost de palma, biomasa, manejo de vivero.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of oil palm bunch compost (CEPA) on the growth of cacao (*Theobroma cacao*) seedlings under nursery conditions, as a strategy to improve sustainable production through proper substrate management in clay loam soil (SFA). The experiment was conducted at the Santa Morayma farm, Yurimaguas, Peru, using a completely randomized design with six treatments: T0 (100% SFA), T1 to T4 (increasing proportions of CEPA and SFA), and T5 (100% CEPA). After 150 days, growth parameters such as plant height, stem diameter, leaf area, shoot and root biomass, and root characteristics were evaluated. No significant differences ($p < 0,05$) were observed in plant height, leaf area, or root biomass among treatments, likely due to the high nutritional content of the control soil (T0). However, T5 showed a significant increase ($p < 0.05$) of 28% in total biomass compared to the control. The application of CEPA improved the physical properties of the substrate and nutrient availability, showing a dose-dependent response in stem diameter and shoot biomass. It is concluded that oil palm bunch compost is an effective and sustainable alternative for improving cacao seedling production in nurseries, especially at higher doses.

Keywords: Cacao seedlings, palm compost, biomass, nursery management.

INTRODUCCIÓN

La producción de cacao en la región amazónica del Perú, particularmente en Yurimaguas, enfrenta desafíos significativos relacionados con la calidad de plantones en vivero, lo que repercute en el rendimiento y la sostenibilidad del cultivo. En este contexto, la búsqueda de alternativas sostenibles y eficientes para mejorar el crecimiento de los plantones es esencial (Hidalgo, 2016).

El compost de escobajo de palma aceitera ha emergido como una opción prometedora debido a su alto contenido de materia orgánica y nutrientes esenciales. Donde la aplicación de compost de escobajo de palma aceitera en sustratos puede mejorar significativamente las propiedades físicas y químicas del suelo, promoviendo un mejor desarrollo de los plantones. Por ejemplo, investigaciones realizadas en Yurimaguas evidenciaron que el uso de compost de palma aceitera aumentó la biomasa de brotes y raíces, mejoró la capacidad de intercambio catiónico y favoreció la absorción de macro y micronutrientes en plantones de cacao (Romero, 2018).

Además, la utilización de este tipo de compost contribuye a la gestión sostenible de residuos agroindustriales, transformando subproductos como el escobajo en insumos valiosos para la agricultura. Este enfoque no solo mejora la eficiencia en el uso de recursos, sino que también reduce la dependencia de fertilizantes químicos, alineándose con prácticas agrícolas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

Por las razones mencionadas, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar el efecto del compost de escobajo de palma aceitera en el crecimiento de plantones de cacao, bajo condiciones de vivero en Yurimaguas.

ÍNDICE

CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	10
1.1. Identificación y determinación del problema.....	10
1.2. Delimitación de la investigación	11
1.3. Formulación del problema	11
1.3.1. Problema general.....	11
1.3.2. Problemas específicos	11
1.4. Formulación de objetivos	12
1.4.1. Objetivo general	12
1.4.2. Objetivos específicos.....	12
1.5. Justificación de la investigación.....	12
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Antecedentes de estudio	14
2.2. Bases teóricas científicas	16
2.3. Definición de términos básicos	18
2.4. Formulación de hipótesis	19
2.5. Identificación de variables	20
2.6. Operacionalización de variables	22
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	23
3.1. Tipos de investigación	23
3.2. Nivel de investigación.....	23
3.3. Métodos de investigación	23
3.4. Diseño de investigación	24
3.5. Población y muestra.....	26
3.6. Técnicas e instrumento de recolección de datos	26
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	30
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	33
3.9. Tratamiento estadístico	34
3.10. Orientación ética, epistemológica y filosófica orientación ética	34
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	36

4.1.	Descripción del trabajo de campo y/o laboratorio.....	36
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	36
4.3.	Prueba de hipótesis	53
4.4.	Discusión de resultados.....	53
	CONCLUSIONES	63
	RECOMENDACIONES	64
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
	ANEXOS	74

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de consistencia que relaciona el problema, objetivos, hipótesis, variables e instrumentos del estudio.	22
Tabla 2. Composición de tratamientos.	25
Tabla 3. ANOVA para altura de plantones.	36
Tabla 4. ANOVA para diámetro de tallo.	37
Tabla 5. ANOVA del área foliar.	39
Tabla 6. ANOVA para longitud del sistema radicular de los plantones.	41
Tabla 7. ANOVA para volumen del sistema radicular de los plantones.	43
Tabla 8. ANOVA para el peso fresco de la biomasa aérea de los plantones.	45
Tabla 9. ANOVA para el peso seco de la biomasa aérea de los plantones.	46
Tabla 10. ANOVA para peso fresco la biomasa radicular de los plantones.	48
Tabla 11. Análisis de varianza para peso seco radicular.	49
Tabla 12. Análisis de caracterización físico-químico e interpretación del sustrato.	51
Tabla 13. Análisis e interpretación del compost de escobajo de palma aceitera.	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Croquis del experimental, SFA: Suelo franco arcilloso, CEPA: Compost de escobajo de palma aceitera.....	25
Figura 2. Comparación de medias de altura de plántones.	37
Figura 3. Comparación de medias de diámetro de tallo.	38
Figura 4. Comparación de medias del área foliar.	40
Figura 5. Comparación de medias de longitud de raíz.	42
Figura 6. Comparación de medias del volumen radicular	44
Figura 7. Comparación de medias del peso fresco de la biomasa aérea.	45
Figura 8. Comparación de medias del peso seco de la biomasa aérea.....	47
Figura 9. Comparación de medias del peso fresco de la biomasa radicular.	49
Figura 10. Comparación de medias del peso seco de la biomasa radicular	50

CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La producción de cacao en la región amazónica del Perú, específicamente en Yurimaguas, enfrenta desafíos significativos en la etapa de vivero, donde la calidad de plántones es crucial para el éxito del cultivo. Uno de los principales problemas radica en la limitada disponibilidad de sustratos nutritivos y sostenibles que favorezcan el desarrollo óptimo de los plántones. Esta situación se agrava por la dependencia de fertilizantes químicos, que no solo incrementan los costos de producción, sino que también pueden tener impactos negativos en el medio ambiente (Bastide y Carrillo 2024).

Paralelamente, la industria de la palma aceitera genera una considerable cantidad de residuos, entre ellos el escobajo, que en muchas ocasiones no es aprovechado adecuadamente. Sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que el compostaje de escobajo de palma aceitera puede ser transformado en un abono orgánico rico en nutrientes esenciales, como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), además de mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo (Romero, 2018). Este compost ha mostrado efectos positivos en el crecimiento de diversas especies vegetales, incluyendo mejoras en la altura, diámetro de tallo, área foliar y desarrollo del sistema radicular (Corzo, 2013).

A pesar de estos resultados, existe una escasez de estudios específicos que evalúen el efecto del compost de escobajo de palma aceitera en el crecimiento de plántones de cacao bajo condiciones de vivero en Yurimaguas. Esta falta de información limita la implementación de prácticas agrícolas sostenibles que podrían mejorar la producción en la región (Romero, 2018).

Bajo este contexto, surge la necesidad de investigar si la incorporación de compost de escobajo de palma aceitera en los sustratos de vivero afecta el crecimiento de los plántones de cacao. Específicamente, se requiere evaluar parámetros de los plántones como: altura, diámetro de tallo, área foliar, longitud, volumen de la biomasa aérea y radicular. Estos indicadores son básicos para determinar la viabilidad y eficacia del compost como enmienda orgánica en la producción de plántones de cacao (Serruche, 2023).

Por las razones expuestas, el presente estudio tuvo como objetivo determinar el efecto del compost de escobajo de palma aceitera en el crecimiento de plántones de cacao, bajo condiciones de vivero en Yurimaguas.

1.2. Delimitación de la investigación

La presente investigación se desarrolló en el fundo Santa Morayma, ubicado en la calle Víctor Sifuentes N°1352, correspondiente a las siguientes coordenadas UTM: por el este: 0376753, por el norte: 9346353, y una altitud de 185 m.s.n.m. en el distrito de Yurimaguas, provincia de Alto Amazonas, región Loreto, Perú, durante el periodo comprendido entre julio 2023 a setiembre del 2024, periodo en la que se realizó la siembra, aplicación de tratamientos, monitoreo y la evaluación del experimento.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál será el efecto del compost de escobajo de palma aceitera en el crecimiento de plántones de cacao bajo condiciones de vivero en el distrito de Yurimaguas?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cuál es el efecto del compost de escobajo de palma aceitera en la altura, diámetro de tallo y el área foliar, en plántones de cacao, bajo condiciones de vivero en

Yurimaguas?

¿Cuál es el efecto del compost de escobajo de palma aceitera en la longitud, el volumen del sistema radicular, biomasa área y radicular en plántones de cacao, bajo condiciones de vivero en Yurimaguas?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar el efecto del compost de escobajo de palma aceitera en el crecimiento de plántones de cacao, bajo condiciones de vivero en Yurimaguas.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del compost de escobajo de palma aceitera en la altura, el diámetro de tallo y el área foliar, en plántones de cacao, bajo condiciones de vivero en Yurimaguas.
- Evaluar el efecto del compost de escobajo de palma aceitera en la longitud, volumen del sistema radicular, biomasa área y radicular en plántones de cacao, bajo condiciones de vivero en Yurimaguas.

1.5. Justificación de la investigación

En la actualidad la siembra de cacao en la etapa de vivero, evidencia dificultades en cuanto a la producción de plántones, siendo lo más común el desconocimiento técnico para el uso del sustrato enriquecido.

El sustrato ideal en un vivero debe mostrar una buena composición con buena estructura, buena capacidad de infiltración y retención de humedad con un pH de 5,5 a 6,5 que garantice el crecimiento y desarrollo de los plántones, en tal sentido la elección del material orgánico de acuerdo a la zona juega un papel importante para la producción

de plántones vigorosos, así como contribuir con el medio ambiental reduciendo los restos de sub productos agroindustriales como es el escobajo de palma aceitera (Romero, 2018).

Los resultados de este trabajo de investigación proporciono información técnica a los productores de cacao sobre el uso de compost de escobajo de palma aceitera en la preparación de sustrato para la producción de plántones sanos, vigorosos y homogéneos en la etapa de vivero que garantice mejor producción y productividad al ser instalados posteriormente en campo definitivo.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Serruche (2023), evaluó el efecto de compost de palma aceitera en plántones de cacao con el clon IMC 67. Aplicando cinco tratamientos con diferentes proporciones de tierra negra y compost, encontrando que la mezcla de 1,6 kg de tierra negra + 0,4 kg de compost de palma, promovió el mejor desarrollo en altura, diámetro, número de hojas, longitud de raíz y biomasa. Estos resultados indican que el compost de palma aceitera es una opción orgánica posible, siendo la cantidad a partir de 0,4 kg la más adecuada para obtener plántones vigorosas y sostenibles.

Romero (2018), evaluó el compost de escobajo en plántones de palma aceitera bajo vivero, aplicando proporciones de 3, 6 y 9 kg de compost por bolsa de 20 kg de sustrato, frente a un testigo y uno con fertilización química. Encontrando que la proporción con 3 kg generó plántones con crecimiento y mejoró las propiedades del sustrato. El compost resultó competitivo y sostenible, al aprovechar residuos industriales y reducir el uso de insumos sintéticos.

Villanueva (2018) evaluó 3 tipos de abonos: compost, guano de isla y gallinaza en plántones de cacao en vivero con diferentes mezclas con tierra, además de un testigo. El guano de isla con 0,5 kg + 0,5 kg de tierra generó mayor altura y mayor diámetro, la gallinaza con proporciones de 0,335 kg + 0,665 kg de tierra generó más hojas y área foliar, el compost una proporción de 0,5 kg + 0,5 kg de tierra promovió mayor longitud de raíces, y el guano de isla con 0,335 kg + 0,665 kg de tierra generó mayor volumen radicular. Demostrando que la gallinaza es un abono eficaz para la producción de plántones de cacao en vivero, ya que promovió mejores características en los plántones.

Abri y Amirudin (2023), evaluaron ocho mezclas de sustratos en plántulas de cacao, combinando con suelo, las mezclas con estiércol vacuno, arena, vermicompost y residuos de tofu, las mezclas obtuvieron los mejores resultados con 600 g de suelo + 200 g de estiércol vacuno + 200 g de arena, que favoreció una mayor altura, peso y longitud de raíz. El experimento se concluyó que esta combinación es la más adecuada para el desarrollo de plántulas en vivero.

Cruzado (2023) evaluó cuatro tipos de sustratos en plantones de cacao. El tratamiento 1 correspondió a 1 kg de tierra agrícola, el tratamiento 2 fue una mezcla de 0,5 kg de arena de río + 0,5 kg de tierra agrícola, el tratamiento 3 consistió en 0,25 kg de roca fosfórica + 0,25 kg de compost + 0,5 kg de tierra agrícola y finalmente, el tratamiento 4 consistió con 0,25 kg de roca fosfórica + 0,25 kg de compost + 0,5 kg de arena de río. Los resultados mostraron que el tratamiento 1 obtuvo los mejores valores en altura, diámetro, número de hojas, longitud de raíces y peso foliar, seguido por el tratamiento 2. En cambio, los tratamientos 3 y 4 no presentaron un desarrollo adecuado debido al exceso de roca fosfórica. El estudio concluye que la tierra agrícola, sola o combinada con arena, compone el sustrato más adecuado para la producción de plantones de cacao en vivero.

Martínez y Oquendo (2021) evaluaron la propagación de vainilla en vivero mediante dos tratamientos: sustrato con hojarasca de montaña y sustrato con escobajo de palma aceitera. En un ensayo consto de 20 estacas siendo 10 por tratamiento, encontraron que el sustrato con hojarasca de montaña presentó mejores resultados en enraizamiento y crecimiento vegetativo, determinándose como el sustrato más óptimo en paralelo con el sustrato más escobajo de palma aceitera.

Eugenio (2016) usó tres fuentes de materia orgánica: tallos de palma, gallinaza y estiércol de vaca, con tres proporciones y un control agregado de suelo franco arcilloso,

los resultados obtenidos en el estudio, determinó que el tratamiento con proporción de 350 kg de suelo franco arcilloso + 150 kg de estiércol de vaca como material orgánico mostraron superioridad en altura de plántulas con estadísticas mayores que las demás fuentes de materia orgánica, mientras el diámetro del tallo, número de hojas y materia seca. El comportamiento fue similar obtenido con el compost de escobajo de palma aceitera.

Cortes y Torres (2024) evaluaron el crecimiento de plántulas de cacao en vivero, usando cuatro tratamientos con un testigo de 1,00 kg de suelo limoso, el tratamiento 1 con 0,50 kg de suelo limoso + 0,25 kg de cascarilla de arroz + 0,25 kg de ceniza de cascarilla, el tratamiento 2 con 0,67 kg de suelo limoso + 0,33 kg de cascarilla de arroz y tratamiento 3 con 0,67 kg de suelo limoso + 0,33 kg de arena de río. Siendo el tratamiento 3 quien destacó con mejores resultados en altura, diámetro, hojas y raíz, atribuidos a la aireación y drenaje que proporcionó la arena. El estudio aporta criterios para seleccionar sustratos que mejoren la productividad del cacao.

2.2. Bases teóricas científicas

2.2.1. Origen

Según Hidalgo Saavedra (2016) menciona que la siembra del cacao fue iniciada por los pueblos indígenas de México y Centroamérica, y se consumía como una bebida llamada “xocolatl”, alimento sagrado mucho antes del descubrimiento de América. Forma que Avendaño et al. (2011); sostiene cuando Hernán Cortés llegó a México en 1519, quien tenía un sentido comercial al permitir a los aztecas intercambiar oro por cacao, facilitando a los españoles el consumo del chocolate. Unos años más tarde, apareció una receta mejorada en Francia y Suiza. En la década de 1970, Suiza decidió producirlo a gran escala y acercar la producción al punto de consumo. Actualmente, se están adaptando nuevas formas y nuevos productos a los mercados de todas las regiones

con el fin de mantener la calidad del chocolate e incrementar el uso y la demanda de esta especie.

M y O CONSULTING S.A.C. (2008) afirma que hace cuatro años descubrió que el cacao se cultivaba en Cajamarca hace más de 5000. En una excavación en Montegrando se hallaron tumbas con restos funerarios que contenían granos de cacao, los cuales aún se vienen cultivando en la selva peruana.

2.2.2. Selección de sustrato

Para seleccionar un sustrato, se deben tener en cuenta varios aspectos del crecimiento de los plantones, como tener un buen drenaje, retención de humedad y debe contar con las propiedades físicas, químicas y biológicas adecuadas.

➤ Compost:

Se obtiene descomponiendo los residuos orgánicos de los materiales sobrantes de actividad de producción y consumo no aprovechadas generado y convirtiéndolas en humus, dependiendo del proceso de fermentación, estos residuos se caracterizan por un alto contenido de nutricional (Castillo, 2020).

➤ Escobajo

Los racimos o tallos sin frutos son componentes orgánicos procesado a través de refinación del aceite de palma, constituyen un 65% del número totales de racimos de frutas frescas procesadas. Los racimos sin frutos pueden ser reutilizados en el campo como cobertura (Amézquita, 2019).

2.2.3. Componentes nutricionales del escobajo de palma aceitera

El compost del escobajo se caracteriza por un alto contenido de material orgánico, alrededor del 50% de materia seca y una cantidad de nutrientes, ricos en (N) hasta un 4,5% de materia seca, potasio hasta un 7,9% de materia seca y calcio hasta un 4,5% de materia seca, así como un bajo contenido de (P) de 2,5% de materia seca (Castañeda y

Romero 2012).

2.2.4. Aspectos positivos del uso de compost de escobajo de palma

Los beneficios en aplicar compost de escobajo de palma al suelo mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo al agrandar los poros e introduciendo materia orgánica a la capa superficial del suelo, elimina todo tipo de patógenos presentes en los plantones y no es propenso a albergar plagas que perjudiquen a los plantones, muestran un efecto positivo sobre la dinámica del fósforo, el desarrollo de las raíces y el crecimiento temprano en el vivero (Castañeda y Romero 2012).

2.3. Definición de términos básicos

- **Compost:** Material orgánico estabilizado y rico en humus, producto de la descomposición aeróbica de residuos orgánicos por la acción de microorganismos. Es un fertilizante natural que mejora la estructura del suelo y su fertilidad (Weil y Brady 2017).
- **Escobajo de palma aceitera:** Subproducto lignocelulósico de la extracción del aceite de palma, compuesto principalmente por fibras de fruta vacías. Es un residuo orgánico abundante en las zonas productoras de palma aceitera con potencial para ser compostado (Windiausti et al. 2022).
- **Plantones de cacao:** Plantones jóvenes de cacao cultivadas en condiciones controladas (vivero) antes de ser trasplantadas al campo definitivo. Su crecimiento inicial es crucial para el éxito del cultivo (Angulo et al. 2021).
- **Crecimiento (en plantones):** Aumento irreversible en tamaño y volumen de los plantones de cacao, medido a través de parámetros como la altura, el diámetro del tallo, el área foliar, el volumen del sistema radicular y la biomasa (Taiz y Zeiger 2006).

- **Vivero:** Instalación protegida donde se cultivan plántones en condiciones controladas de luz, humedad y temperatura, previo a su establecimiento en el campo definitivo. Permite un desarrollo óptimo de los plántones y reduce el estrés del trasplante (Domínguez y Donayre 2006).
- **Altura de plántones:** Medida lineal desde la base del tallo (nivel del sustrato) hasta el ápice del brote principal de los plántones. Es un indicador directo del crecimiento longitudinal (Guigues, 2019).
- **Diámetro del tallo:** Medida del grosor del tallo del plánton, generalmente tomada a pocos centímetros de la base. Es un indicador de la robustez y el desarrollo vascular de los plántones (Agustí y Blázquez 2020).
- **Área foliar:** Superficie total de las hojas de un plánton. Refleja la capacidad fotosintética de los plántones y es un buen indicador de su desarrollo vegetativo (Lambers et al. 2008).
- **Volumen del sistema radicular:** Espacio ocupado por las raíces de un plánton. Es un indicador crítico del desarrollo radicular, la capacidad de absorción de agua y nutrientes, y la estabilidad de los plántones. Se puede medir por desplazamiento de agua (Bonadeo et al. 2017).
- **Biomasa aérea:** Peso total de la parte de los plántones que se encuentra por encima del suelo (tallos, hojas, ramas). Es un indicador del crecimiento y la acumulación de materia seca en las partes fotosintéticamente activas (Poorter et al. 2012).

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis nula

Ho: El uso del compost de escobajo de palma aceitera no afecta en el crecimiento de plántones de cacao, bajo condiciones de vivero en Yurimaguas.

2.4.2. Hipótesis alternativa

Ha: El uso del compost de escobajo de palma aceitera afecta en el crecimiento de plántones de cacao, bajo condiciones de vivero en Yurimaguas.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

X. Compost de escobajo de palma aceitera

Dimensión:

Dosis de escobajo de palma aceitera (EPA)

Indicadores:

T0: 4,82 kg de SFA

T1: 0,48 kg de CEPA + 4,34 kg de SFA

T2: 1,20 kg de CEPA + 3,62 kg de SFA

T3: 1,92 kg de CEPA + 2,90 kg de SFA

T4: 3,85 kg de CEPA + 0,97 kg de SFA

T5: 4,82 kg de CEPA

Leyenda:

SFA = Suelo Franco Arcilloso

CEPA = Compost de Escobajo de Palma Aceitera

2.5.2. Variables dependientes

X. Biometría de plántones de cacao en vivero

Dimensión:

Medición de datos biométricos de plántones de cacao en vivero.

Indicadores:

- Altura de plantones
- Diámetro del tallo
- Área foliar (cm²)
- Longitud del sistema radicular de los plantones
- Volumen del sistema radicular de los plantones
- Biomasa aérea de los plantones
- Biomasa radicular de los plantones

2.6. Operacionalización de variables

Tabla 1. Matriz de consistencia que relaciona el problema, objetivos, hipótesis, variables e instrumentos del estudio.

Hipótesis	Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medición	Técnica
Ha. El uso del compost de escobajo de palma aceitera afecta en el crecimiento de plántones de cacao, bajo condiciones de vivero en Yurimaguas	Compost de escobajo de palma aceitera	Es la materia orgánica estabilizada y humificada obtenida a través de la descomposición controlada y aeróbica de los racimos de fruta vacíos de la palma aceitera (Umor et al. 2021)	La carga de sustrato, es la relación volumétrica entre el SFA y el CEPA en la mezcla final en cada tratamiento.	Dosis de CEPA se mezcla con SFA.	T0. Testigo: 4,82 de suelo franco-arcilloso. T1: 0,48 kg de CEPA + 4,34 kg de SFA. T2: 1,20 kg de CEPA + 3,62 kg de SFA T3: 1,92 kg de CEPA + 2,90 kg de SFA T4: 3,85 kg de CEPA + 0,97 kg de SFA T5: 4,82 kg de CEPA	Kg	Observación
		V. Dependiente					
	Biometría de plántones de cacao en vivero	Medición de características físicas de plántones cacao para evaluar impacto de tratamientos en vivero (Taiz and Zeiger 2006)	Mediciones y cuantificaciones de características morfológicas y de crecimiento en plántones de cacao en vivero	Medición de datos biométricos de plántones de cacao	Altura, Diámetro, área foliar, longitud y volumen del sistema radicular Biomasa aérea y biomasa radicular	cm, cm ² , g. g.	Observación

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipos de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, con el propósito de utilizar conocimientos científicos para resolver problemas actuales que enfrentan los productores agrícolas. Se busca mejorar la toma de decisiones en el manejo de viveros, logrando la obtención de plántones vigorosos mediante el uso de nuevos sustratos de bajo costo.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación fue explicativo, por que buscó establecer una relación de causa y efecto entre las dosis de CEPA y el crecimiento de los plántones de cacao mediante la manipulación intencional de la variable independiente y la observación de los resultados. Al variar las dosis del sustrato y medir la biometría de los plántones, se pretende determinar si el CEPA influye significativamente en el desarrollo de estas.

3.3. Métodos de investigación

El método aplicado en la fase de campo se centró en la obtención del CEPA, que fue proporcionado por la empresa INDUPALSA, la recolección del suelo, se obtuvo de 5 a 10 cm de la capa superficial del suelo, obtenido del lugar donde se instaló el experimento, luego se procedió al establecimiento del vivero y finalmente el monitoreo de los plántones.

En la fase de laboratorio se realizó la caracterización de los materiales y la evaluación de las variables dependientes (biometría de los plántones de cacao). A su vez se realizaron el análisis del CEPA y el SFA. para conocer las propiedades nutricionales, físicas y contenido de pH, materia orgánica, macronutrientes.

3.3.1. Lugar de la investigación

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el fundo Santa Morayma, ubicado en la calle Víctor Sifuentes N°1352, mediante las siguientes coordenadas UTM: por el este: 0376753, por el norte: 9346353, y con una altitud de 185 m.s.n.m. en el distrito de Yurimaguas, provincia de Alto Amazonas, región Loreto, Perú.

En cuanto a las características climáticas, como señala Dourojeanni (2013); el estudio se realizó en una selva húmedo tropical con temperaturas que superan los 33°C, con precipitaciones anuales aproximadamente de 2,000 mm, condiciones que favorecen el crecimiento de la vegetación.

3.4. Diseño de investigación

El ensayo tuvo un diseño completamente al azar con 6 tratamientos y 3 repeticiones, considerando 18 unidades experimentales.

3.4.1. Modelo aditivo lineal

Teniendo como modelo aditivo lineal general el siguiente:

$$Y_{ij} = U_i + T_{ij} + e$$

Donde:

Y_{ij} = Es la j-ésima observación del i-ésimo tratamiento

U_i = Medida del i-ésimo tratamiento

T_{ij} = Efecto del i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición

e = Efecto del error

El análisis de datos se realizó mediante los supuestos de normalidad de datos y homogeneidad de varianza. Lo cual nos sirvió para hacer el análisis de varianza y la prueba de medias con probabilidad de 5% de error.

3.4.2. Tratamientos de la investigación

Los tratamientos que se aplicaron en la investigación se utilizaron como componente fue el (CEPA); siendo distribuido en la siguiente tabla.

Tabla 2. Composición de tratamientos.

Tratamiento	Composición del sustrato
T0	4,82 kg de SFA
T1	0,48 kg de CEPA + 4,34 kg de SFA
T2	1,20 kg de CEPA + 3,62 kg de SFA
T3	1,92 kg de CEPA + 2,90 kg de SFA
T4	3,85 kg de CEPA + 0,97 kg de SFA
T5	4,82 kg de CEPA

SFA= Suelo franco arcilloso, CEPA= Compost de escobajo de palma aceitera

3.4.3. Croquis del experimental.

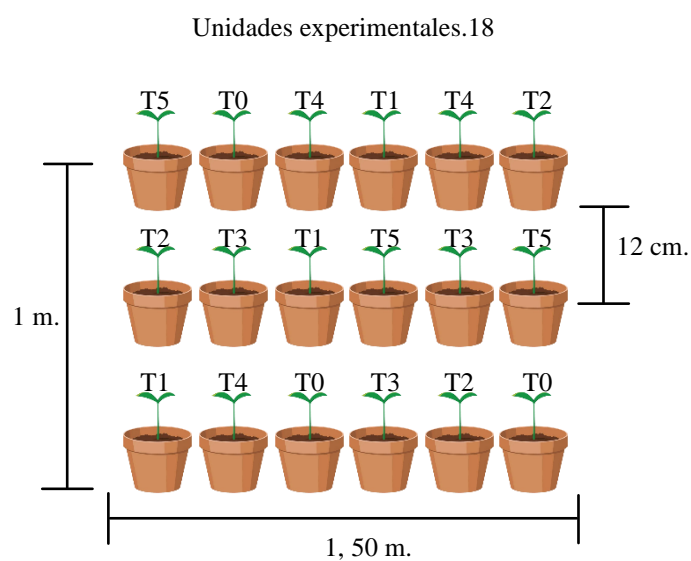


Figura 1.

Croquis del experimental, SFA: Suelo franco arcilloso, CEPA: Compost de escobajo de palma aceitera.

3.5. Población y muestra

La población y muestra de la investigación fue de 18 unidades experimentales (Plantones de cacao) con 6 tratamientos, 3 repeticiones, 1 plantones por maceta y por tratamiento.

3.6. Técnicas e instrumento de recolección de datos

Utilizando el método de la observación, logramos recolectar y registrar los datos de las variables en estudio para obtener una conclusión sobre los resultados, a través del uso de instrumentos, cuaderno de campo, cámara fotográfica, laptop.

3.6.1. Técnicas: Para la elaboración de la investigación se empleó la siguiente técnica:

Observación directa: Se aplicó un registro de observación para registrar las características específicas de cada uno de ellos.

3.6.2. Instrumentos: Para la evaluación de la investigación se utilizaron los siguientes instrumentos:

Formato de observación: A través de la observación se recopilamos datos específicos del trabajo de vivero, lo que facilitó su análisis e interpretación posterior. Específicamente, para la recolección de datos biométricos, se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Cinta métrica: Para la medición de la altura de la plántula.
- Vernier: Para la medición del diámetro del tallo.
- Contador manual: Para hojas.
- Procesamiento de imágenes (ImageJ) o medidor de área foliar:
- Balanza analítica de precisión (0,001 g): Para el pesaje de la biomasa seca.

- Estufa de secado con control de temperatura: Para el proceso de secado de la biomasa.

3.6.3. Procedimiento de la investigación

Para la ejecución del trabajo experimental, se siguió un procedimiento basado en la implementación del trabajo en vivero, el cual consistió en la instalación. Dicho proceso se desarrolló de la siguiente manera:

Limpieza del campo para el vivero

Antes de instalar el vivero se limpió y niveló el terreno, utilizando pala, machete, azadón, cavador y rastrillo (Anexo 1).

Instalación del vivero

Para la instalación del vivero, se utilizó listones de madera, malla raschel, wincha y alambre de amarre para la construcción del tinglado, finalizando con una valla perimetral (Anexo 2).

Obtención de sustratos

La obtención del CEPA, fue proporcionado por la empresa INDUPALSA, y la recolección del SFA, se obtuvo de 5 a 10 cm de capa superficial del suelo, obtenido del lugar donde se instaló el experimento (Anexo 3).

Llenado de macetas

Se utilizó macetas, con orificios distribuidos en la base, llenadas con el sustrato según las cantidades como indican en la Tabla 2 y Figura 1. La técnica consistió en llenar hasta la mitad presionándolo para evitar espacios vacíos, luego este trabajo se repitió constantemente para lograr un llenado perfecto (Anexo 4).

Siembra de las semillas en las macetas

Se realizó el desmucilaginado que consistió en retirar el mucilago de la semilla utilizando aserrín seco, frotando suavemente con las manos, para luego realizar la germinación con aserrín húmedo en un saco de polipropileno, obteniendo en un lapso de tres días la radícula saliente, finalmente se procedió con el repique de una semilla por maceta, el material vegetativo utilizado fue del clon IMC-67 (Anexo 5).

Riego y deshierbo

Los riegos fueron realizados una vez cada cuatro días, utilizando una regadera; así mismo el deshierbo se realizó manualmente en las macetas en forma permanente, como también se tuvo que utilizar un azadón para eliminar la maleza alrededor del vivero y facilitar las labores en estudio (Anexo 6).

Análisis físico-químico del SFA

El SFA obtenido del mismo lugar del experimento de 5 a 10 cm de la capa superficial fue enviado al laboratorio de suelos del Instituto de Cultivos Tropicales para su análisis de caracterización (Anexo 12).

Análisis del CEPA

El CEPA obtenido de la empresa INDUPALSA, paso por un proceso de homogenización luego se extrajo una muestra representativa de aproximadamente 1kg, el cual fue enviado al Laboratorio de Suelos del Instituto de Cultivos Tropicales para su análisis respectivo. (Anexo 13).

3.6.4. Recolección de datos

Los datos fueron recolectados, utilizando instrumentos adecuados y fichas de registro previamente estructuradas. Entre las variables observadas se incluyeron (altura de plántones, diámetro de tallo, longitud radicular, biomasa aérea y radicular),

las cuales fueron medidas bajo condiciones de vivero para garantizar la validez de los resultados.

Altura de plántones

Se evaluó considerando desde la base hasta el ápice final de los plántones, esta evaluación se realizó en una escala de medición en (cm), la evaluación se realizó a los 150 días finalizado el estudio. Para el análisis final se calculó el incremento de la altura entre la última y la primera evaluación (Anexo 7).

Diámetro del tallo

Se evaluó el diámetro de tallo con un vernier milimétrico digital, tomando las medidas a la altura de la cicatriz cotiledonal, esta evaluación se realizó a los 150 días finalizado el estudio. Para el análisis final se calculó el incremento del diámetro del tallo entre la última y primera evaluación (Anexo 8).

Área foliar de los plántones

Para determinar el área foliar se utilizó el procesador ImageJ, donde se emplearon fotografías, utilizando 5 hojas por plántones, luego se subió al procesador de imagen, esta evaluación se realizó a los 150 días de finalizado el estudio (Anexo 9).

Longitud y volumen del sistema radicular de los plántones

Para evaluar la longitud en cm, los plántones se cortaron justo en la base del tallo, extrayendo solo la raíz, las cuales fueron lavadas y posteriormente se midieron con una regla calibrada.

El volumen de la raíz se determinó utilizando probetas con agua. Cada raíz fue introducida en la probeta, y la diferencia entre el volumen final y el volumen inicial del agua permitió calcular el volumen radicular desplazado, estas dos evaluaciones se realizaron al final del experimento a los 150 días (Anexo 10).

Biomasa aérea y radicular de los plantones

Se colectaron plantones completos y se separaron en biomasa aérea y biomasa radicular, luego se llevaron al laboratorio de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas, donde fueron secadas en una estufa de secado a una temperatura de 55°C por 2 días hasta lograr peso constante (Anexo 11).

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

La selección y validación de los instrumentos de investigación son cruciales para garantizar la precisión y fiabilidad de los datos recolectados. Dado el enfoque cuantitativo y experimental del estudio, los instrumentos fueron principalmente herramientas de medición estandarizadas y protocolos de laboratorio.

3.7.1. Selección de los instrumentos de investigación

Los instrumentos se seleccionaron en función de su idoneidad para medir los indicadores de las variables independiente y dependiente, para lo cual se eligieron los siguientes instrumentos:

- a. Balanza de precisión (0,01 kg o 0,1 kg):** Para pesar el suelo franco-arcilloso y el compost de CEPA y asegurar las proporciones exactas en volumen o peso, según se haya estandarizado el método de mezcla.
- b. Tamices:** Para homogeneizar el suelo franco-arcilloso y el compost de CEPA, eliminando impurezas y garantizando una granulometría uniforme antes de la mezcla.
- c. Herramientas de mezcla:** Palas, mezcladoras de sustrato o similares para asegurar una distribución homogénea del compost en el suelo.

- d. Mufla y balanza analítica:** Para la determinación de materia orgánica por ignición y el peso seco.
- e. Regla métrica o flexómetro (precisión 1 mm):** Para medir la altura de plantones (desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la hoja más alta).
- f. Calibrador pie de rey (vernier, precisión 0,01 mm):** Para medir el diámetro del tallo (a 1 cm del cuello de la raíz).
- g. Contador manual:** Para el número de hojas (conteo de hojas verdaderas expandidas).
- h. Software de análisis de imagen (ej, ImageJ con cámara digital de alta resolución):** Para el área foliar (cm). Este método implica capturar imágenes estandarizadas de las hojas y procesarlas para determinar el área.
- i. Regla métrica (precisión 1 mm) o software de análisis de imagen:** Para la longitud del sistema radicular (medición de la raíz principal y/o promedio de las raíces más largas).
- j. Cilindro graduado o probeta (precisión 1 ml):** Para el volumen del sistema radicular (por desplazamiento de agua).
- k. Estufa de secado con termostato:** Para el secado de las muestras de biomasa (aérea y radicular) a una temperatura constante de 70°C por un lapso de 48 horas.
- l. Balanza analítica:** Para el pesaje de la biomasa aérea y biomasa radicular (peso seco).

3.7.2. Validación de los instrumentos de investigación

La validación de los instrumentos en este tipo de investigación se enfoca en asegurar que midan lo que lograron medir de manera precisa y consistente; la misma que se llevó a cabo mediante los siguientes procedimientos:

- **Protocolo de prueba:** Se realizó una pequeña prueba piloto con un número reducido de plántones para ensayar los protocolos de medición. Esto permitió identificar posibles ambigüedades en las instrucciones, dificultades en el manejo de los instrumentos o inconsistencias en la toma de datos. Los resultados de la prueba piloto han permitido realizar ajuste necesario en los procedimientos antes de la fase principal de recolección de datos (Creswell 2009).
- **Calibración estándar:** Todos los equipos de laboratorio (pH-metro, conductímetro, balanzas analíticas, espectrofotómetro) fueron calibrados regularmente según las especificaciones del fabricante, utilizando soluciones estándar certificadas. Esta práctica fue fundamental para garantizar la validez de criterio de las mediciones, asegurando que los valores obtenidos sean precisos y comparables con estándares conocidos (Taiz y Zeiger 2006).
- **Protocolos estandarizados:** Se siguió protocolos de laboratorio estandarizados para los análisis fisicoquímicos del compost y el sustrato. Esto aseguró que los resultados sean reproducibles y comparables con la literatura científica.

3.7.3. Confiabilidad de los instrumentos de investigación

La confiabilidad se refirió a la consistencia y estabilidad de las mediciones a lo largo del tiempo por un solo investigador; con el objetivo de garantizar la trazabilidad y el control de los instrumentos utilizados, se adoptaron las siguientes estrategias:

- **Entrenamiento al Investigador:** El investigador encargado de la recolección de datos (tesista) recibió un entrenamiento riguroso, por parte del asesor, sobre el

uso de los instrumentos para la recolección de datos. Esta actividad fue crucial para minimizar la variabilidad de datos y garantizar la consistencia en las mediciones.

- **Confiabilidad por estabilidad (Test-Retest):** Para la medición de los indicadores como altura de plántones, diámetro del tallo, área foliar, longitud de radicular, biomasa aérea y radicular las evaluaciones se realizaron al final del experimento. La consistencia de los patrones de crecimiento a lo largo del tiempo, bajo condiciones de vivero, fue un indicador de la estabilidad de las mediciones y la confiabilidad del proceso.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El procesamiento y análisis de los datos recolectados se realizó de manera sistemática para asegurar la fiabilidad y validez de las conclusiones obtenidas. Se empleó el software estadístico InfoStat, dada a su versatilidad amplia aceptación en el ámbito de la investigación agropecuaria y biológica.

Una vez finalizada la fase de recolección de datos, se procedió al procesamiento de la información obtenidos de las mediciones realizados en vivero y laboratorio, fueron revisados meticulosamente para identificar y corregir posibles errores de transcripción, valores atípicos (outliers) o datos faltantes. Esta depuración se realizó mediante inspección visual y el uso de funciones de filtrado y ordenamiento en hojas de cálculo (ej; Microsoft Excel) antes de su importación a InfoStat.

Los datos se estructuraron en un formato de tabla en InfoStat, donde cada fila representó una unidad experimental (maceta/plántones) y cada columna una variable medida (ej., altura, diámetro, área foliar, biomasa, y la dosis de compost aplicada). Esto facilitó la gestión y el análisis de la información.

En cuanto al análisis de datos se centró en evaluar el efecto de las diferentes

dosis de compost de escobajo de palma aceitera en las características biométricas de los plantones de cacao.

Verificación de supuestos: Antes de proceder con el ANOVA, se verificarán los supuestos necesarios para su aplicación:

- **Normalidad de los datos del experimento:** Se evaluó utilizando la prueba de Shapiro-Wilk o Kolmogorov-Smirnov en InfoStat.
- **Homocedasticidad (Homogeneidad de Varianzas):** Se comprobó mediante la prueba de Levene en InfoStat. (Montgomery 2017).

3.9. Tratamiento estadístico

El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo utilizando el software InfoStat. La elección de InfoStat se debió a su interfaz amigable y su robustez para el análisis de diseños experimentales en ciencias biológicas y agropecuarias.

Dado que la investigación utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con una única variable independiente categórica y múltiples variables dependientes cuantitativas (indicadores biométricos), el principal tratamiento estadístico fue el ANOVA de un factor para cada variable dependiente. Cuando el ANOVA global resultó significativo ($p < 0,05$), se aplicaron pruebas post hoc para identificar cuáles tratamientos específicos difieren entre sí, es decir, qué dosis de compost tienen un efecto significativamente diferente sobre el crecimiento de los plantones.

Finalmente, se hizo la prueba de Tukey HSD (Honestly Significant Difference); lo que ha permitido comparar todas las posibles parejas de medias. Es adecuada para el objetivo de este estudio de identificar los mejores tratamientos de CEPA.

3.10. Orientación ética, epistemológica y filosófica orientación ética

La investigación se llevó a cabo siguiendo principios éticos fundamentales, como la integridad científica, la transparencia en la recolección y análisis de datos, y

el respeto tanto por el medio ambiente como por la comunidad local. Se obtuvo el consentimiento del productor de cacao participante en la investigación, garantizando un manejo responsable de la información obtenida. Asimismo, se implementaron medidas para reducir al mínimo el impacto ambiental asociado al muestreo y a los procedimientos de laboratorio.

Orientación epistemológica

Desde una perspectiva epistemológica, la investigación se fundamentó en el empirismo y el positivismo, ya que su objetivo fue generar conocimiento verificable y cuantificable sobre la biometría de los plántones de cacao. Para ello, se utilizaron métodos científicos rigurosos y técnicas de diferentes dosis de compost de sustrato de escobajo de palma aceitera, asegurando la objetividad de los resultados y minimizando cualquier posible sesgo subjetivo en la interpretación de los datos.

Orientación filosófica

El estudio se fundamentó en el pragmatismo, en la medida en que su propósito fue generar conocimiento aplicable a la producción de plántones a nivel de vivero de cacao en Yurimaguas. Además, adoptó una perspectiva ecológica y holística, considerando las interacciones entre los suelos, los plántones y el entorno agrícola en el contexto del impacto del sustrato franco arcilloso combinado con la CEPA en la producción de plántones de cacao. Esta visión integral permitió aportar soluciones viables y sustentables a los desafíos ambientales y productivos del sector cacaotero.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del trabajo de campo y/o laboratorio

El experimento se estableció en un vivero acondicionado en el distrito de Yurimaguas, con una estructura que permitía regular la exposición solar y proteger los plantones de condiciones climáticas extremas, típicas de la Amazonía peruana, como lluvias intensas o insolación directa excesiva.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Altura de plantones

En la Tabla 3 se presenta el ANOVA para altura de plantones en la cual se puede observar que no existe diferencias significativas.

Tabla 3. ANOVA para altura de plantones.

FV	GL	SC	CM	FC	Sig	p-valor
Tratamiento	5	578,02	82,57	2,46	NS	0,0956
Error exp.	12	335,9	33,59			
Total	17	913,93				

CV= 12,4%,

CV = Coeficiente de variación, NS = No significativa, FV = Fuente de variación, GL = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrado medio, FC = Valor de F.

En la Figura 2 se presentan los valores para altura de plantones de cacao evaluados bajo cinco tratamientos más un testigo. A pesar de la ausencia de significancia estadística, se observa una tendencia positiva en la altura de plantones con la incorporación de CEPA, especialmente en los tratamientos T1, T4 y T5, lo que sugiere que el compost de escobajo de palma aceitera podría mejorar el desarrollo vegetativo de los plantones.

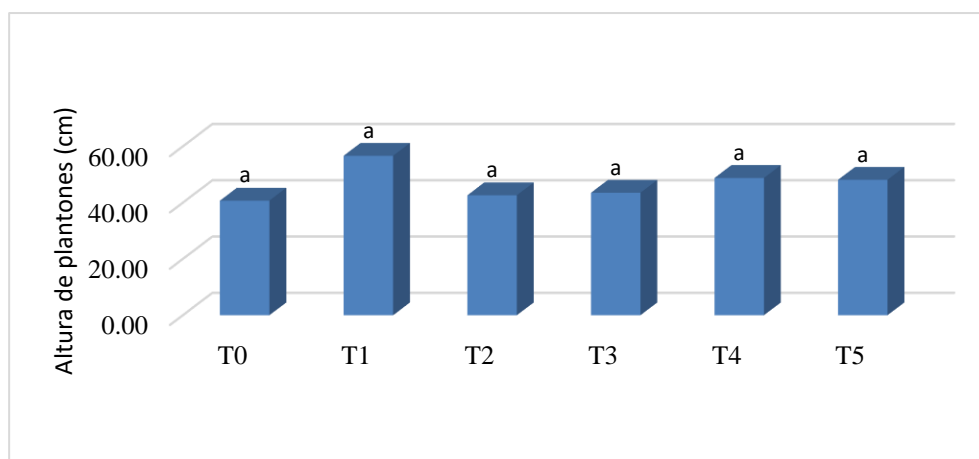


Figura 2.

Comparación de medias de altura de plántones a los 150 días después de la emergencia de los tratamientos T0, Testigo: 4,82 kg de SFA; T1, 0,48 kg de CEPA + 4,34 kg de SFA; T2, 1,20 kg de CEPA + 3,62 kg de SFA; T3, 1,92 kg de CEPA + 2,90 kg de SFA; T4, 3,85 kg de CEPA + 0,97 kg de SFA; T5, 4,82 kg de CEPA. Medias seguidas por la misma letra no tienen diferencias significativas entre sí, por la prueba de Tukey ($p < 0,05$)

4.2.2. Diámetro del tallo

En la Tabla 4, el ANOVA mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en cuanto al incremento del diámetro del tallo ($p = 0,0078$). Esto indica que al menos uno de los tratamientos evaluados influyó de manera distinta sobre esta variable. En consecuencia, se procedió a realizar una prueba de comparación de medias Tukey ($p < 0,05$) para identificar cuáles tratamientos difieren significativamente entre sí.

Tabla 4. ANOVA para diámetro de tallo.

F V	GL	SC	CM	FC	Sig	p-valor
Tratamiento	5	8,95	1,28	5,56	*	0,0078
Error exp.	12	2,29	0,23			
Total	17	11,25				

CV=6,31%,

CV= Coeficiente de variación, * = Significativa al 5%, FV= Fuente de variación, GL= Grados de

libertad, SC= Suma de cuadrados, CM= Cuadrado medio, FC= Valor de F

La Figura 3 se muestra los resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0,05$) de significancia para la evaluación del del diámetro de tallo. Se observa que el tratamiento T5 presentó el mayor valor promedio con 8,79 mm, siendo estadísticamente superior al grupo conformado por los tratamientos T2, T3 y T4, que registraron los valores más bajos.

El tratamiento T0 y T1 conformaron un grupo intermedio, sin diferenciarse significativamente de T5 ni de los tratamientos con menores promedios (T2, T3 y T4). Esto indica que, si bien la adición parcial de CEPA no mejora sustancialmente el diámetro de tallo respecto al testigo, el uso exclusivo de CEPA (T5) sí tiene un efecto positivo y significativo.

Las letras sobre las barras indican los grupos de medias homogéneas; tratamientos con letras diferentes (a, b) difieren significativamente entre sí.

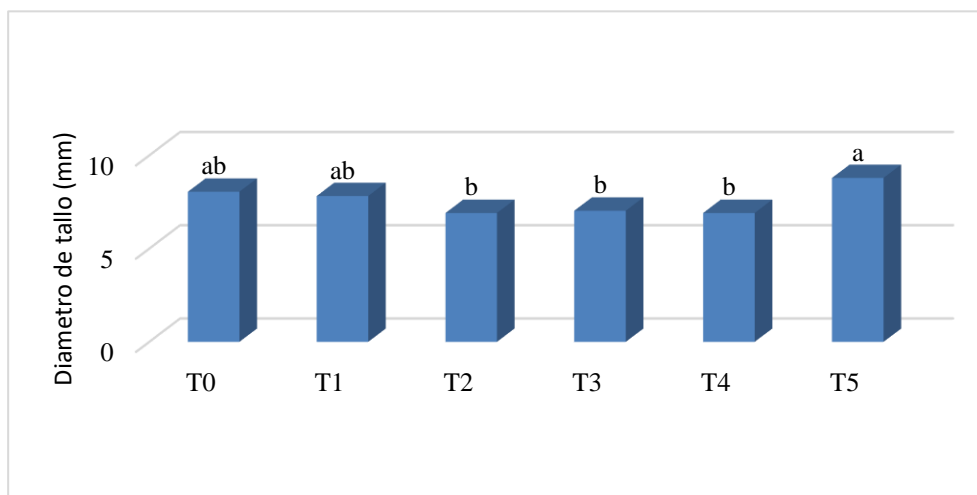


Figura 3.

Comparación de medias de diámetro de tallo a los 150 días después de la emergencia de los tratamientos T0, Testigo: 4,82 kg de SFA; T1, 0,48 kg de CEPA + 4,34 kg de SFA; T2, 1,20 kg de CEPA + 3,62 kg de SFA; T3, 1,92 kg de CEPA + 2,90 kg de SFA; T4, 3,85 kg de CEPA + 0,97 kg de SFA; T5, 4,82 kg de CEPA. Medias seguidas por la misma letra no tienen diferencias significativas entre sí, por la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

4.2.3. Área foliar de plantones

Según la Tabla 5, el ANOVA para el área foliar de plantones no mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p = 0,0678$). Esto indica que, bajo las condiciones del experimento, los distintos niveles de CEPA y SFA no influyeron de manera significativa sobre el desarrollo del área foliar de los plantones.

El CV obtenido fue de 16,55 %, lo que indica una variabilidad moderada entre las unidades experimentales. Según criterios establecidos por Calzada (1970) valores de CV menores a 20 % son considerados aceptables en ensayos agronómicos, especialmente en condiciones de vivero donde es común encontrar cierta heterogeneidad entre plantones por efecto del microambiente. Este nivel de variabilidad indica una precisión experimental adecuada para evaluar el área foliar de los plantones, y que los resultados obtenidos son estadísticamente confiables, pese a no haberse detectado diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 5. ANOVA del área foliar.

F V	GL	SC	CM	FC	Sig	p-valor
Tratamiento	5	7396,21	1479,24	2,78	NS	0,0678
Error exp.	12	6374,45	531,20			
Total	17	13770,66				

CV=16,55%

CV= Coeficiente de variación, NS=No significativa, FV= Fuente de variación, GL= Grados de libertad, SC= Suma de cuadrados, CM= Cuadrado medio, FC= Valor de F

La Figura 4, muestra los promedios del área foliar de los plantones de cacao bajo diferentes combinaciones de CEPA y SFA. A pesar de que el ANOVA no mostró diferencias significativas ($p = 0,0678$), se realizó una comparación de medias para identificar tendencias numéricas entre tratamientos.

Según la prueba de comparación de medias Tukey ($p < 0,05$) no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en cuanto al área foliar de los plántones de cacao. Sin embargo, el tratamiento T5 presentó el mayor valor promedio, seguido del testigo T0, lo cual indica una tendencia favorable del uso exclusivo de CEPA.

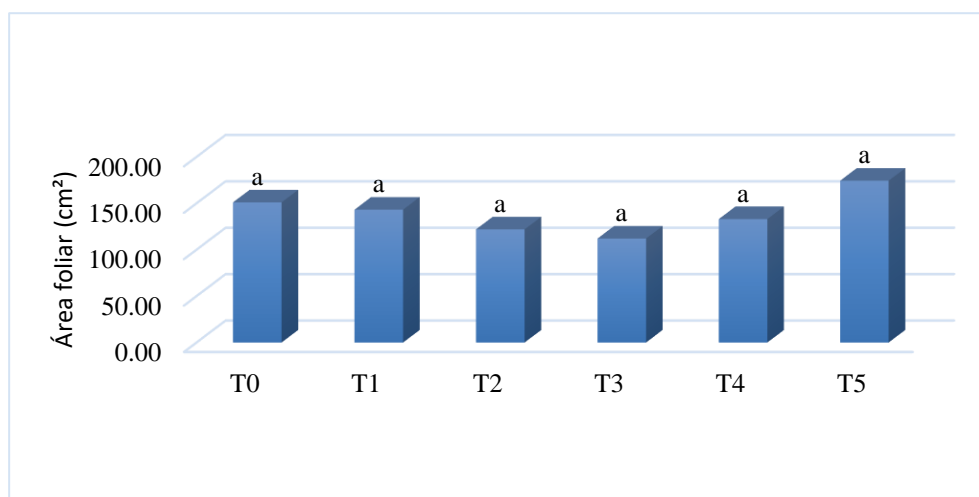


Figura 4.

Comparación de medias del área foliar a los 150 días después de la emergencia de los tratamientos T0, Testigo: 4,82 kg de SFA; T1, 0,48 kg de CEPA + 4,34 kg de SFA; T2, 1,20 kg de CEPA + 3,62 kg de SFA; T3, 1,92 kg de CEPA + 2,90 kg de SFA; T4, 3,85 kg de CEPA + 0,97 kg de SFA; T5, 4,82 kg de CEPA. Medias seguidas por la misma letra no tienen diferencias significativas entre sí, por la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

4.2.4. Longitud del sistema radicular de los plántones

De acuerdo con los resultados del ANOVA de la Tabla 6, mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p = 0,0001$). El estadístico F (21,52) indica que los tratamientos influyeron de manera contundente sobre la longitud radicular de los plántones. Además, el coeficiente de variación fue de 10,01 %, lo que demuestra una adecuada precisión experimental. En consecuencia, se procedió a aplicar una prueba de comparación de medias Tukey ($p < 0,05$) para identificar cuáles tratamientos presentaron diferencias significativas en el desarrollo de la longitud

radicular de los plantones.

Tabla 6. ANOVA para longitud del sistema radicular de los plantones.

F V	GL	SC	CM	FC	Sig	p-valor
Tratamiento	5	1087,78	217,56	21,52	**	0,0001
Error exp.	12	121,33	10,11			
Total	17	1920,50				
CV=10,01%						

CV= Coeficiente de variación, ** = Altamente significativa al 1%, FV = Fuente de variación, GL = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrado medio, FC = Valor de F

La Figura 5, muestra los promedios de longitud radicular obtenidos en los diferentes tratamientos aplicados. La prueba de comparación de medias de Tukey al ($p < 0,05$) de significancia evidenció la presencia de diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos en relación con longitud del sistema radicular de los plantones. El tratamiento T5 obtuvo la mayor media (42,00 cm) y se ubicó en el grupo estadísticamente superior, junto con T2 (38,70 cm) y T0 (36,70 cm), lo que indica que estos tres tratamientos no difieren significativamente entre sí.

El tratamiento T4 (28,30 cm) se ubicó en un grupo intermedio, estadísticamente inferior a T5, T2 y T0, pero superior a los tratamientos con menor respuesta radicular.

Por otro lado, los tratamientos T3 (23,70 cm) y T1 (21,30 cm) se situaron en los grupos inferiores, evidenciando diferencias estadísticas significativas frente a los tratamientos con mayores promedios.

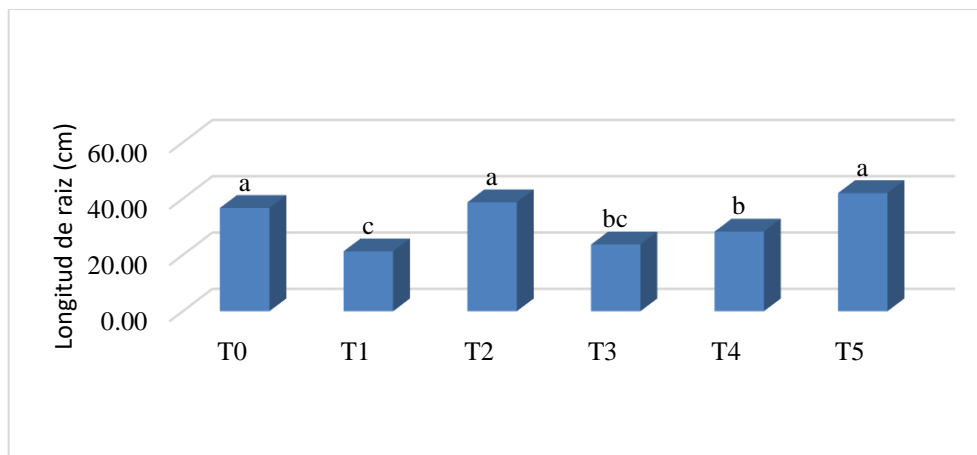


Figura 5.

Comparación de medias de longitud del sistema radicular de los plantones, a los 150 días después de la emergencia de los tratamientos T0, Testigo: 4,82 kg de SFA; T1, 0,48 kg de CEPA + 4,34 kg de SFA; T2, 1,20 kg de CEPA + 3,62 kg de SFA; T3, 1,92 kg de CEPA + 2,90 kg de SFA; T4, 3,85 kg de CEPA + 0,97 kg de SFA; T5, 4,82 kg de CEPA. Medias seguidas por la misma letra no tienen diferencias significativas entre sí, por la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

4.2.5. Volumen del sistema radicular de los plantones

Los resultados del ANOVA de la Tabla 7, indican que existen diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,0260$) entre los tratamientos evaluados en cuanto al volumen radicular de los plantones, al menos uno de los tratamientos influyó significativamente en el desarrollo del volumen radicular. El CV del 0,84% es extremadamente bajo, lo que indica una muy alta precisión experimental y una homogeneidad excepcional en las mediciones del volumen radicular. En consecuencia, se procedió a la aplicación de una prueba de comparación de medias Tukey ($p < 0,05$) para identificar las diferencias específicas entre los tratamientos.

Tabla 7. ANOVA para volumen del sistema radicular de los plantones.

F V	GL	SC	CM	FC	Sig	p-valor
Tratamiento	5	226,28	45,26	3,84	*	0,0260
Error exp.	12	141,33	11,78			
Total	17	367,61				

CV=0,84%, CV

= Coeficiente de variación, * = Significativa al 5%, FV = Fuente de variación, GL= Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrado medio, FC = Valor de F

La Figura 6, se muestra los resultados de la prueba de comparación de medias Tukey ($p < 0,05$), el tratamiento T4 registró el mayor valor promedio de volumen radicular con $416,67 \text{ cm}^3$, conformando el grupo estadístico superior significativamente diferente de los tratamientos T1 y T2 con $406,67 \text{ cm}^3$ ambos clasificados dentro del grupo inferior.

Por otro lado, los tratamientos con volumen radicular como el T0 con $409,67 \text{ cm}^3$, T3 con $411,67 \text{ cm}^3$ y el T5 con $413,003$ se ubicaron en un grupo intermedio, etiquetado como “ab”, sin diferenciarse significativamente del T4 ni del T1 y T2. Esto sugiere que estos tratamientos presentaron respuestas similares en cuanto al volumen radicular, sin superar estadísticamente al tratamiento T4.

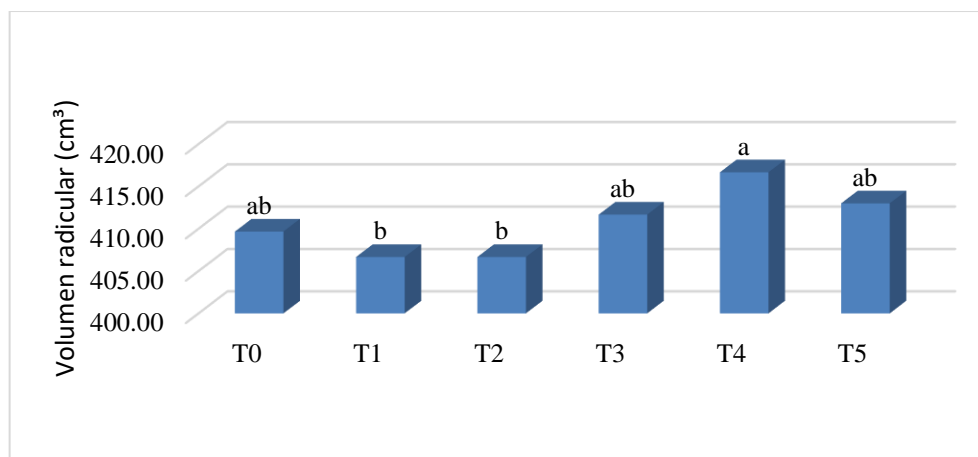


Figura 6.

Comparación de medias del volumen del sistema radicular de los plantones a los 150 días después de la emergencia de los tratamientos T0, Testigo: 4,82 kg de SFA; T1, 0,48 kg de CEPA + 4,34 kg de SFA; T2, 1,20 kg de CEPA + 3,62 kg de SFA; T3, 1,92 kg de CEPA + 2,90 kg de SFA; T4, 3,85 kg de CEPA + 0,97 kg de SFA; T5, 4,82 kg de CEPA. Medias seguidas por la misma letra no tienen diferencias significativas entre sí, por la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

4.2.6. Biomasa aérea de los plantones

4.2.6.1. Peso fresco de la biomasa aérea de los plantones

El ANOVA de la Tabla 8, evidenció diferencias altamente significativas entre tratamientos sobre el peso fresco de la biomasa aérea de los plantones de cacao ($p = 0,0035$). Esta alta significancia nos indica que al menos uno de los tratamientos evaluados generó un efecto diferencial en el peso fresco aéreo en comparación con los demás. Este resultado indica que los tratamientos de CEPA y SFA utilizados influyeron significativamente en el peso fresco aéreo. El coeficiente de variación fue de 12,03 %, lo que indica una variabilidad moderada y aceptable dentro del ensayo. Este nivel de variación indica que las diferencias observadas en el peso fresco aéreo no se deben a la variabilidad aleatoria, sino al efecto real de los tratamientos. Además, el bajo valor del error experimental ($CM = 6,27$) confirma la precisión experimental y permite una adecuada discriminación entre los efectos de los tratamientos.

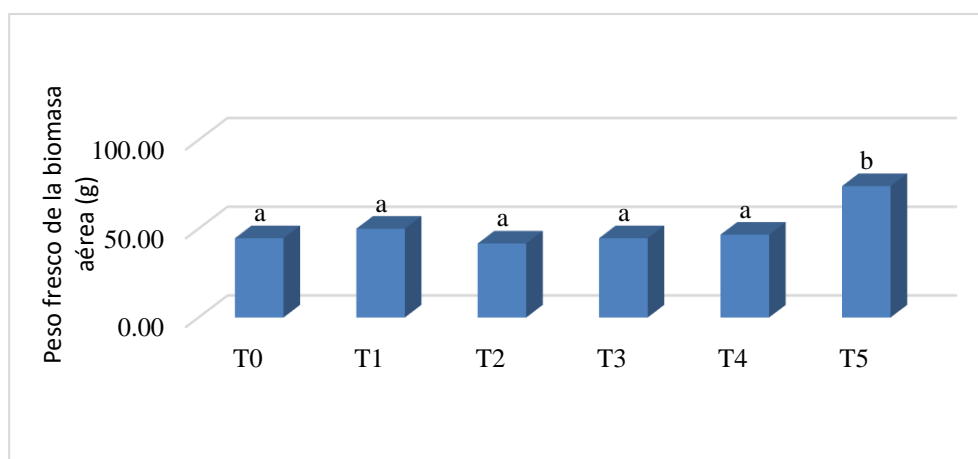
Tabla 8. ANOVA para el peso fresco de la biomasa aérea de los plántones.

F V	GL	SC	CM	FC	Sig	p-valor
Tratamiento	5	207,27	41,45	6,62	**	0,0035
Error exp.	12	75,18	6,27			
Total	17	282,45				

CV=12,03%, CV

= Coeficiente de variación, ** = Altamente significativa al 1%, FV = Fuente de variación, GL= Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrado medio, FC = Valor de F

En la Figura 7, la prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0,05$) confirmó diferencias estadísticas significativas en el peso fresco de la biomasa aérea de los plántones. El tratamiento T5 registró el valor promedio más alto (74,00 g), ubicándose en un grupo estadísticamente diferente lo cual indica un efecto significativamente superior en el peso fresco aéreo. En cambio, los tratamientos T0, T1, T2, T3 y T4, cuyos promedios oscilaron entre 41,67 y 50,00 g, se agruparon dentro del mismo grupo estadístico sin mostrar diferencias significativas entre ellos.

**Figura 7.**

Comparación de medias del peso fresco de la biomasa aérea de los plántones a los 150 días después de la emergencia de los tratamientos T0, Testigo: 4,82 kg de SFA; T1, 0,48 kg de CEPA + 4,34 kg de SFA; T2, 1,20 kg de CEPA + 3,62 kg de SFA; T3, 1,92 kg de CEPA + 2,90 kg de SFA; T4, 3,85 kg de CEPA + 0,97 kg de SFA; T5, 4,82 kg de CEPA. Medias seguidas por la misma letra no tienen diferencias

significativas entre sí, por la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

4.2.6.2. Peso seco de la biomasa aérea de los plántones

El ANOVA de la Tabla 9, realizado para evaluar el efecto de las diferentes proporciones de CEPA sobre el peso seco de la biomasa aérea de los plántones de cacao mostró un resultado altamente significativo ($p = 0,0029$). Esto indica que, al menos uno de los tratamientos evaluados, generó un efecto diferente en la variable de interés respecto a los demás.

El CV es de 17,31%, aunque moderadamente alto, es aceptable para variables de tipo biomasa, donde es común observar mayor dispersión debido a la heterogeneidad fisiológica de los plántones.

Tabla 9. ANOVA para el peso seco de la biomasa aérea de los plántones.

F V	GL	SC	CM	FC	Sig	p-valor
Tratamiento	5	2671,72	534,34	6,93	**	0,0029
Error exp.	12	925,65	77,14			
Total	17	3597,37				

CV=17,31%, CV

= Coeficiente de variación, ** = Altamente significativa al 1%, FV = Fuente de variación, GL = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrado medio, FC = Valor de F

La Figura 8 muestra los promedios del peso seco de la biomasa aérea de los plántones de cacao sometidos a seis tratamientos con distintas proporciones de CEPA y SFA. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) representada por letras sobre cada barra. Las letras iguales indican medias estadísticamente similares, mientras que letras distintas reflejan diferencias significativas.

El tratamiento T5 obtuvo el mayor valor promedio de peso seco aéreo (38,33 g), y se diferencia significativamente de todos los demás tratamientos, al presentar la letra “b”, mientras que los demás presentan “a”.

Los tratamientos T0, T1, T2, T3 y T4, con promedios entre 16,00 y 22,67 g, no presentan diferencias estadísticas entre sí, ya que comparten la letra “a”.

Esto indica que el uso exclusivo de compost (T5) genera una respuesta agronómica significativamente superior en términos de acumulación de biomasa seca aérea, en comparación con las mezclas CEPA + SFA o el suelo solo.

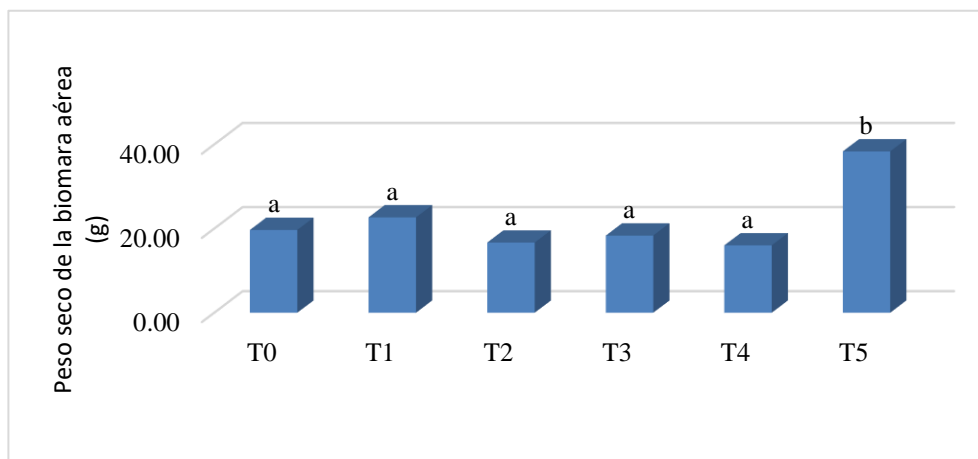


Figura 8.

Comparación de medias del peso seco de la biomasa aérea de los plantones a los 150 días después de la emergencia de los tratamientos T0, Testigo: 4,82 kg de SFA; T1, 0,48 kg de CEPA + 4,34 kg de SFA; T2, 1,20 kg de CEPA + 3,62 kg de SFA; T3, 1,92 kg de CEPA + 2,90 kg de SFA; T4, 3,85 kg de CEPA + 0,97 kg de SFA; T5, 4,82 kg de CEPA. Medias seguidas por la misma letra no tienen diferencias significativas entre sí, por la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

4.2.7. Biomasa radicular de los plantones

4.2.7.1. Peso fresco de la biomasa radicular de los plantones

Los resultados del ANOVA demostraron de manera altamente significativa ($p = 0,0036$) que las diferentes dosis de CEPA, tienen un efecto diferencial en el peso fresco de la biomasa radicular promedio de los plantones de cacao. El CV del 0,62% es

extremadamente bajo, lo que indica una excepcional precisión experimental y una gran homogeneidad en las mediciones. Este bajo CV refuerza la validez y fiabilidad de las diferencias encontradas.

La Tabla 10 ha confirmado que la inclusión y la proporción de compost de escobajo de palma aceitera en el sustrato tienen un efecto altamente significativo en el peso fresco la biomasa radicular de los plantones de cacao.

Tabla 10. ANOVA para peso fresco la biomasa radicular de los plantones.

F V	GL	SC	CM	FC	Sig	p-valor
Tratamiento	5	288,27	57,65	6,57	**	0,0036
Error exp.	12	105,33	8,77			
Total	17	393,61				

CV=0,62%,

CV= Coeficiente de variación, ** =Altamente significativa al 1%, FV= Fuente de variación, GL= Grados de libertad, SC= Suma de cuadrados, CM= Cuadrado medio, FC= Valor de F

En la Figura 9, el análisis de comparación de medias Tukey ($p < 0,05$) para el peso fresco radicular mostró que el T4, presentó el valor más alto (17,67 g), diferenciándose significativamente del T1 que presentó un valor de 6,67 g y el T2 de 7,33 g. El tratamiento T5 también evidenció alta biomasa radicular fresca mostrando un resultado de 15,33 g, ubicándose en el mismo grupo estadístico que T4. En contraste, las dosis bajas de CEPA (T1 y T2) registraron los menores valores. Estos resultados indican que a mayores proporciones de CEPA mejoran significativamente el desarrollo radicular en plantones de cacao.

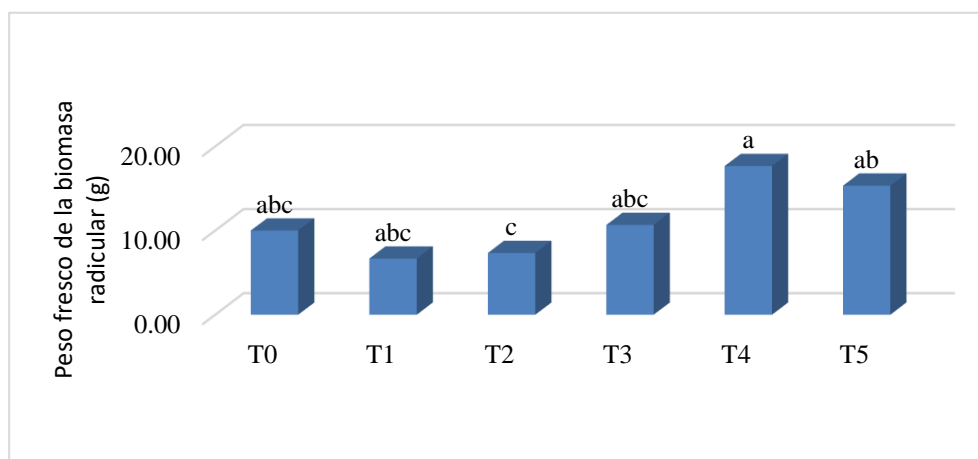


Figura 9.

Comparación de medias del peso fresco de la biomasa radicular de los plantones a los 150 días después de la emergencia de los tratamientos T0, Testigo: 4,82 kg de SFA; T1, 0,48 kg de CEPA + 4,34 kg de SFA; T2, 1,20 kg de CEPA + 3,62 kg de SFA; T3, 1,92 kg de CEPA + 2,90 kg de SFA; T4, 3,85 kg de CEPA + 0,97 kg de SFA; T5, 4,82 kg de CEPA. Medias seguidas por la misma letra no tienen diferencias significativas entre sí, por la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

4.2.7.2. Peso seco de la biomasa radicular de los plantones

En la Tabla 11, El ANOVA para el peso seco de la biomasa radicular de los plantones, no se encontró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con diferentes dosis de CEPA ($p = 0,0718$). El Coeficiente de Variación (CV) de 12,85% es bajo, lo que sugiere una buena precisión experimental.

Tabla 11. Análisis de varianza para peso seco radicular.

F V	GL	SC	CM	FC	Sig	p-valor
Tratamiento	5	18,94	3,78	2,73	NS	0,0718
Error exp.	12	16,66	1,38			
Total	17	35,61				

CV=12,85%,

CV = Coeficiente de variación, NS = No significativa, FV = Fuente de variación, GL = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrado medio, FC = Valor de F.

En la Figura 10. se presentan las medias del peso seco de la biomasa radicular (g.) de los plántones de cacao bajo seis tratamientos con distintas proporciones de CEPA y SFA. Las letras sobre cada barra corresponden a la agrupación estadística según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Todos los tratamientos aparecen con la misma letra, lo que indica ausencia de diferencias estadísticas entre ellos, los valores oscilaron entre 2,33 g. y 5,00 g. El T4 y T5 mostraron los valores más altos (5,00 g.), aunque estadísticamente no superaron al resto. T1 (0,48 kg CEPA + 4,34 kg SFA) presentó el menor valor con 2,33 g, pero sin diferencia significativa frente a los demás.

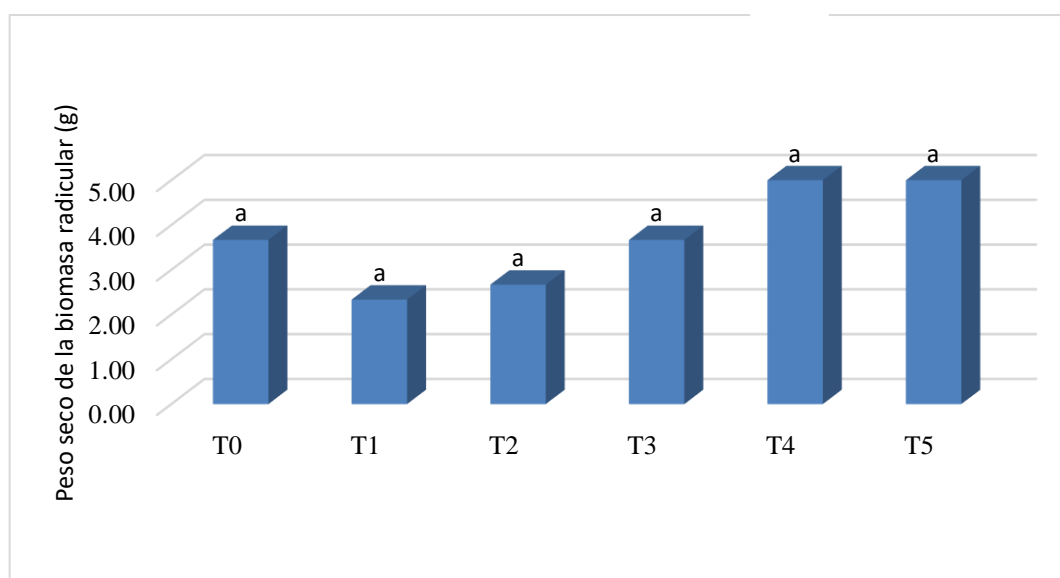


Figura 10.

Comparación de medias del peso seco de la biomasa radicular de plántones a los 150 días después de la emergencia de los tratamientos T0, Testigo: 4,82 kg de SFA; T1, 0,48 kg de CEPA + 4,34 kg de SFA; T2, 1,20 kg de CEPA + 3,62 kg de SFA; T3, 1,92 kg de CEPA + 2,90 kg de SFA; T4, 3,85 kg de CEPA + 0,97 kg de SFA; T5, 4,82 kg de CEPA. Medias seguidas por la misma letra no tienen diferencias significativas entre sí, por la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

4.2.7.3. Análisis físico-químico del SFA

Tabla 12. Análisis de caracterización físico-químico e interpretación del sustrato.

Parámetro	Valor	Interpretación
pH (1:1)	6,16	El pH es adecuado para el cultivo de cacao, que prefiere suelos ligeramente ácidos a neutros (5.5-7). Un pH de 6.16 es ideal para una buena disponibilidad de nutrientes.
Conductividad Eléctrica (dS/m)	0,12	Baja conductividad, lo que indica que el suelo no tiene exceso de sales solubles. Es adecuado para el desarrollo de las raíces y evita el estrés salino.
Materia Orgánica (%)	2,29	Un buen nivel de materia orgánica que favorece la estructura del suelo, mejora la retención de agua y proporciona nutrientes.
N Total (%)	0,12	El nivel de nitrógeno es bajo. Es importante incorporar fertilizantes ricos en nitrógeno para promover el crecimiento de los plántones jóvenes de cacao.
P disponible (ppm)	9,61	El P disponible es adecuado, ya que el cacao requiere cantidades moderadas de fósforo para un buen desarrollo de raíces.
Potasio disponible (ppm)	102	El K disponible es adecuado para el cultivo, ya que es esencial para la salud general de los plántones, la formación de frutos y la resistencia al estrés.
Ca (cmol/kg)	4,56	El Ca está en niveles buenos. Es crucial para la estructura celular y la salud de las raíces en el cacao.
Mg (cmol/kg)	1,19	El Mg es adecuado para el cacao, contribuyendo a la fotosíntesis y la formación de clorofila.
Sodio (Na) (cmol/kg)	0,10	Bajo contenido de Na, lo cual es positivo. El exceso de Na puede ser tóxico para los plántones.
CIC efectiva (CICe)	9,98	Buena capacidad de retención de nutrientes, lo que indica que el suelo puede sostener y liberar nutrientes esenciales como Ca, Mg y K.
Saturación de Bases (%)	100	Excelente saturación de bases, lo que indica un equilibrio adecuado de nutrientes esenciales en el suelo.
Textura	Franco-arcillosa	Una textura franco-arcillosa es ideal para el cacao, ya que proporciona un buen equilibrio entre drenaje y retención de agua.
Fracción Granulométrica	Arena 44.36%, Limo 22%, Arcilla 33.64%	La distribución de partículas es adecuada para el cacao, ya que permite un buen balance entre aireación y retención de agua.

El análisis de suelo indica condiciones favorables, con un pH adecuado, baja salinidad y buen contenido de materia orgánica. Los nutrientes como P, K, Ca y Mg están en niveles óptimos, aunque el N es bajo que requiere fertilización. La textura franco-arcillosa y la capacidad de retención de nutrientes aseguran un buen desarrollo radicular y crecimiento saludable de las plantas.

4.2.7.4. Análisis del CEPA

Tabla 13. Análisis e interpretación del compost de escobajo de palma aceitera.

Parámetro	Valor	Interpretación
pH (1:2.5)	7,81	El pH es alcalino, característico de este tipo de compost
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,01	Muy baja conductividad, lo que indica que no hay exceso de sales solubles en el compost, ideal para el desarrollo de las raíces sin estrés salino.
Materia orgánica (%)	15,39	Alta cantidad de materia orgánica, excelente para mejorar la estructura del suelo, la retención de agua y la disponibilidad de nutrientes.
N total (%)	1,21	El nivel de N es adecuado para el crecimiento vegetativo de los plántones de cacao, promoviendo el desarrollo de hojas y raíces.
P (%)	0,34	El P está en niveles adecuados para el desarrollo de las raíces del cacao, que requiere cantidades moderadas de este nutriente.
K (%)	1,56	El K es adecuado, esencial para la salud general de los plántones, la resistencia al estrés y la formación de frutos en el cacao.
Ca (%)	0,78	El Ca está en niveles bajos y, es vital para la estructura celular y el desarrollo de raíces. No obstante, estos resultados son característicos de este tipo de matriz.
Mg (%)	0,60	El Mg está en niveles bajos, este elemento contribuye a la fotosíntesis y la formación de clorofila. No obstante, estos resultados son característicos de este tipo de matriz.
S (%)	0,13	El S está en niveles bajos. El azufre es importante para la síntesis de proteínas en los plántones, por lo que podría considerarse una adición. No obstante, estos resultados son característicos de este tipo de matriz.
Na (%)	0,04	Bajo contenido de Na, lo cual es positivo, ya que el exceso de sodio puede ser tóxico para los plántones.
Hierro (Fe), (mg/kg)	3973,68	Alta concentración de Fe, esto puede causar toxicidad en los plántones.
Zn (mg/kg)	84,21	Niveles adecuados de Zn, esencial para la síntesis de proteínas y el crecimiento de las raíces.
Manganeso (Mn), (mg/kg)	336,84	Buen nivel de Mn, que es importante para la fotosíntesis y la resistencia a enfermedades.
Boro (B), (mg/kg)	21,05	Nivel adecuado de B, esencial para la división celular y el desarrollo de las raíces del cacao.

El CEPA muestra buenas características, con buen contenido de materia orgánica y nutrientes básicos como N, P y K, muestra un pH alcalino y con baja salinidad, lo que ayuda el desarrollo radicular. Sin embargo los niveles de Ca, Mg y S están bajos, que son típicos de este compost. También se observa una alta concentración de Fe lo que podría presentar un riesgo para las plantas si no se maneja adecuadamente, mientras que otros micronutrientes están en niveles adecuados.

4.3. Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis en esta investigación se centró en utilizar el ANOVA para comparar las medias de crecimiento de los plántones entre los distintos tratamientos con CEPA y el testigo, con el objetivo de determinar si el compost tiene un efecto estadísticamente significativo en el crecimiento de los plántones de cacao.

Esto significa que, para muchas variables, el uso del CEPA sí afectó significativamente el crecimiento de los plántones de cacao. En este caso, se rechazó la Hipótesis Nula (H_0) y se aceptó la Hipótesis Alternativa (H_a) para las siguientes variables biometría de plántones de cacao en vivero como son: incremento de diámetro de tallo, longitud de radicular de plántones, volumen radicular, biomasa aérea (peso seco aéreo y peso fresco aéreo) y biomasa radicular de los plántones (peso fresco radicular).

Así mismo, para el indicador de las variables como: el incremento de altura de plántones, área foliar y biomasa radicular (peso seco radicular), no hay evidencia estadística suficiente para concluir que el compost de CEPA no afectó significativamente el crecimiento de los plántones de cacao; por lo que no se rechazó la Hipótesis Nula (H_0).

4.4. Discusión de resultados

4.4.1. Altura de los plántones

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 7 y la Figura 2, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en cuanto al incremento en la altura de los plántones, desde los 15 hasta los 150 días después del repique. No obstante, el tratamiento T1 (0,40 kg de CEPA + 3,60 kg de SFA) registró el mayor incremento en altura, alcanzando un promedio de 56,67 cm, superando ligeramente a los demás tratamientos. Los resultados coinciden con

Serruche (2023) quien evidenció que dosis moderadas de compost de palma aceitera favorecieron el crecimiento en altura de plántones de cacao, lo que coincide parcialmente con la tendencia observada en los tratamientos con compost. No obstante, Villanueva (2018) reportó que el guano de isla en proporción de compost y de tierra generó mayores incrementos de altura, lo que sugiere que otros abonos orgánicos pueden tener un efecto más marcado que el compost de palma en esta variable. A pesar de ello, la respuesta positiva observada en dosis altas de CEPA (T5) se relaciona con lo señalado por Eugenio (2016), quien destacó la importancia de la adición de materia orgánica en suelos franco arcillosos para mejorar la biometría de los plántones.

4.4.2. Diámetro del tallo

De la Tabla 8 y Figura 3, de acuerdo al análisis de varianza, existe diferencias significativas entre los tratamientos y con la prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0,05$) el T5: 4,82 kg de CEPA presentó el mayor incremento con 8,79 mm, obtenidos desde los 15 hasta los 150 días después del repique, siendo estadísticamente superior al grupo conformado por los tratamientos T2, T3 y T4, que registraron los valores más bajos.

Este resultado evidencia un efecto positivo del compost de escobajo de palma aceitera en la vigorosidad de los plántones, lo cual se atribuye a la mejora de la estructura del sustrato y al aumento de la disponibilidad de nutrientes. Tal como Romero (2018) encontró resultados similares al evaluar el compost de escobajo en palma aceitera, donde las dosis más altas mejoraron significativamente el diámetro y la biomasa. Asimismo, Cruzado (2023) reportó que el uso de tierra agrícola como sustrato base promovió un mejor diámetro en plántones de cacao, lo que confirma que la calidad del sustrato es determinante para esta variable. De manera semejante, Cortes y Torres (2024) resaltaron que la incorporación de arena en el sustrato favorece el

desarrollo del tallo debido a la aireación y drenaje, factores que también se potencian con la inclusión de compost. En este contexto, se puede afirmar que el uso exclusivo de CEPA constituye una alternativa eficaz para incrementar el diámetro del tallo en vivero.

4.4.3. Área foliar de los plantones

De acuerdo a la Tabla 9 y Figura 4, conforme al análisis de varianza, de los resultados obtenidos no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, sin embargo, el T5 presento mayor promedio de 134,34 cm² seguido del testigo T0 (150,98 cm²), lo cual sugiere una tendencia favorable del uso exclusivo de CEPA. Este resultado contrasta con lo reportado Villanueva (2018) quien observó que la gallinaza en proporciones moderadas con tierra promovió mayor número de hojas y área foliar en cacao, mostrando que la fuente de abono orgánico puede marcar diferencias en esta variable. En cambio, Serruche (2023) sí reportó un incremento significativo del área foliar con la adición de compost de palma, lo cual no fue corroborado en este estudio, posiblemente debido a la corta duración del ensayo y a la composición del suelo utilizado. A pesar de la ausencia de significancia, la tendencia favorable del CEPA en dosis altas coincide con lo señalado por Romero (2018), quien resaltó que este compost mejora la capacidad de intercambio catiónico y la absorción de nutrientes, lo cual a largo plazo podría traducirse en mayores incrementos del área foliar.

4.4.4. Longitud radicular de los plantones

De la Tabla 10 y la Figura 5 de acuerdo al análisis de varianza se encontró

diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos estudiados, y con la prueba de tukey ($p < 0,05$), el T5 (4,82kg de CEPA) obtuvo la mayor media (42,00 cm) y se ubicó en el grupo estadísticamente superior (letra “a”), junto con T2 (38,70 cm) y T0 (36,70 cm), lo que indica que estos tres tratamientos no difieren significativamente entre sí. El tratamiento T4 (28,30 cm) se ubicó en un grupo intermedio (“b”), estadísticamente inferior a T5, T2 y T0, pero superior a los tratamientos con menor respuesta radicular. Por otro lado, los tratamientos T3 (23,70 cm) y T1 (21,30 cm) se situaron en los grupos inferiores (“bc” y “c”, respectivamente), evidenciando diferencias estadísticas significativas frente a los tratamientos con mayores promedios.

Esto demuestra que el compost de escobajo de palma aceitera, en proporciones altas, muestra energía el crecimiento del sistema radicular. Este resultado coincide con lo señalado por Serruche (2023), quien encontró que la incorporación de compost de palma promovió un mayor desarrollo de raíces en plántones de cacao. De manera similar, Villanueva (2018) reportó que la proporción de compost más tierra generó la mayor longitud radicular en cacao, lo que refuerza el índice del compost como promotor de la expansión de raíces. Asimismo, Eugenio (2016) resaltó que el estiércol de vaca en combinación con suelo franco arcilloso incrementó notablemente la altura y biomasa, resultados comparables al efecto observado con CEPA en la presente investigación. Estos hallazgos indican que el compost no solo mejora las propiedades físicas del sustrato, sino que también facilita la exploración radicular en busca de agua y nutrientes.

4.4.5. Volumen radicular de los plántones

En la Tabla 11 y Figura 6, de acuerdo al análisis de varianza existe diferencias significativas entre los tratamientos, y con la prueba de comparación de medias tukey

($p < 0,05$), el tratamiento T4 (3,85 kg de CEPA + 0,15 kg de SFA) registró el mayor valor promedio de volumen radicular (416,67), conformando el grupo estadístico superior (“a”), significativamente diferente del tratamiento T2 (406,67) y T1 (406,67), ambos clasificados dentro del grupo inferior (“b”).

Por otro lado, los tratamientos T0 (409,67), T3 (411,67) y T5 (413,00) se ubicaron en un grupo intermedio, etiquetado como “ab”, sin diferenciarse significativamente de T4 ni de T1-T2. Esto sugiere que estos tratamientos presentaron respuestas similares en cuanto al volumen radicular, sin superar estadísticamente al tratamiento T4.

Diversos autores han reportado que el volumen y la calidad del sustrato influyen directamente en el desarrollo radicular de los plántones de cacao.

Este comportamiento es relacionado con lo indicado por Villanueva (2018), quien reportó que el guano de isla en proporciones con de tierra generó mayor volumen radicular en cacao. Además, Cortes y Torres (2024) mencionaron que la arena en la mezcla del sustrato favoreció la aireación y drenaje, contribuyendo indirectamente al volumen de raíces, efecto que también puede lograrse con la estructura más porosa que aporta el compost. En este contexto, el incremento en el volumen radicular con CEPA puede atribuirse a la mejora en la capacidad de retención de humedad y a la mayor disponibilidad de nutrientes como potasio y nitrógeno.

4.4.6. Biomasa aérea de los plántones

4.4.6.1. Peso fresco de la biomasa aérea de los plántones

De la Tabla 12 y la Figura 7, el análisis de varianza mostro diferencias estadísticas altamente significativas, confirmando con la prueba de tukey ($p < 0,05$). El tratamiento T5 (4,82 kg de CEPA) registró el valor promedio más alto con 74,00 g,

ubicándose en un grupo estadísticamente diferente (“b”), lo cual indica un efecto significativamente superior en el peso fresco aéreo. En cambio, los tratamientos T0, T1, T2, T3 y T4, cuyos promedios oscilaron entre 41,67 y 50,00 g, se agruparon dentro del mismo grupo estadístico (“a”), sin mostrar diferencias significativas entre ellos.

Estos resultados indican que la biomasa aérea fresca responde de manera directa a la disponibilidad de agua y nutrientes en el sustrato enriquecido con compost, favoreciendo la turgencia y la acumulación de tejidos vegetativos. Asimismo, Villanueva (2018) indicó que el uso de gallinaza en proporciones adecuadas también promueve mayor número de hojas y área foliar, lo que refuerza que las enmiendas orgánicas diversifican los aportes nutricionales y potencian el crecimiento aéreo. Por tanto, la mayor respuesta del T5 se explica por la acción sinérgica de la materia orgánica del compost, que mejora la retención de humedad y promueve una absorción eficiente de nutrientes, lo que se traduce en un incremento del peso fresco aéreo de los plantones de cacao. Asimismo, Eugenio (2016) encontró incrementos en biomasa fresca aérea con proporciones de vacasa en plantones de cacao, lo que refuerza la idea de que los abonos orgánicos tienen efectos positivos comparables a los fertilizantes convencionales. Este comportamiento coincide con lo reportado por Serruche (2023), quien señaló que la adición de compost de palma favoreció el crecimiento en altura, diámetro y biomasa de los plantones de cacao, al mejorar la estructura del sustrato y la disponibilidad de nutrientes.

4.4.6.2. Peso seco de la biomasa aérea de los plantones

De la Tabla 13 y la Figura 8 el análisis de varianza mostro diferencias estadísticas altamente significativas, La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$), El tratamiento T5 (4,82 kg de CEPA) obtuvo el mayor valor promedio de peso seco de la biomasa aérea de 38,33 g, y se diferencia

significativamente de todos los demás tratamientos, Los tratamientos T0 (SFA), T1, T2, T3 y T4, no presentan diferencias estadísticas entre sí resultando contar con promedios entre 16,00 y 22,67 g. Esto indica que el uso exclusivo de compost (T5) genera una respuesta agronómica significativamente superior en términos de acumulación de biomasa seca aérea, en comparación con las mezclas CEPA + SFA o el suelo solo.

Esto concuerda con Eugenio (2016), quien reportó que la incorporación de estiércol de vaca en combinación con suelo franco arcilloso incrementó notablemente la materia seca en cacao, reflejando que las fuentes orgánicas mejoran la nutrición sostenida del cultivo. Asimismo, Romero (2018) señaló que el compost de escobajo no solo mejora las propiedades químicas, sino también las físicas del sustrato, facilitando un mayor desarrollo radicular y, en consecuencia, una mayor translocación de nutrientes hacia la parte aérea. Esta relación fue confirmada por Abri y Amirudin (2023), quienes encontraron que las mezclas con estiércol vacuno y arena generaron incrementos en la biomasa total seca de cacao al favorecer un balance entre drenaje y aporte nutricional.

4.4.7. Biomasa radicular de los plantones

4.4.7.1. Peso fresco de la biomasa radicular de los plantones

De la Tabla 14 y la Figura 9, el análisis de varianza y la comparación de medias de la prueba de Tukey ($p < 0,05$) para el peso fresco de la biomasa radicular mostró que T4 (3,85 kg CEPA + 0,15 kg SFA) presentó el valor más alto con 17,67 g, diferenciándose significativamente de T1 con un valor de 6,67 g y T2 con 7,33 g. El tratamiento T5 (4,82 kg CEPA) también evidenció alta biomasa radicular fresca de

15,33 g, ubicándose en el mismo grupo estadístico que T4. En contraste, las dosis bajas de CEPA (T1 y T2) registraron los menores valores. Estos resultados indican que mayores proporciones de compost de escobajo de palma aceitera mejoran significativamente el desarrollo radicular en plantones de cacao.

Esto guarda relación con lo señalado por Cortés y Torres (2024), quienes encontraron que la combinación de sustrato con arena mejoró la aireación y drenaje, lo cual repercutió en un mayor desarrollo de raíces y biomasa en cacao. En el presente estudio, la acción del compost de escobajo podría haber cumplido una función similar al mejorar la porosidad del sustrato, permitiendo un mayor crecimiento radicular y, en consecuencia, un mayor peso fresco.

De manera complementaria, Villanueva (2018) reportó que el uso de compost con tierra agrícola promovió mayor longitud de raíces en cacao, lo que concuerda con la tendencia observada en este trabajo. Asimismo, Romero (2018) destacó que el compost de escobajo incrementa la capacidad de intercambio catiónico del suelo y facilita la absorción de macro y micronutrientes, lo cual estimula el crecimiento radicular inicial.

Estos hallazgos sugieren que la biomasa radicular fresca se ve influenciada no solo por el aporte nutricional del compost, sino también por la mejora física del sustrato, que favorece tanto la retención de agua como la oxigenación de las raíces. Por ello, el incremento del peso fresco radicular en T5 reafirma el potencial del CEPA como enmienda orgánica de alta eficiencia para la producción de plantones vigorosos de cacao.

4.4.7.2. Peso seco de la biomasa radicular de los plantones

De la Tabla 15 y la Figura 10, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, de acuerdo a los promedios obtenidos

en el peso seco de la biomasa radicular de la plantones comparados con la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Sin embargo, el T4 (3,85 kg CEPA + 0,97 kg SFA) y T5 (4,82 kg CEPA) alcanzaron valores más altos (5,00 g.), superando a los demás tratamientos estudiados.

Este comportamiento puede explicarse porque el suelo franco arcilloso utilizado como base en todos los tratamientos ya posee características adecuadas para el desarrollo radicular lo que limitó el efecto diferencial del compost. Resultados similares fueron reportados por Cruzado (2023), quien encontró que la tierra agrícola sola o en combinación con arena generó los mejores valores de biomasa en cacao, mientras que la adición de otros componentes no siempre promovió un efecto adicional.

No obstante, la tendencia observada en el presente trabajo coincide con lo planteado por Serruche (2023), quien destacó que el compost de palma aceitera puede mejorar la biomasa radicular dependiendo de la proporción utilizada en la mezcla. En la misma línea, Abri y Amirudin (2023) enfatizaron que el equilibrio entre nutrientes y estructura física del sustrato es determinante para un aumento significativo de la biomasa seca en raíces.

En este sentido, aunque los resultados no alcanzaron significancia estadística, la ligera mejora en T5 evidencia que el CEPA podría tener un efecto positivo acumulativo a largo plazo en el desarrollo radicular, favoreciendo la persistencia y adaptación de los plantones en campo definitivo.

4.4.8. Análisis físico-químico del SFA

El análisis del SFA muestra condiciones favorables para el cultivo de cacao, con un pH de 6,16 que asegura buena disponibilidad de nutrientes, en concordancia con lo indicado por Cortes y Torres (2024). La baja conductividad eléctrica (0,12 dS/m)

refleja ausencia de sales y adecuado desarrollo radicular confirmado por Villanueva (2018). El contenido de materia orgánica mantiene la fertilidad y estructura del suelo, similar a lo señalado por Eugenio (2016). Sin embargo, el nitrógeno presenta un valor bajo (0,12%), mientras el fósforo y el potasio son adecuados. Pero el N puede mejorarse con compost de palma, como sugiere Serruche (2023), La saturación de bases (100%) y la CIC (9,98 cmol/kg) garantizan buena retención y equilibrio de nutrientes lo que constituye que la textura franco-arcillosa es un sustrato firme y productivo, óptimo para el cacao.

4.4.9. Análisis del CEPA

El CEPA presenta características apropiadas para su uso como enmienda orgánica, con un pH alcalino (7,81) y una baja conductividad eléctrica (0,01 dS/m), lo que evita problemas de salinidad. Su alto contenido de materia orgánica (15,39%) mejora la estructura, retención de agua y fertilidad del suelo, coincidiendo con lo señalado por Eugenio (2016) y Romero (2018). Los niveles de nitrógeno (1,21%), fósforo (0,34%) y potasio (1,56%) son apropiados para el crecimiento del cacao, tal como destacan Serruche (2023), Castañeda y Romero (2012). Aunque el calcio, magnesio y azufre son bajos, típico de este tipo de compost. El hierro se encuentra en concentración elevada con (3973,68 mg/kg), por lo que su aplicación debe ser moderada para evitar la toxicidad. En general, el CEPA es un compost equilibrado y nutritivo que puede mejorar el sustrato y favorecer el desarrollo de los plántones de cacao en vivero.

CONCLUSIONES

1. La incorporación del CEPA como abono orgánico en suelos franco arcillosos se presenta como una alternativa eficiente para optimizar el manejo del sustrato en viveros, ya que favorece el incremento del diámetro del tallo, la longitud y el volumen radicular, así como la biomasa total de los plántones de cacao. Estos resultados muestran el potencial del CEPA y abren la posibilidad de impulsar una producción más sostenible y de mayor calidad en la propagación de plántones de cacao."
2. Aunque no se registran diferencias estadísticamente significativas en variables como la altura de los plántones, el área foliar y la biomasa radicular, el tratamiento T5 (4,82 kg de CEPA) concentra la mayor proporción de compost y favorece un incremento notable en la biomasa total. Este comportamiento evidencia una relación positiva dependiente de las proporciones de compost aplicadas y el desarrollo de los plántones, lo que respalda el uso del CEPA como una alternativa efectiva para enriquecer el sustrato y mejorar sus propiedades físicas y nutricionales en viveros, abriendo la posibilidad de nuevas investigaciones orientadas a profundizar en sus efectos.

RECOMENDACIONES

1. Continuar desarrollando investigaciones en cultivos sustentables de la zona, evaluando su comportamiento productivo sin la aplicación de fertilización química, a fin de identificar alternativas que mantengan o incrementen el rendimiento mediante prácticas agroecológicas.
2. Realizar investigaciones aplicando especialmente en proporciones a partir de 3,85 kg por maceta, ya que ha demostrado mejorar significativamente la biomasa aérea y total de los plantones, contribuyendo así a una producción más sostenible y eficiente.
3. Promover la reutilización de residuos de cosecha como el escobajo de palma aceitera, no solo por su aporte sostenible ambiental, sino también como una alternativa económica viable para mejorar la calidad del sustrato en viveros de especies agrícolas de importancia comercial como el cacao.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abri, Abri, and Amirudin Amirudin. 2023. "Growth Response of Cocoa (*Theobroma Cacao* L.) Seedlings on Various Planting Media Administration." *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences* 11(05):26–36. doi:10.36347/sjavs.2023.v10i05.001.
- Agustí, Javier, and Miguel A. Blázquez. 2020. "Plant Vascular Development: Mechanisms and Environmental Regulation." *Cellular and Molecular Life Sciences* 77:3711–28. doi:10.1007/s00018-020-03496-w.
- Amézquita Del Águila, Alex Jair. 2019. "Nivel Óptimo de Bioecol Probac Para La Descomposición Del Escobajo de Palma Aceitera (*Elaeis Guineensis* Jacq) y Nivel Nutricional Del Compost En Ucayali, Perú." Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa.
- Angulo Villacorta, Carlos Darwin, Marco Antonio Mathios Flores, Alfredo Racchumi García, Ricardo Manuel Bardales-Lozano, and Diana Ayala Montejo. 2021. "Growing of Cacao Seedlings (*Theobroma Cacao*) in the Nursery, Using Different Volumes of Substrate." *Manglar* 18(3):261–66. doi:10.17268/manglar.2021.034.
- Aracelly-López, Diana, Luís Fernando Plaza-Avellán, Janeth Rivadeneira-Moreira, Flor María Párraga-Palacios, and Miguel Herrera-Suárez. 2020. "Comparison of Three Variants of Substrate Preparation Used in the Propagation of Cocoa Standards." *Ciencias Técnicas Agropecuarias* 29(3):37–49. <https://eqrcode.co/a/4pz6mB>.
- Araméndiz-Tatis, Hermes, Carlos Cardona-Ayala, and Ender Correa-Álvarez. 2013. "Efecto de Diferentes Sustratos En La Calidad de Plantones de Berenjena (*Solanum Melongena* L.)." *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 7(1):55–61. doi:10.17584/rcch.2013v7i1.2035.
- Arteaga, Andry, Renny Barrios-Maestre, and Carmen Mujica. 2018. "Efecto Del Compost Derivado de Racimos Vacíos de Palma Acitera Sobre El Crecimiento de *Phaseolus Vulgaris* L." 1–6.

- Avendaño Arrazate, Carlos Hugo, Juan Manuel Villarreal Fuentes, Eduardo Campos Rojas, Richar Arnoldo Gallardo Méndez, Alexander Mendoza López, Juan Francisco Aguirre Medina, Alfredo Sandoval Esquivéz, and Saúl Espinosa Zaragoza. 2011. *Diagnóstico Del Cacao En México*. Primera. edited by Universidad Autónoma Chapingo. Mexico.
- Barrezueta unda, Salomón, and Priscila Sisalima Morales. 2021. “Efeccts of Biochar on Plant Development of Theobroma Cocoa L.” *Agroecosistemas/ Revista Para La Transformación Agraria Sostenible* 9(2):86–91.
- Bastide, Philippe, and Geiner Carrillo. 2024. *Guía Técnica Para El Manejo de Viveros de Cacao*. Vol. 22. Cacao Consultant. edited by El Heirloom Cacao Preservation Fund (HCP). Estados Unidos: USAID, USDA.
- Bonadeo, Elena, Inés Moreno, Marcos Bongiovanni, Rosana Marzari, and María José Ganum Gorriz. 2017. *El Sistema Suelo-Plantones. Principios Generales*. 1st ed. edited by UniRio. Argentina.
- Calzada, Benza José, (1970). *Métodos Estadísticos para la Investigación*. Lima – Perú. Editorial Jurídica S.A. Tercera Edición. pp. 644.
- Carbajal Cruz, Roly Kevin. 2018. “Escuela de Formación Profesional de Agronomía.” Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, La Merced.
- Cargua, Jessica Elizabeth, Corayma Maribel Echevarria, and George Alexander Cedeño. 2020. “Efectividad Del Biochar y Biofertilizantes En El Crecimiento y Calidad de Plantones de Cacao.” *Revista ESPAMCIENCIA* 11(2):95–100.
- Castañeda, Tania Galindo, and Hernán Mauricio Romero. 2012. *Compostaje de Subproductos de La de Palma de Aceite En Colombia: Estado Del Arte y Perspectivas de Investigación*. edited by Boletín Técnico N° 31. Colombia: Fedepalma, Cenipalma.

- Castillo Huamán, Lady Cely. 2020. “Evaluación de La Calidad Del Compost Obtenido a Partir de Residuos Orgánicos y Microorganismos Eficaces (EM) En El Distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019.” Universidad Continental, Huancayo.
- Castro Centeno, Santos Eladio, and Francisco Enmanuel Pineda Mairena. 2023. “Crecimiento de Plantones de Cacao En Etapa de Vivero Por Efecto de Sustratos Orgánicos.” Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.
- Chugñay Andrade, Luís Fernando, Julissa Johanna Cantos Bajaña, Jorge Adrián Cárdenas Carrión, and Fanny Del Carmen Ullon Chiriguaya. 2023. “Efecto de Sustratos Orgánicos En La Producción de Plantones de Papa Voladora (*Dioscorea Bulbifera* L.), En Santo Domingo de Los Tsáchilas.” *Boletín Científico IDEAS Y VOCES* 3(3):1373–81.
- Cortes Ávila, Jhonatán, and Laura Melissa Torres. 2024. “Evaluación Del Desarrollo Vegetativo de Plantones de Cacao (*Theobroma Cacao* L) Sometidas a Diferentes Tipos de Sustratos.” Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD.
- Cortés-Patiño, Sandra L., Nelcy P. Vesga-Ayala, Alina K. Sigarroa-Rieche, Laura Moreno-Rozo, and Diana Cárdenas-Caro. 2015. “Sustratos Inoculados Con Microorganismos Para El Desarrollo de Plantones de Cacao (*Theobroma Cacao* L.) En Etapa de Vivero.” *Bioagro* 27(3):151–58.
- Corzo, Jorge Mario. 2013. “Composting with Empty Fruit Bunches for Sale of Emission Reduction Certificates.” *PALMAS* 34(1):125–37.
- Creswell, John W. 2009. *Research Design, Qualitative, Quantitative, and Mixd Methods Approaches*. 3rd ed. edited by University of Nefrasja-Lincoln. Los Ángeles: SAGE.
- Cruzado Ocupa, Yoel Miler. 2023. “Evaluación de Las Características Fenotípicas de Plantones de Cacao Criollo (*Theobroma Cacao* L.) Por Efecto de Cuatro Tipos de Sustratos a Nivel de Vivero, Jaen-Cajamarca 2022.” Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas.

- Cuvi Ramírez, María Beatriz, Yoel Rodríguez Guerra, Karina María Elena Carrera, Mercedes Asanza, and Sandra Soria Rea. 2014. “Efecto de Abonos Orgánicos En El Cultivo de *Theobroma Cacao* L. En Vivero Del ‘Recinto El Capricho’, Provincia de Napo, Ecuador.” *Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador* 31–40.
- Defaz Quilumba, César Leonardo. 2016. “Evaluación de Diferentes Tipos de Sustratos En Vivero de Cacao (*Theobroma Cacao*)”.” Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo - Ecuador.
- Domínguez Torrejón, Gilberto, and María Luz Donayre Gómez. 2006. “Acclimatization Of *Uncaria Tomentosa* (Willd.) Dc. Produced In Vitro.” *Ecología Aplicada* 5(1):1–8.
- Domínguez-Liévano, Alexis, and Saúl Espinosa-Zaragoza. 2021. “Evaluación de Sustratos Alternativos En La Germinación y Crecimiento Inicial de *Hymenaea Courbaril* L. En Condiciones de Vivero.” *Revista Forestal Del Perú* 36(1):107. doi:10.21704/rfp.v1i36.1707.
- Dourojeanni, Marc. 2013. *Loreto Sostenible al 2021*. 1st ed. edited by A. y R. N.-D. Derecho. Lima.
- Espejo Meza, Jhonsthon Ciro. 2010. “Efecto de Diferentes Sustratos En La Producción de Plantones Del *Theobroma Cacao* L ‘Cacao Criollo’ En El Sector de Jacintillo - Tingo María.” Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María.
- Eugenio Hurtado, Eddy B. 2016. “Efecto de Tres Fuentes de Materia Orgánica Para La Obtención de Plantones de Palma Aceitera (*Elaeis Guineensis* Jacq) Híbrido Deli x Lamé Bajo Condiciones de Vivero En Tocache.” Universidad Nacional Agraria De La Selva, Tingo María.
- Field Ssage, Andy. 2018. *Discovering Statistics Using BM Spss Statistics*. 4th ed. edited by SSAGE. Los Ángeles.
- Garbanzo, Gabriel, Eloy Molina, Edgardo Serrano, and Floria Ramírez. 2017. “Efecto de

- Mezclas de Fibra Semicompostada Con Suelo En El Crecimiento y La Tolerancia de Enfermedades En Vivero de Palma Aceitera.” *Agronomía Costarricense* 4(2):47–66.
www.mag.go.cr/revagr/index.htmlwww.cia.ucr.ac.cr.
- Guigues Atoche, Antonio Alejandro. 2019. “Evaluación de Crecimiento de *Cedrela Odorata* y *Grevillea Robusta* En Diferentes Sustratos Durante Su Fase de Propagación, Lima.” Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Gutiérrez R., Mauricio, Raúl Gómez S., and Nelson Facundo Rodríguez L. 2011. “Comportamiento Del crecimiento de Plantones de Cacao (*Theobroma L.*), En Vivero, Sembradas En Volúmenes de Sustrato.” *Corpoica, Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 12(1):33–41. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449945030004>.
- Hidalgo Saavedra, Alan. 2016. “Efecto Del Compost de Residuos Sólidos Municipales Biodegradables y Del Bocashi En El Crecimiento de Plantones de Cacao (*Theobroma Cacao L.*) En Tingo María.” Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María.
- Lagos Burbano, Tulio César, and Hernando Criollo Escobar. 2018. *Herramientas Estadísticas Para La Investigación En Ciencias Agrarias*. Universidad de Nariño.
- Lambers, Hans, F. Stuart Chapin, and Thijs L. Pons. 2008. *Plant Physiological Ecology: Second Edition*. II. edited by Springer. USA: Springer New York.
- Laureano Sinti, Alex Iván. 2014. “Efecto de Tres Dosis de Desechos Industriales En El Desarrollo Vegetativo de Plantones de Palma Aceitera (*Elaeis Guineensis Jacq*) En Condiciones de Vivero En El CC.PP.MM. de Pampa Hermosa-Loreto.” Universidad Nacional de San Martín • Tarapoto, Tarapoto.
- López Jiménez, Cecilia Estefanía. 2023. “Evaluación Del Efecto de Tres Sustratos Orgánicos En El Desarrollo de Plantines de Cacao (*Theobroma Cacao L.*) Milagro-Guayas.” Universidad Agraria Del Ecuador, Ecuador.
- M y O CONSULTING S.A.C. 2008. *Estudio de Caracterización Del Potencial Genético Del*

- Cacao En El Perú*. edited by D. de la C. E. en el P. U.-P. Mincetur. IIMA.
- Madrigal-Valverde, Ángel, and Gabriel Garbanzo-León. 2018. “Uso de Residuos Agroindustriales En Previveros de Palma Aceitera (*Elaeis Guineensis*, *Arecaceae*): Crecimiento y Absorción de Nutrimientos.” *Cuadernos de Investigación UNED* 10(2):257–66.
- Martínez Arévalo, Marié K., and Marielvi C. Oquendo Ramírez. 2021. “Propagación de Vainilla Odorata Con El Uso de Sustratos Orgánicos, Hojarasca de Montaña y Escobajo de Palma Aceitera, Tarapoto- 2021.” Universidad César Vallejo, Tarapoto.
- Mejía B., Ulises. 1949. “Estudio Del Sistema Radicular Del Árbol Del Cacao (*Theobroma Cacao* L.)” Costa Rica.
- Monsalve Camacho, Oscar Iván, Martha Cecilia Henao Toro, and Joan Sebastián Gutiérrez Díaz. 2021. “Characterizing Potential Substrate Materials in Soilless Culture Systems.” *Ciencia Tecnología Agropecuaria* 22(1):1–23. doi:10.21930/RCTA.VOL22_NUM1_ART:1977.
- Montgomery, Douglas C. .. 2017. *Design and Analysis of Experiments*. 9th ed. edited by Wiley. John Wiley & Sons, Inc.
- Moran-Rodríguez, Norlan, Felipe Martínez-Suárez, and Carlos Alberto Bustamante-González. 2020. “Estudio de Diferentes Sustratos Para El Desarrollo de posturas de Cacao (*Theobroma Cacao* L.) Producidas En Bandejas Con Alveolos de 200 Cm³.” *Café Cacao* 19(1):37–44.
- Ortega-Martínez, Luis Daniel, Josset Sánchez-Olarte, Ramón Díaz-Ruiz, and Juventino Ocampo-Mendoza. 2010. “Efecto de Diferentes Sustratos En El Crecimiento de Plantones de Tomate (*Lycopersicum Esculentum* MILL).” *Ra Ximhai* 6(3):365–72.
- Poorter, Hendrik, Karl J. Niklas, Peter B. Reich, Jacek Oleksyn, Pieter Poot, and Liesje Mommer. 2012. “Biomass Allocation to Leaves, Stems and Roots: Meta-Analyses of

- Interspecific Variation and Environmental Control.” *New Phytologist* 193(1):30–50. doi:10.1111/j.1469-8137.2011.03952.x.
- Ramos Agüero, David, and Elein Terry Alfonso. 2014. “Revisión Bibliográfica. Generalidades de Los Abonos Orgánicos: Importancia Del Bocashi Como Alternativa Nutricional Para Suelos y Plantones.” *Cultivos Tropicales* 35(4):52–59.
- Rivera-Rojas, Milton, A. R. Caballero-Lopez, J. A. Arias-Rojas, Y. Romero-Barrera, and D. F. Lombo-Ortiz. 2024. “Efecto de Dos Tipos de Contenedores y Dos Tipos de Fertilización En El Crecimiento de Patrones de Cacao (*Theobroma Cacao* L) Bajo Condiciones de Vivero.” *Biotecnia* 26:408–15. doi:10.18633/biotecnia.v26.2057.
- Romero Mera, Tommy Karl. 2018. “Efecto Del Compost de Escobajo, En El Desarrollo de Plantones de Palma (*Elaeis Guineensis* Jacq. 1763), Bajo Condiciones de Vivero, En La Empresa INDUPALSA-Caynarachi-Lamas.” Universidad Nacional De San Martín-Tarapoto, Tarapoto.
- Rosales Gómez, Juan José. 2018. “Impacto Del Picado de Racimos En Vacíos de Palma Aceitera Sobre El Tiempo y Calidad de Compostaje; Naturaceites S.A.” Universidad Rafael Landívar, Zacapa.
- Sebastián Rodríguez, Wilber Delvín. 2021. “Aplicación de Dos Dosis de Abonos Orgánicos (Mallki y Compost de Escobajo de Palma Aceitera) En El Cultivo de Pepinillo Regional (*Cucumis Sativus* L.) En La Universidad Nacional de Ucayali.” Universidad Nacional De Ucayali, Ucayali.
- Serruche, Karla Su. 2023. “Efecto de La Aplicación de Compost de Palma Aceitera (*Elaeis Guineensis* Jacq) En El Crecimiento de Plantones de Cacao (*Theobroma Cacao* L.) Clon IMC 67 En La Universidad Nacional de Ucayali.” Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa.
- Taiz, Lincoln, and Eduardo Zeiger. 2006. *Fisiología Vegetal*. Vol. 2. 3rd ed. edited by Inc.

- Sinauer Associates. California, Los Ángeles: Universidad de California, Los Ángeles.
- Tolagasi Saavedra, Geovanna Carolina. 2013. “Producción de Abono Orgánico a Partir de Los Subproductos de Extracción de Aceite de Palma Africana y Su Aplicación En Cultivo de Papa a Escala de Laboratorio.” Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Tuesta, Oscar A., Juan C. Tuesta, Robert Rafael-Rutte, Enrique Arévalo-Gardini, Juan M. Vela L., and Cesar O. Arévalo-Hernández. 2024. “Effect of Oil Palm Compost and Sandy Soil on the Growth of Cacao (*Theobroma Cacao* L.) Seedlings.” *Agronomía Mesoamericana* 35:1–12. doi:10.15517/am.2024.57921.
- Tuesta-Pinedo, Ángel Luis, Erick Trigozo-Bartra, Jaime José Cayotopa-Torres, Enrique Arévalo-Gardini, Cesar Osvaldo Arévalo-Hernández, Luis Benigno Zúñiga-Cernadez, and Betsabé Leon-Ttacca. 2017. “Optimización de La Fertilización Orgánica e Inorgánica Del Cacao (*Theobroma Cacao* L.) Con La Inclusión de *Trichoderma* Endófito y Micorrizas Arbusculares.” *Revista Tecnología En Marcha* 30(1):67. doi:10.18845/tm.v30i1.3086.
- Umor, Noor Azrimi, Sumaiyah Abdullah, Azhar Mohamad, Shahrul Bin Ismail, Siti Izera Ismail, and Azizah Misran. 2021. “Energy Potential of Oil Palm Empty Fruit Bunch (Efb) Fiber from Subsequent Cultivation of *Volvariella Volvacea* (Bull.) Singer.” *Sustainability (Switzerland)* 13:1–15. doi:10.3390/su132313008.
- Villanueva Huamaní, L. O. (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 [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
- Weil, Ray R., and Nyle C.. Brady. 2017. *The Nature and Properties of Soils*. 15th ed. Boston: Pearson.
- Windiastuti, Elsa, Suprihatin Suprihatin, Yazid. Bindar, and Udin. Hasanudin. 2022. “Identification of Potential Application of Oil Palm Empty Fruit Bunches (EFB): A

Review.” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1063(1):1–13.

doi:10.1088/1755-1315/1063/1/012024.

ANEXOS



Foto 1. Limpieza del campo para el vivero



Foto 2. Instalación del vivero



Foto 3. Obtención del sustrato



Foto 4. Llenado de macetas



Foto 5. Siembra de las semillas en la maceta



Foto 6. Se realizo el riego cada 4 días y deshierbo de forma manual cada 15 días.



Foto 7. Medición de altura de plántones, con una wincha en cm.



Foto 8. Medición del diámetro del tallo, realizado con un vernier milimétrico.



Foto 9. Determinación del área foliar, medido con el software imageJ en cm².



Foto10. Evaluación de la longitud y volumen radicular, se realizó en el laboratorio de la UNAAA.



Foto 11. Peso de la biomasa aérea y radicular.



INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
INVESTIGACION Y EXTENSION AGRICOLA PARA LA AMAZONIA PERUANA

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS - CARACTERIZACIÓN

N° DE SOLICITUD : AS-309-21
SOLICITANTE : OSCAR TUESTA HIDALGO
PROCEDENCIA : YURIMAGUAS
CULTIVO : PURMA

FECHA DE MUESTREO : 04/10/2021
FECHA DE RECEP. LAB : 13/10/2021
FECHA DE REPORTE : 15/10/2021

ITEM	NUMERO DE MUESTRA			pH	C.E.	CaCO ₃	M.O.	N	P	K	CIC	CICef	Ca	Mg	K	Na	Al ³⁺	Suma de Bases	Saturación de Bases	Saturación de Al ³⁺	ANALISIS GRANULOMETRICO			CLASE TEXTURAL	
	LABORATORIO	CAMPO			dS/cm	%	%	%	ppm	ppm	cmolc/kg									%	%	ARENA %	LIMO %		ARCILLA %
1	21	8	1905	FUNDO	6.16	0.12	<0,3	2.29	0.12	9.61	102	9.58	6.11	4.56	1.19	0.26	0.10	0.00	9.98	100.00	0.00	44.36	22.00	33.64	Fra-Arc

METODOS:	
TITULACION	: NITROMETRO
pH	: POTENCIOMETRO SUSPENSION SUELO-AQUA RELACION 1:2.5
CONDUC. ELECTRICA	: CONDUCIMETRO SUSPENSION SUELO-AQUA 1:2.5
CARBONATOR	: GAS - VOLUMETRICO
POTENCIO DEL POCIBLE	: CUBEN MODIFICADO EXTRACT. NaHCO ₃ +0.5M, pH 5.5 Esp. VS
POTENCIO Y SODIUM INTERCAMBIABLE	: (H ₂ C ₄ O ₄) ₂ ·H ₂ O, pH 7, Alabonlin Alabonlin
MATERIA ORGANICA	: WALKLEY y BLACK
CALCIO Y MAGNESIO INTERCAMBIABLE	: EXTRACT. NaHCO ₃ o (NH ₄) ₂ CO ₃ +H ₂ O, pH 7, Alabonlin Alabonlin
ACIDEZ INTERC.	: EXTRACT. Na ₂ S ₂ O ₄ , VOLUMETRIA
ACIDEZ POTENCIAL	: WIGMORE FF MODIFICADO
OC pH 7.5	: ACIDEZ POTENCIAL-SUMA DE BASES

LA BANDA DEL SHILCAYO, 15 DE OCTUBRE DE 2021

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
TARAPOTO - PERU

Cesar O. Arvalo Hernandez, MSc
JEFE DE DPTO. DE SUELOS

Foto 12. Análisis físico-químico del sustrato.



INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONÍA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS

REPORTE DE ANÁLISIS DE FERTILIZANTES

N° SOLICITUD : AFER012-22
 SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE ALTO AMAZONAS
 PROCEDENCIA : YURIMAGUAS
 TIPO DE FERTILIZANTE : ESCOBAJO DE PALMA ACEITERA

FECHA DE MUESTREO : 05/05/2022
 FECHA DE RECEP. LAB : 09/05/2022
 FECHA DE REPORTE : 13/05/2022

ITEM	Número de Muestra				pH	C.E. dS/m	N %	P %	S-SO ₄ ²⁻ %	Potasio %	Calcio %	Magnesio %	Sodio %	Zinc ppm	Cobre ppm	Manganeso ppm	Hierro ppm	Boro ppm	M.O %
	Laboratorio	Campo																	
01	22	05	0036	MUESTRA-1	7.81	0.01	1.21	0.34	0.13	1.56	0.78	0.60	0.04	84.21	31.58	336.84	3973.68	21.05	15.39

METODOLOGIA:
 pH : Potenciometro (1:2.5)
 CONDUCT. ELECTRICA : Conductímetro (1:2.5)
 NITROGENO : Norma Técnica Peruana 311.011.2014
 FOSFORO, POTASIO, CALCIO, MAGNESIO,
 AZUFRE, SODIO, HIERRO, COBRE, ZINC,
 MANGANESO, BORO, CADMIO : Norma Técnica Peruana 311.557.2013
 MATERIA ORGANICA : WALKLEY y BLACK

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.

La Banda de Shilcayo, 13 de Mayo del 2022

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
 TARAPOTO, PERU

 Enrique Arévalo Gardini, Ph. D
 COORDINADOR GENERAL

Foto 13. Análisis del compost de escobajo de palma aceitera

BILL SALAS

Efecto del compost de escobajo de palma aceitera en el crecimiento de plantones de cacao bajo condiciones de vivero ...

 Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::15388:519325690

Fecha de entrega

28 oct 2025, 9:17 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

28 oct 2025, 9:20 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

RESUMEN- RECOMENDACIONES BILL.pdf

Tamaño del archivo

2.4 MB

58 páginas

14.470 palabras

73.653 caracteres




13% 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 10 palabras)

Fuentes principales

- 11%  Fuentes de Internet
- 4%  Publicaciones
- 10%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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.