

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TIPO Y DOSIS DE BIOESTIMULANTES EN LA OBTENCIÓN DE PLANTONES DE
Theobroma cacao

TESIS

Para optar el título de:
INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:
IVAN FIGUEREDO SANGAMA

Asesores:
GIANNFRANCO EGOÁVIL JUMP
JIMMY ALCIDES OCAÑA REYES

Tingo María – Perú
2025



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Km 1.21 carretera Tingo María. Telf. (062) 561136 E.mail: fagro@unas.edu.pe.

"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N° 012-2025-FA-UNAS

BACHILLER : IVAN FIGUEREDO SANGAMA

TÍTULO : TIPO Y DOSIS DE BIOESTIMULANTES EN LA OBTENCIÓN DE PLANTONES DE *Theobroma cacao*.

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Dr. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO
VOCAL : M.Sc. JORGE LUIS ADRIAZOLA DEL AGUILA
VOCAL : Ing. JORGE CERON CHAVEZ

ASESORES : M.Sc. GIANNFRANCO EGOAVIL JUMP
M.Sc. JIMMY ALCIDES OCAÑA REYES

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 11/06/2025

HORA DE SUSTENTACIÓN : 09:00 A.M.

LUGAR DE SUSTENTACIÓN : Sala de Audiovisuales de la F.A.

CALIFICATIVO : BUENO

RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 11 DE JUNIO DEL 2025

Dr. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO
PRESIDENTE

M.Sc. JORGE LUIS ADRIAZOLA DEL AGUILA
VOCAL

Ing. JORGE CERON CHAVEZ
VOCAL

M.Sc. GIANNFRANCO EGOAVIL JUMP
ASESOR

M.Sc. JIMMY ALCIDES OCAÑA REYES
ASESOR



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
 "Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 396 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Cientifico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un Índice de similitud no mayor del 25% y contenido generado por Inteligencia Artificial menor o igual al 20%. Según establece el Art. 29° y 30° del Acuerdo Nro.017-2025-CIUNAS-VRI-UNAS.

Programa de Estudio:

Agronomía

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
TIPO Y DOSIS DE BIOESTIMULANTES EN LA OBTENCIÓN DE PLANTONES DE Theobroma cacao	IVAN FIGUEREDO SANGAMA	08 % Ocho	Menor a 20 %

Tingo María, 27 de noviembre de 2025.

 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 UNIDAD DE SOPORTE CIENTIFICO

 ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES
 JEFE

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TIPO Y DOSIS DE BIOESTIMULANTES EN LA OBTENCIÓN DE PLANTONES DE
Theobroma cacao

- Autor** : Ivan Figueredo Sangama
- Asesor** : M. Sc. Giannfranco Egoávil Jump
: M. Sc. Jimmy Alcides Ocaña Reyes
- Área de investigación** : Ciencias agrícolas
- Línea (s) de investigación** : Propagación de plantas y sistemas de producción agrícola
- Eje temático de investigación** : Propagación de plantas
- Lugar de ejecución** : Vivero de la Facultad de Agronomía
- Duración del trabajo** : 8 Meses
- Financiamiento** : S/ 5 425,00



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
VICERRECTOR DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación
Unidad de Gestión de la Investigación

FORMATO PARA REGISTRAR LA TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
UNIVERSITARIO

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la selva
Facultad : Agronomía
Escuela profesional : Agronomía
Departamento académico : Ciencias agrarias

Título de la tesis : Tipo y dosis de bioestimulantes en la obtención de
plantones de *Theobroma cacao*
Objetivo general : Evaluar el efecto de un tipo y diferentes dosis de
bioestimulantes en la obtención de plantones de *Theobroma*
cacao
Autor de la tesis : Ivan Figueredo Sangama
DNI : 73685963
Correo electrónico : ivan.figueredo@unas.edu.pe
Asesores : M. Sc. Giannfranco Egoávil Jump
: M. Sc. Jimmy Alcides Ocaña Reyes
Área de investigación : Ciencias agrícolas
Grupo de investigación : Plantas agrícolas, medicinales, ornamentales y florísticos-
PLAMOF
Línea de investigación : Propagación de plantas y sistemas de producción agrícola
Lugar de Ejecución : Vivero de la Facultad de Agronomía
Fecha de inicio : Abril del 2023
Fecha de finalización : Noviembre del 2023
Presupuesto : S/. 5 425,00
Financiamiento : Propio (x) FIF () Externo ()

Según: Resolución: N° 461-2023-R-UNAS y Resolución: N° 295-2023-R-UNAS

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por orientarme hacia el camino correcto y por su amor espiritual que me brindó, la fortaleza y la sabiduría necesarias para concluir mi educación universitaria.

Agradezco a mi mamá Haydee Sangama Canales, mi papá Carlos Alberto Figueredo Zegarra por ser mi respaldo para cumplir mis metas, además me inculcaron los principios que contribuirán a mi formación como ciudadano.

Agradezco a toda mi familia en especial a mi hermana Liz Katty Figueredo Sangama por brindarme su respaldo constante.

A mi hijo Neithan Evans Figueredo Leon, quien es la motivación y razón principal de mi esfuerzo y dedicación.

A mi esposa, Alexa Minerva Almerco Vásquez, por su amor incondicional y su constante apoyo, que han sido fundamentales en la realización de este trabajo

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María, y en especial a los distinguidos profesores de la Facultad de Agronomía, cuya generosidad al compartir sus vastos conocimientos ha sido fundamental para mi crecimiento profesional.
- A mis asesores, M. Sc. Giannfranco Egoávil Jump y M. Sc. Jimmy Alcides Ocaña Reyes cuyas orientación constante y valiosos consejos fueron esenciales durante todas las etapas de este arduo trabajo de investigación de tesis.
- Al presidente del jurado, Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano, por su respaldo y sabia orientación en esta etapa crucial, su liderazgo y perspicacia fueron pilares fundamentales para la culminación exitosa de esta tesis.
- A los distinguidos miembros del jurado, M. Sc. Jorge L. Adriazola del Águila y el Ing. Jorge Ceron Chavez, agradezco sus valiosas sugerencias y aportes que, sin duda, contribuyeron significativamente a enriquecer la calidad y presentación del informe de tesis.
- A mi esposa, Alexa Minerva Almerco Vásquez, por su amor incondicional y su inquebrantable apoyo, su compañía y aliento han sido pilares fundamentales.
- Al Ing. Erick Tantalean por su valioso apoyo y orientación durante el crecimiento de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades del cultivo de <i>Theobroma cacao</i>	3
2.2. Plántones de <i>Theobroma cacao</i>	3
2.2.1. Manejo de la producción de plántones	3
2.2.2. Uso de semillas de cacao para el experimento	4
2.2.2.1. CMP-15	4
2.2.2.2. CCN-51.....	5
2.3. Bioestimulantes	6
2.3.1. Importancia de los ácidos húmicos en plántones de vivero.....	7
2.3.2. Importancia de los ácidos fúlvicos en plántones de vivero	7
2.3.3. Carbón líquido	8
2.3.3.1. Composición.....	8
2.3.3.2. Elaboración.....	9
2.3.3.3. Influencia en las plantas	9
2.3.4. Ácidos húmicos y fúlvicos.....	10
2.3.4.1. Composición.....	10
2.4. Antecedentes en estudio	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1. Lugar de ejecución.....	14
3.1.1. Zona de vida.....	14
3.1.2. Registro meteorológico.....	14
3.1.3. Análisis inicial del suelo	15
3.1.4. Procedencia del material vegetal	16
3.2. Diseño estadístico	16
3.2.1. Componentes en estudio	16
3.2.2. Tratamientos en estudio	16
3.2.3. Diseño experimental	17
3.2.4. Dosificación	18
3.2.5. Descripción del campo experimental.....	18
3.2.6. Croquis del campo experimental	19

3.2.7. Análisis estadístico	20
3.2.8. Regresión lineal	20
3.2.9. Coeficiente de determinación	20
3.2.10. Medias de dispersión	20
3.2.11. Variables en estudio.....	21
3.2.12. Frecuencia de evaluaciones	21
3.2.13. Presentación de los resultados	21
3.3. Metodología.....	22
3.3.1. Efecto en el crecimiento de los plantones.....	22
3.3.1.1. Altura, diámetro de tallo y número de hojas de los plantones.	22
3.3.1.2. Longitud y volumen de raíz.....	22
3.3.1.3. Peso fresco y seco de las plantas	23
3.3.2. Influencia en las características del suelo	24
3.3.3. Análisis de rentabilidad	24
3.4. Ejecución del experimento	24
3.4.1. Adquisición y tamizado del sustrato	24
3.4.2. Obtención de los bioestimulantes	25
3.4.3. Llenado de las bolsas	25
3.4.4. Limpieza del área experimental y acomodo de las bolsas	26
3.4.5. Obtención y siembra de las semillas.....	26
3.4.6. Aplicación de productos orgánicos.....	27
3.4.7. Manejo agrícola	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1. Efecto en el crecimiento de los plantones	29
4.1.1. Altura, diámetro de tallo y número de hojas.....	29
4.1.2. Longitud y volumen de raíz.....	45
4.1.3. Peso fresco y seco de plantones de cacao	54
4.2. Características del análisis final del suelo	63
4.3. Análisis de beneficio y costo de plantones de cacao	69
V. CONCLUSIONES	72
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	73
VII. BIBLIOGRAFÍA	74
ANEXOS.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Composición detallada de Monty's Liquid Carbon.....	9
2. Composición química del Codahumus	10
3. Datos meteorológicos durante la ejecución del trabajo 2023	15
4. Análisis de caracterización del suelo inicial	15
5. Componentes en estudio	16
6. Tratamientos en estudio	17
7. Dosis y cálculo de aplicación del producto.....	18
8. Modelo del análisis de varianza ($\alpha=0,05$).....	20
9. Resumen del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para altura, diámetro de tallo y número de hojas de plántones de cacao evaluado a los 150 días después de la instalación.....	36
10. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) para altura, diámetro de tallo y número de hojas de plántones de cacao, evaluado a los 150 días después de la instalación, promedio \pm error experimental (E.E) por efecto de dos dosis de carbón líquido y Codahumus....	36
11. Resumen del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para longitud y volumen de raíces de plántones de cacao a los 150 días de evaluación.....	46
12. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) para longitud y volumen de raíces de plántones de cacao a los 150 días de evaluación promedio \pm error experimental (E.E) por efecto de dos dosis de carbón líquido y Codahumus	47
13. Resumen del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para peso fresco y seco de la parte aérea y raíces de plántones de cacao a los 150 días de evaluación	55
14. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) para peso fresco y seco de la parte aérea y raíces de plántones de cacao a los 150 días de evaluación promedio \pm error experimental (E.E) por efecto de dos dosis de carbón líquido y Codahumus	55
15. Análisis final del suelo, de los diez tratamientos en estudio.....	64
16. Análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio	70
17. Evaluación de altura de los plántones de cacao a los 30 días	88
18. Evaluación de altura de los plántones de cacao a los 60 días	88
19. Evaluación de altura de los plántones de cacao a los 90 días	89
20. Evaluación de altura de los plántones de cacao a los 120 días	89
21. Evaluación de altura de los plántones de cacao a los 150 días	90
22. Evaluación del diámetro de tallo de los plántones de cacao a los 30 días	90

23.	Evaluación del diámetro de tallo de los plántones de cacao a los 60 días	91
24.	Evaluación del diámetro de tallo de los plántones de cacao a los 90 días	91
25.	Evaluación del diámetro de tallo de los plántones de cacao a los 120 días	92
26.	Evaluación del diámetro de tallo de los plántones de cacao a los 150 días	92
27.	Evaluación del número de hojas de los plántones de cacao a los 30 días.....	93
28.	Evaluación del número de hojas de los plántones de cacao a los 60 días.....	93
29.	Evaluación del número de hojas de los plántones de cacao a los 90 días.....	94
30.	Evaluación del número de hojas de los plántones de cacao a los 120 días.....	94
31.	Evaluación del número de hojas de los plántones de cacao a los 150 días.....	95
32.	Evaluación de la longitud de raíces de los plántones de cacao a los 150 días	95
33.	Evaluación del volumen de raíces de los plántones de cacao a los 150 días	96
34.	Evaluación del peso fresco de raíces de los plántones de cacao a los 150 días	96
35.	Evaluación del peso seco de raíces de los plántones de cacao a los 150 días.....	97
36.	Evaluación del peso fresco foliar de los plántones de cacao a los 150 días.....	97
37.	Evaluación del peso seco foliar de los plántones de cacao a los 150 días	98

ÍNDICE DE FIGURA

Figura	Página
1. Imagen satelital del lugar de ejecución de la tesis (Google Earth Pro, 2023).....	14
2. Croquis del campo experimental.....	19
3. Croquis de una unidad experimental del tratamiento.....	19
4. Evaluación del crecimiento: a. Altura (cm) y b. Diámetro de tallo (mm)	22
5. Evaluación final: a. Longitud de raíz (cm) y b. Volumen de raíz (cm ³).....	23
6. Evaluación final: a. Peso fresco (g) y b. Muestras en estufa para peso seco (g)	23
7. Sustrato: a. Tamizando y b. suelo tamizado.....	25
8. Bioestimulantes: a. Carbón líquido (Monty's) y b. Codahumus 20.....	25
9. Del sustrato: a. Llenado de bolsas y b. Bolsas llenadas	25
10. Cama del vivero: a. Limpieza y b. colocación de bolsas	26
11. De las semillas: a. limpieza del mucilago y b. simbra de semillas en las bolsas	26
12. Aplicaciones: a. dosificación y b. aplicación de la solución.....	27
13. Manejo: a. Control de malezas de las bolsas y b. Riego	28
14. Regresión de las variables días de evaluación (x) y altura de plántones de cacao (y), hasta los 150 días de evaluación desde la siembra.....	30
15. Regresión de las variables días de evaluación (x) y diámetro del tallo de plántones de cacao (y), hasta los 150 días de evaluación desde la siembra	32
16. Regresión de las variables días de evaluación (x) y número de hojas de plántones de cacao (y), hasta los 150 días de evaluación desde la siembra	34
17. Altura de plántones de dos tipos de semillas de cacao (CMP-15 y CCN-51) por efecto de dos bioestimulantes (carbón líquido y Codahumus) y dos dosis (10 y 20 %) de cada producto.....	40
18. Diámetro del tallo de plántones de dos tipos de semillas de cacao (CMP-15 y CCN-51) por efecto de dos bioestimulantes (carbón líquido y Codahumus) y dos dosis (10 y 20 %) de cada producto	42
19. Número de hojas de plántones de dos tipos de semillas de cacao (CMP-15 y CCN-51) por efecto de dos bioestimulantes (carbón líquido y Codahumus) y dos dosis (10 y 20 %) de cada producto	44
20. Longitud de las raíces de plántones de dos tipos de semillas de cacao (CMP-15 y CCN-51) por efecto de dos bioestimulante (carbón líquido y Codahumus) y dos dosis (8 y 20 %) de cada producto	50

21. Volumen de las raíces de plántones de dos tipos de semillas de cacao (CMP-15 y CCN-51) por efecto de dos bioestimulantes (carbón líquido y Codahumus) y dos dosis (8 y 20 %) de cada producto	52
22. Peso fresco foliar de plántones de dos tipos de semillas de cacao (CMP-15 y CCN-51) por efecto de dos bioestimulantes (carbón líquido y Codahumus) y dos dosis (8 y 20 %) de cada producto.....	58
23. Peso seco foliar de plántones de dos tipos de semillas de cacao (CMP-15 y CCN-51) por efecto de dos bioestimulantes (carbón líquido y Codahumus) y dos dosis (8 y 20 %) de cada producto.....	59
24. Peso fresco de raíces de plántones de dos tipos de semillas de cacao (CMP-15 y CCN-51) por efecto de dos bioestimulantes (carbón líquido y Codahumus) y dos dosis (8 y 20 %) de cada producto	60
25. Peso seco de raíces de plántones de dos tipos de semillas de cacao (CMP-15 y CCN-51) por efecto de dos bio estimulantes (carbón líquido y Codahumus) y dos dosis (8 y 20 %) de cada producto	61
26. Semillas de dos variedades de cacao: a. Clon CMP-15 y b. Clon CCN-51.....	98
27. Llenado de bolsas para el experimento	99
28. Semillas: a. selección de semillas germinadas y a. Siembra de semillas en las bolsas.....	99
29. Semillas sembradas en proceso de crecimiento.	100
30. Visita del asesor (M. Sc. Giannfranco Egoávil Jump) al campo experimental.....	100
31. Evaluación de la altura de plántones de cacao	101
32. Evaluación del diámetro de tallo de plántones de cacao.....	101
33. Evaluación del número de hojas de plántones de cacao	102
34. Control de malezas.....	102
35. Riego a los plántones de cacao	103
36. Preparación de la solución de bio estimulante: a. Medida del producto y b. Mezcla de la solución.	103
37. Aplicación del producto a los plántones de cacao	104
38. Supervisión al campo experimental del presidente Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano y asesor M. Sc. Giannfranco Egoávil Jump.....	104
39. Análisis de suelo inicial	105
40. Análisis de suelo final	106

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en el vivero de la Facultad de Agronomía - UNAS, ubicado en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, el objetivo principal fue evaluar el efecto de distintos tipos y dosis de productos orgánicos en la producción de plántones de *Theobroma cacao*, los objetivos específicos incluyeron determinar el mejor producto orgánico y su dosis para el crecimiento de plántones de las variedades CMP-15 y CCN-51, así como para las características del suelo al finalizar el experimento, y analizar la rentabilidad de estos tratamientos. Se estudiaron diez tratamientos, que variaron según la variedad de cacao y las enmiendas orgánicas (Carbón líquido “Monty's Plant Food” y Codahumus 20 “Apartment Sustainable Agro Solutions - CODA”), incluyendo controles sin enmiendas, cada tratamiento fue aplicado tres veces, excepto los controles, el diseño experimental fue un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro repeticiones, y las variables fueron analizadas con un nivel de significancia del 5 %, utilizando el software InfoStat. Los resultados mostraron que la aplicación de Codahumus 20 en los plántones de cacao de la variedad CCN-51, a una dosis del 20 %, promovió un mayor crecimiento en altura, diámetro, número de hojas, longitud y volumen de raíces, además del peso fresco y seco, asimismo, las enmiendas orgánicas tuvieron efectos significativos en las propiedades del suelo, destacándose el 20 % de Codahumus 20 en la variedad CMP-15; la rentabilidad fue mayor con la aplicación de Codahumus 20 en ambas dosis para la variedad CCN-51, con ganancias de S/ 0,64 y 0,51 por cada sol invertido.

Palabras claves: Carbón líquido, Codahumus 20, rentabilidad, clon CMP-15 y clon CCN-51

The Effect of the Types and Doses of Organic Products on the Production of *Theobroma cacao* Seedlings

ABSTRACT

The research was carried out in the school of agronomy's plant nursery [at the] UNAS (acronym in Spanish), located in the Rupa Rupa district of the Leoncio Prado province in the Huanuco region [of Peru]. The principal objective was to evaluate the effect of distinct types and doses of organic products on the production of *Theobroma cacao* seedlings. The specific objectives included determining the best organic product and the dose for the growth of the CMP-15 and CCN-51 varieties of the seedlings, as well as the characteristics of the soil at the end of the experiment, and an analysis of the profitability of these treatments. Ten treatments were studied, which varied according to the variety of the cacao and the organic fertilizers (Monty's Plant Food liquid carbon and Codahumus 20 "Apartment Sustainable Agro Solutions - CODA"), including controls without fertilizers. Each treatment was applied three times except for the controls. The experimental design was the completely randomized design (CRD; DCA in Spanish) with four repetitions, and the variables were analyzed at a 5 % significance level using InfoStat software. The results revealed that the application of Codahumus 20 to the CCN-51 variety of cacao seedlings at a dose of 20 % promoted the greatest growth in height, diameter, number of leaves, length, and root volume, along with the fresh and dry weight. At the same time, the organic fertilizers had significant effects on the properties of the soil, [where] the Codahumus 20 at 20 % stood out for the CMP-15 variety. The profitability was greater for the application of Codahumus 20 in both doses for the CCN-51 variety, with earnings of S/. 0,64 and 0,51 for every sol invested.

Keywords: liquid carbon, Codahumus 20, profitability, CMP-15 variety, CCN-51 variety

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la producción de plantones de cacao representa un aspecto importante para el sector cacaotero, además, se tiene de conocimiento que en nuestra zona hay muchos suelos arcillosos, estos suelos, aunque ricos en nutrientes, estos suelos son utilizados en bolsas como sustratos para la producción de plantones los cuales presentan limitaciones físicas que afectan en especial el crecimiento radicular que es fundamental para tener plantas con buena estructura que aseguran una producción futura ya que estos suelos dificultan su establecimiento en campo definitivo. Frente a esta problemática, surge la necesidad de mejorar las propiedades del sustrato mediante alternativas sostenibles.

El uso de sustancias húmicas, como los ácidos húmicos y fúlvicos, sustancias líquidas orgánicas amigables con el ambiente, además estas sustancias, que son derivadas de la descomposición de materia orgánica, no solo constituyen una forma de reciclaje natural, sino que también mejoran la estructura del sustrato, incrementan la retención de humedad, la disponibilidad de nutrientes y estimulan el crecimiento del sistema radicular (Caron et al., 2015). Un plantón con un sistema radicular vigoroso con buena estructura tiene mayor probabilidad de adaptación en campo, mejor desempeño en el proceso de injertación, y mayor potencial productivo.

Actualmente, las semillas de cacao CCN-51 es uno de los más utilizados como patrón debido a su rápido crecimiento y alta productividad, siendo de amplia demanda en la región. No obstante, también se requieren nuevas opciones de semillas de cacao que puedan funcionar como patrones eficientes, como el CMP-15, el cual presenta características prometedoras en cuanto a crecimiento y sanidad (Justo, 2019; Macavilca, 2023; Thomas et al., 2023). Por ello, es pertinente evaluar el comportamiento de ambas semillas de cacao bajo condiciones de suelo arcilloso y la influencia de los ácidos húmicos y fúlvicos en su crecimiento en vivero.

En este contexto, el presente estudio buscó responder a la siguiente interrogante: ¿Qué efecto tienen los ácidos húmicos y fúlvicos en la producción de plantones de *Theobroma cacao* (semillas de cacao CMP-15 y CCN-51) establecidos en suelo arcilloso? La investigación se justifica por la necesidad de optimizar la producción de plantones con buena estructura mediante prácticas sostenibles, reduciendo el uso de insumos sintéticos y mejorando la eficiencia del trasplante (Espejo, 2010). Además, se pretende generar información útil para los viveristas y productores de cacao, ofreciendo alternativas en la selección de patrones que combinen buen crecimiento, adaptación al medio y potencial de producción.

Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes tipos y dosis de bioestimulantes en la obtención de plántones de *Theobroma cacao*

Objetivos específicos

1. Determinar el mejor bioestimulante y dosis que influye en el crecimiento de los plántones de cacao semillas de cacao de la colecta CMP-15 y semillas de cacao CNN-51.
2. Determinar el mejor bioestimulante y dosis en algunas características físicas-químicas del sustrato.
3. Efectuar la relación beneficio costo (B/C) de los tratamientos en estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo de *Theobroma cacao*

Es una especie originaria del bosque húmedo tropical de la Región Amazónica del noreste de América del Sur, y fue de donde se distribuyó hacia todo el continente de manera natural, posteriormente al resto de las Regiones (Arvelo et al., 2017); es una especie umbrófila, que requiere de protección de otras plantas que le proporcionan sombra en su normal crecimiento (Martínez, 1984; Gordillo, 2005).

Es una planta leñosa, alógama que difícilmente soporta el trasplante a raíz desnuda (Mata-Quirós, 2006); crece en altitudes desde el nivel del mar, hasta más de 1400 msnm (Flores, 2021). Puede desarrollarse en suelos ácidos (pH igual a 5,0) o ligeramente ácidos (pH igual a 6,5) o neutros (pH igual a 7,0); los suelos deben tener un contenido de materia orgánica no menor a 3,0 % (Villanueva, 2018); tiene un sistema radicular bien desarrollado los suelos más apropiados y más adecuados para el cultivo de cacao, son los suelos aluviales, y los suelos francos (Paredes, 2003).

Según Flores (2024), se trata de un árbol o arbusto semicaducifolio, glabro, de corteza oscura y ramas café, finamente vellosas. Presenta hojas coriáceas, simples, de limbo duro y espeso, angostamente ovadas a obovado-elípticas, ligeramente asimétricas, alternas y glabras o con pubescencia laxa en ambas superficies, que miden aproximadamente de 17 a 48 cm de largo por 7 a 10 cm de ancho. Las inflorescencias son caulinares, es decir, se originan en el tallo y de tipo cimosa o cerrada. Las flores son pentámeras, hermafroditas, actinomorfas y alcanzan de 10 a 20 mm de diámetro. El fruto es una baya grande (mazorca), polimorfa, de forma esférica a fusiforme, de color púrpura o amarillo en la madurez, glabra, con 5 a 10 surcos longitudinales, que puede medir 10, 20 o hasta 35 cm de largo por 7 cm de ancho y pesar entre 200 y 1000 g. Las semillas son café-rojizas, ovadas, ligeramente comprimidas y miden de 20 a 50 mm de largo, 12 a 16 mm de ancho y 7 a 12 mm de grosor

2.2. Plantones de *Theobroma cacao*

2.2.1. Manejo de la producción de plantones

El vivero debe estar ubicado aledaño a una vía, donde se facilite la entrada de insumos, materiales y el cargue directo de las plántulas y, debe haber una fuente de agua cercana (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2018). El tamaño del vivero depende principalmente del número de plantas que se va a producir (López, 2010), se construirá cercas para independizar el área de vivero y restringir la entrada de animales que puedan estropear la producción ocasionando graves daños; debe tener caminos principales y

secundarios, para la movilización propia de las actividades de producción (Oliva et al., 2017). Lo primordial en los viveros de cacao es la sombra permanente dado que por ser una especie umbrofila y necesita de un 70 % de sombra, hay dos tipos importantes de sombra que se pueden emplear la sombra natural o artificial (Estrada et al., 2011).

Los sustratos para plántones de cacao, debe ser una mezcla o compuestos de materiales activos y/o inertes proporcionan humedad y aireación a las semillas durante el proceso de germinación; además la textura del sustrato influye directamente en el porcentaje de semillas germinadas (LLiuya, 2015); la preparación de sustrato se necesita de una parte de suelo franco (oscuro) y una parte de materia orgánica descompuesta del biofermentos, esta labor se realiza con un mes de anticipación a la siembra (Vásquez, 2018). El embolsado se realiza cuando el sustrato está preparado utilizando bolsas de polietileno negro (González, 2022).

Paredes (2003) y Agudelo et al. (2021), destacan que el agricultor debe aplicar un conjunto de prácticas básicas y constantes. Entre ellas, se recomienda realizar el riego diario en horas de la mañana durante las épocas de sequía, procurando que el agua moje tanto el follaje como el sustrato contenido en las bolsas de cultivo; además, es necesario eliminar manualmente las malezas emergentes para evitar la competencia por nutrientes y luz. Asimismo, debe separarse y retirarse del vivero cualquier planta muerta, débil, mal formada o raquítica, a fin de no afectar el desarrollo del resto. Cuando los plántones alcanzan entre 60 y 70 días de edad, se recomienda trasladarlos al campo definitivo, y en todo momento mantener el entorno del vivero libre de malas hierbas para optimizar las condiciones de crecimiento. Estas directrices son consideradas claves por dichos autores para lograr una producción de plántones de cacao vigorosos y uniformes

Uno de los factores importante para el estímulo del crecimiento de las plantas es la humedad adecuada, se debe regar por lo menos tres veces por semana, en horas de la mañana o al caer la tarde (Paredes, 2003). Las malas hierbas requieren de un especial seguimiento y control en todas las etapas de producción del vivero; se pueden controlar por métodos manuales y químicos (Arvelo et al., 2017). El control de plagas y enfermedades en viveros es una práctica fundamental para asegurar la producción de plantas sanas y de alta calidad, es necesario adoptar una combinación de prácticas de manejo integrado, que incluyan medidas culturales, físicas, biológicas y químicas (HEIRLOOM CACAO, 2024).

2.2.2. Uso de semillas de cacao para el experimento

2.2.2.1. CMP-15

Según Justo (2019), el clon de cacao CMP-15, perteneciente a la Colección Mendis Paredes (CMP), se distingue por sus atributos morfológicos y agronómicos,

los cuales destacan por su estabilidad y buen rendimiento. Presenta una mazorca de forma elíptica, con ligera constricción basal y ápice agudo, de superficie con rugosidad intermedia y con presencia de antocianina en el lomo. La semilla posee cotiledones de color morado, lo que sugiere una probable relación con el grupo genético Forastero del Alto Amazonas; muestra una forma longitudinal ovada y una sección transversal intermedia. La mazorca mide en promedio 20,8 cm de largo y 8,7 cm de diámetro; contiene alrededor de 27,7 semillas por mazorca, con un peso fresco total de 35,5 g y un peso seco de 26,7 g, mientras que el peso seco de una semilla individual es de 0,95 g. El índice de mazorca (IM) es de 37,6, lo que posiciona a este clon como de potencial productivo intermedio-alto, con rendimientos estimados de 1 060 kg/ha con una cosecha de 40 mazorcas por árbol y de 1 590 kg/ha con 60 mazorcas por árbol

Se caracteriza por su arquitectura erecta, vigor notable y hojas con forma obovada, los frutos inmaduros presentan un color violeta ligero y, en madurez, son de color naranja rosa, con una forma oblonga y antocianina intensa en los lomos, las semillas tienen cotiledones de color violeta oscuro y una forma oblonga en la sección longitudinal, en el análisis sensorial, destaca por notas de cacao, herbales, madera y cítricos, mostrando un perfil complejo que lo hace ideal para la producción de cacao de alta calidad (Macavilca, 2023).

Los aspectos físicos de los granos, como su tamaño y presentación, junto con las características organolépticas de sabor y aroma, son fundamentales para garantizar la capacidad de procesamiento del cacao, siendo conocidos en conjunto como la calidad del grano (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, 2008).

Se distingue por sus características aromáticas agradables y su sabor excepcional, lo que le confiere esta clasificación apreciada, especialmente en las mezclas de cacao; este tipo de cacao no sólo cumple con los criterios fundamentales de calidad, sino que también posee una destacada diversidad genética, contribuyendo así a la preservación de un valioso patrimonio histórico y cultural (Alfonso, 2022). El cultivar VRAE-15, conocido también como CMP-15 en Huánuco y Ucayali, es genéticamente idéntico en todas sus variantes, lo que sugiere que las adaptaciones bajo diferentes nombres son copias del mismo cultivar, este híbrido, derivado de los cultivares ICS-1 e IMC-67 y de los grupos Scavina y Huallaga-Satipo-VRAE, muestra características productivas y sensoriales sobresalientes que han contribuido a su expansión en plantaciones a lo largo del país, incluyendo la región de Madre de Dios (Thomas et al., 2023).

2.2.2.2. CCN-51

Pertenece a la *Colección Castro Naranjal 51*, es una variedad de cacao desarrollada en la década de 1960 por el botánico ecuatoriano Homero Castro Zurita en

el cantón Naranjal, provincia del Guayas, Ecuador, este clon fue creado como respuesta a la devastadora presencia del hongo *Moniliophthora perniciosa*, conocido como escoba de bruja, que provocó estragos en la industria cacaotera en América del Sur y el Caribe, se desarrolló con el objetivo de ser altamente productivo y resistente a enfermedades, lo que lo convirtió en una alternativa viable para los productores afectados (Nieto-Romero, 2023).

Se destaca por su adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas y su alto rendimiento en comparación con otras variedades de cacao, sin embargo, su crecimiento inicial priorizó la productividad sobre el perfil organoléptico, lo que generó una controversia en la industria del cacao fino y de aroma, que considera a este clon como una amenaza a la diversidad genética y sensorial de las variedades tradicionales ha logrado posicionarse como una opción popular entre los agricultores debido a su resistencia y capacidad de producción (Thomas et al., 2023).

Es un híbrido de tipo forastero, que se caracteriza por tener un promedio de 57 óvulos por ovario, color rojo cuando está inmaduro, forma básica oblonga con ligera constricción basal, cáscara de grosor intermedio y surcos profundos, posee 44 semillas por fruto, con un peso seco de 1,4 g por semilla y un índice de mazorca de 16 y tiene un contenido de grasa del 54 %, es susceptible a la pudrición parda, moderadamente resistente a la escoba de bruja y presenta moderada susceptibilidad a la moniliasis (Delgadillo, 2023).

Reconocida por su alta productividad y resistencia a enfermedades como la escoba de bruja, presenta un rendimiento promedio de 2 760 kg/ha y frutos grandes con cotiledones de color morado, aunque su perfil organoléptico se considera menos favorable comparado con el cacao fino de aroma, es ideal para producciones comerciales debido a su estabilidad (Alarcón y Oblitas, 2019).

2.3. Bioestimulantes

2.3.1. Lixiviado de vermicompost

Líquido obtenido de la filtración de compostajes y humus de lombriz, es rico en ácidos húmicos y fúlvicos, así como en microorganismos que promueven el crecimiento de las plantas, se utiliza como fertilizante foliar o en riego para mejorar la absorción de nutrientes y fortalecer el sistema inmunológico de las plántulas (Cedeño et al., 2020).

2.3.2. Biofertilizantes líquidos

Laborados a partir de la fermentación de restos vegetales y microorganismos, estos productos aportan nutrientes en forma soluble y estimulan la actividad microbiana en el sustrato, su aplicación se realiza mediante riego o aspersión foliar,

favoreciendo la absorción de nutrientes y aumentando la resistencia a enfermedades (Armenta-Bojórquez et al., 2010).

2.3.3. Extractos de algas

Contienen fitohormonas naturales como auxinas y giberelinas que promueven el crecimiento y crecimiento de las plántulas, además, los extractos de algas aportan oligoelementos como hierro, zinc y manganeso, mejorando la calidad de las plantas producidas en viveros (Espinosa-Antón et al., 2020).

2.3.4. Ácidos húmicos y fúlvicos

Derivados de la revisión de materia orgánica, estos ácidos mejoran la disponibilidad de nutrientes y la capacidad de retención de agua del sustrato, su uso en viveros se recomienda para fortalecer el crecimiento radicular y mejorar la estructura del sustrato (Caron et al., 2015).

2.3.5. Importancia de los ácidos húmicos en plantones de vivero

Son compuestos orgánicos derivados de la revisión de la materia orgánica, como residuos vegetales, estiércol y compost, estos ácidos son esenciales en la producción de plantones en vivero, ya que promueven el crecimiento y crecimiento de las plantas, mejoran la estructura del sustrato y aumentan la disponibilidad de nutrientes. El tratamiento con estiércol de cuy (T3) alcanzó los mejores resultados en altura (34.68 cm), número de hojas (22.83) y peso húmedo de raíces (6.23 g). (LLiuya, 2015).

Son fundamentales en la producción de plántulas en vivero porque mejoran la estructura física y química del sustrato, incrementando la porosidad y la retención de agua y aire, esto crea un entorno óptimo para el crecimiento radicular, permitiendo que las raíces se desarrollen de forma saludable y con mayor capacidad de absorción de nutrientes, al aumentar la capacidad de intercambio catiónico, facilitan la disponibilidad de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, su aporte equilibrado contribuye a que las plántulas crezcan vigorosas y con un sistema radicular más robusto (Elizarrarás-Lozano et al., 2009).

Promueven la actividad microbiana, favoreciendo la presencia de microorganismos benéficos que protegen las raíces y mejoran la salud general de las plántulas, además, estimulan la producción de fitohormonas (auxinas y citoquininas), que regulan el crecimiento de las raíces, hojas y tallos, esto genera plántulas de mayor calidad y mejor adaptación al trasplante, al reducir el estrés hídrico y de nutrientes (García, 2019).

2.3.6. Importancia de los ácidos fúlvicos en plantones de vivero

Son compuestos orgánicos derivados de la descomposición de materia vegetal y juegan un papel crucial en la producción de plantones en vivero debido a su capacidad

para mejorar la absorción de nutrientes y promover un crecimiento saludable, actúan como quelantes naturales, facilitando la disponibilidad y asimilación de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes (hierro, zinc y manganeso) en las plántulas, su tamaño molecular pequeño permite que penetren fácilmente en las células vegetales, promoviendo una mejor absorción y utilización de los nutrientes, lo que se traduce en un crecimiento radicular más vigoroso y un mayor crecimiento de la parte aérea (Vázquez, 2013).

Estimulan la actividad enzimática y el metabolismo de las plántulas, favoreciendo la división celular y el crecimiento vegetativo, también mejoran la capacidad de retención de agua del sustrato, reduciendo el estrés hídrico en las plántulas y facilitando su adaptación a cambios ambientales y al trasplante, su aplicación en viveros no solo incrementa el vigor de las plántulas, sino que también refuerza su sistema inmunológico, haciéndolas más resistentes a enfermedades y condiciones adversas (Vázquez, 2015).

2.3.7. Carbón líquido

Es un acondicionador del suelo basado en tecnología húmica activada, diseñado para mejorar la salud del suelo y las plantas, y maximizar los rendimientos, contiene un 2 % de ácidos húmicos derivados del lignito y se utiliza para reducir la compactación del suelo, mejorar la retención de humedad y facilitar la absorción de micronutrientes, se puede aplicar de manera flexible durante todo el año, ya sea para acondicionar el suelo, gestionar residuos vegetales o como complemento a otros fertilizantes (Monty's Plant Food, 2024).

El lignito es un tipo de carbón mineral de bajo rango que se encuentra entre la turba y la hulla en la escala de formación del carbón, se caracteriza por tener un contenido de carbono entre 60 y 70 % y un alto contenido de humedad, debido a su composición, el lignito se descompone fácilmente y se utiliza en aplicaciones como la producción de energía y la fabricación de productos derivados, como ácidos húmicos y fúlvicos, además, su estructura porosa lo hace útil en la mejora de suelos y como enmienda agrícola (Delgado, 2006).

Tiene una composición que incluye 2 % de carbón orgánico y 2 % de ácidos húmicos y su pH varía entre 9,5 y 10,5, ayuda a incrementar la absorción de nutrientes y la actividad microbiana, promoviendo un crecimiento saludable de las plantas y mejorando la descomposición de residuos vegetales en el suelo (Monty's Plant Food, 2024).

2.3.7.1. Composición

La tabla muestra que el producto Monty's Liquid Carbon está compuesto principalmente por agua (clasificada como "otros ingredientes"), que representa el 96 % de la formulación. Los componentes activos corresponden a ácidos húmicos (2 %) y carbono orgánico (2 %), lo que indica que se trata de un producto líquido muy diluido, en el que la

fracción funcional (materia húmica y carbono) suma 4 % del total. La fuente citada es Monty's Plant Food (2024).

Tabla 1. Composición detallada de Monty's Liquid Carbon

Componente	Porcentaje
Ácidos húmicos	2 %
Carbono orgánico	2 %
Otros ingredientes (agua)	96 %

Monty's Plant Food (2024)

2.3.7.2. Elaboración

Elaborado a partir de lignito, también conocido como carbón marrón, este material se somete a un proceso de activación húmica patentado por Monty's, que incluye etapas de extracción, secado, trituración y tamizado para formar gránulos; proceso que transforma las sustancias húmicas insolubles presentes en el lignito en formas solubles y biológicamente activas, mejorando así su eficacia en la mejora de la salud del suelo y la absorción de nutrientes por las plantas (Repoma, 2022; Monty's Plant Food, 2024).

2.3.7.3. Influencia en las plantas

Es un acondicionador de suelo que, al aplicarse, influye positivamente en las plantas a través de varios mecanismos fisiológicos. Estos efectos combinados contribuyen a una mayor vitalidad y productividad de las plantas, reflejándose en rendimientos más altos y de mejor calidad (Monty's Plant Food, 2024):

- **Mejora de la absorción de nutrientes:** los ácidos húmicos activados presentes en el producto aumentan la disponibilidad y absorción de micronutrientes esenciales por parte de las plantas, lo que favorece su crecimiento y crecimiento.
- **Estimulación del crecimiento radicular:** la aplicación de sustancias húmicas puede promover un mayor crecimiento del sistema radicular, permitiendo a las plantas explorar un volumen de suelo más amplio y acceder a más recursos hídricos y nutricionales.
- **Incremento de la actividad microbiana del suelo:** al mejorar la salud del suelo, *Monty's Liquid Carbon* fomenta un ambiente favorable para los microorganismos beneficiosos, los cuales desempeñan roles cruciales en la descomposición de materia orgánica y en la disponibilidad de nutrientes para las plantas.
- **Reducción de la compactación del suelo:** al disminuir la compactación, se facilita una mejor penetración de las raíces y una mayor aireación del suelo, condiciones que son esenciales para el óptimo crecimiento de las plantas.

2.3.8. Ácidos húmicos y fúlvicos

Mejoran la estructura, retención de agua y absorción de nutrientes del suelo, reduciendo la compactación y promoviendo un crecimiento radicular saludable (CODA, 2017). Aumenta la fertilidad del suelo mediante ácidos orgánicos que quelatan nutrientes, estimula microorganismos, mejora el crecimiento radicular, evita desequilibrios nutricionales y fortalece el estado vegetativo y sanitario de los cultivos (RedAgricola, 2017).

2.3.8.1. Composición

Es un corrector orgánico líquido a base de extracto húmico procedente de leonardita, que contiene ácidos húmicos y fúlvicos. Su aplicación mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, gracias a la naturaleza estable y coloidal de los ácidos orgánicos (Vademecum, 2024). Tabla 2

Tabla 2. Composición química del Codahumus

Componente	Concentración (%)
Extracto húmico	20,20
Ácidos húmicos	10,00
Ácidos fúlvicos	10,20
Fósforo (P ₂ O ₅)	1,20
Potasio (K ₂ O)	5,00
Leonardita	28,90
Densidad	1,14
pH	11,20

Vademecum (2024)

2.4. Antecedentes en estudio

En el año 2018 en el vivero de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en Tingo María, con el objetivo de evaluar el efecto del compost, guano de isla y gallinaza en el crecimiento de plántones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en fase de vivero. Los resultados mostraron respuestas diferenciadas según el tipo de abono y su proporción con la tierra: el guano de isla alcanzó la mayor altura (56,5 cm, T₅) y diámetro del tallo (8,37 mm, T₇), la gallinaza obtuvo el mayor número de hojas (17,80, T₁₀), el compost favoreció la mayor longitud radicular (42,20 cm, T₁) y nuevamente el guano de isla destacó en el volumen radicular (15,48 cm³, T₆). En conjunto, se resalta al guano de isla como la fuente con mayor impacto integral en el crecimiento de los plántones, mientras que la gallinaza y el compost aportaron ventajas específicas en el desarrollo foliar y radicular, respectivamente (Villanueva, 2018).

En el año 2010, en el vivero de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en Tingo María, se desarrolló una investigación para evaluar el efecto de abonos orgánicos procesados con microorganismos eficientes en la producción de plántones de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN-51. Se aplicaron once tratamientos que incluyeron combinaciones de bocashi, compost y gaicashi con microorganismos eficientes de bosque (MEB) o comerciales (MEC®), además de un tratamiento químico con N-P-K-Mg-S (12-12-12-2-14) y un testigo sin fertilización, bajo un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones durante 120 días. Se evaluaron variables de germinación, altura, número de hojas, diámetro de tallo, volumen radicular, peso fresco y seco, y presencia de plagas. Los resultados mostraron diferencias significativas: el tratamiento Gaicashi + MEB destacó en crecimiento vegetativo y biomasa total, mientras que Bocashi + MEC® alcanzó los mayores valores en altura (38,4 cm), diámetro del tallo (7,4 mm), número de hojas (16,8) y volumen radicular (12,9 cm³). Se concluye que el uso de abonos orgánicos procesados con microorganismos eficientes, en especial la combinación Gaicashi + MEB y Bocashi + MEC®, constituye una alternativa sostenible y eficaz para la producción de plántones de cacao en vivero, favoreciendo un crecimiento vigoroso y saludable (Merino, 2013).

En el año 2015, en el distrito de Nuevo Progreso, provincia de Tocache, región San Martín, se llevó a cabo una investigación para evaluar el efecto de la fertilización orgánica sobre el crecimiento vegetativo de plántones de *Theobroma cacao* L. en fase de vivero, utilizando un suelo tipo Inceptisols. Se aplicaron ocho tratamientos: compost (T₁), gallinaza (T₂), estiércol de cuy (T₃), Mallki (T₄), Powergizer 8-32-5 (T₅), Aquamaster 20-20-20 (T₆), Bayfolán 11-8-6 (T₇) y suelo sin enmienda (T₈), bajo un diseño completamente al azar y con una duración de 120 días. Se evaluaron variables como altura, diámetro del tallo, número de hojas, biomasa aérea, biomasa radicular y longitud de raíz. Los mejores resultados se obtuvieron con el tratamiento T₃ (estiércol de cuy), destacando en altura total (34,68 cm), número de hojas (22,83) y peso húmedo de raíces (6,23 g), mientras que el T₁ (compost) registró el mayor diámetro del tallo (8,38 mm). Se concluye que el estiércol de cuy favorece significativamente el crecimiento de plántones de cacao, siendo una alternativa orgánica eficaz para mejorar la calidad de los plántones en vivero (Lliuya, 2015).

En 2019 se llevó a cabo un estudio en el vivero de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en Tingo María, con el propósito de evaluar el efecto de tres bioestimulantes —Amino Q-30, Zoberaminol y Aminofarm— en el crecimiento de plántones de cacao (*Theobroma cacao* L.). Los tratamientos consistieron en dosis de 20, 30 y 50 ml/20 L de agua, bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones,

evaluándose altura, diámetro del tallo, número de hojas y volumen radicular a los 30, 60 y 90 días. Los resultados indicaron que la dosis de 50 ml/20 L de Amino Q-30 promovió la mayor altura de planta (32,98 cm) y el mayor número de hojas (16,2), aunque sin diferencias estadísticas frente al resto de tratamientos. El diámetro del tallo presentó valores entre 7,33 y 8,28 mm, sin diferencias significativas, lo que evidenció un desarrollo uniforme. En contraste, el volumen radicular sí mostró diferencias, destacando Aminofarm a 30 ml/20 L con 14,25 cm³, lo que señaló a este tratamiento como el más efectivo para estimular el sistema radicular de los plántones de cacao. (Romero, 2019).

El 2019 se realizó el estudio en la finca “La Rebeldía”, ubicada en la provincia de Los Ríos, Ecuador, con el objetivo de evaluar el efecto de tres productos a base de ácidos húmicos y fúlvicos (Algaser Plus, Pow Humus y Humi Rossi 20) en el crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.). Se empleó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los productos se aplicaron al sustrato a los 15, 30 y 60 días después de la siembra, y se midieron variables como altura, diámetro del tallo y longitud radicular. Los resultados mostraron que Algaser Plus fue el tratamiento más efectivo, promoviendo el mayor crecimiento en altura y diámetro. Se concluyó que el uso de estos productos mejora significativamente el crecimiento de plántulas y la rentabilidad del vivero (Noboa, 2019).

El 2020 se realizó el estudio en la localidad de Collpa, en el distrito Huicungo, San Martín, Perú, en un campo asociado a la cooperativa ACOPAGRO, el objetivo fue evaluar el efecto de productos biodegradables (Avibiol, Carbón Líquido Monty's y Avical) en la acumulación de cadmio en mazorcas de cacao y su impacto en el rendimiento de las almendras, se aplicaron ocho tratamientos bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones. La metodología incluyó dosificaciones de 120 y 240 L/ha de Avibiol, 8 y 20 % de Carbón Líquido Monty's, y 0 y 20 L/ha de Avical, los resultados mostraron que el uso de Avibiol, Monty's y Avical mejoró significativamente el rendimiento, con un promedio de 1 112,83 kg/ha de almendras (Dionisio, 2020).

Entre octubre de 2017 y abril de 2018 se realizó un estudio en Aserradero, distrito de Castillo Grande, Tingo María, con el objetivo de evaluar el efecto de tres bioestimulantes (Cropfield, Amino acids y Bioalga-super) en dos tipos de sustrato (normal y enriquecido), bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 × 2, ocho tratamientos y cuatro repeticiones. Se midieron variables de crecimiento y biomasa en plántones de cacao, aplicando análisis de varianza y prueba de Tukey al 5 %. El tratamiento T_s (Amino acids + sustrato enriquecido) sobresalió en la mayoría de parámetros: altura (63,25 cm), diámetro del tallo (1,01

cm), número de hojas (26), área foliar (98,40 cm²), volumen radicular (9,40 cm³), peso fresco (59,25 g) y peso seco (56,84 g). Además, presentó la mejor relación beneficio/costo (1,316), demostrando mayor eficiencia productiva y económica en la obtención de plántones de cacao listos para el trasplante (Damiano, 2021).

El 2021 se realizó el estudio en el vivero productivo “El Agrónomo” de la Facultad de Agronomía de la UNAS, en Tingo María, Perú, el objetivo fue evaluar el efecto de dos bioles (Biofer Húmico® y Super Húmico®) en el crecimiento de plántones de cacao (*Theobroma cacao* L.), se utilizaron siete tratamientos, combinando tres dosis de cada biol (50, 100 y 150 ml/10 L de agua) y un tratamiento testigo sin biol, en un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Los resultados indicaron que Super Húmico® a una dosis de 150 ml/10 L presentó el mayor crecimiento en altura y diámetro de tallo (López, 2021).

El 2024 se realizó el estudio en la Universidad Técnica de Babahoyo, provincia de Los Ríos, Ecuador, con el objetivo de evaluar el efecto de cuatro bioestimulantes (Agribol, Razormin, Fitomare y Biogyz) en el crecimiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones y un tratamiento control, las aplicaciones se realizaron a los 15, 30 y 60 días después de la siembra, midiendo variables como altura, diámetro de tallo, número de hojas y área foliar. Los resultados indicaron que Biogyz fue el tratamiento más efectivo en altura y número de hojas, mejorando el crecimiento vegetativo de las plantas, se concluyó que el uso de bioestimulantes reduce la dependencia de fertilizantes químicos y mejora la resistencia de las plantas al estrés abiótico (López, 2024).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación, se desarrolló en el vivero de la Facultad de Agronomía en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, las coordenadas UTM fueron registradas como 389449 m E, 8975020 m N, y la altitud de 650 m.s.n.m (Figura 1).

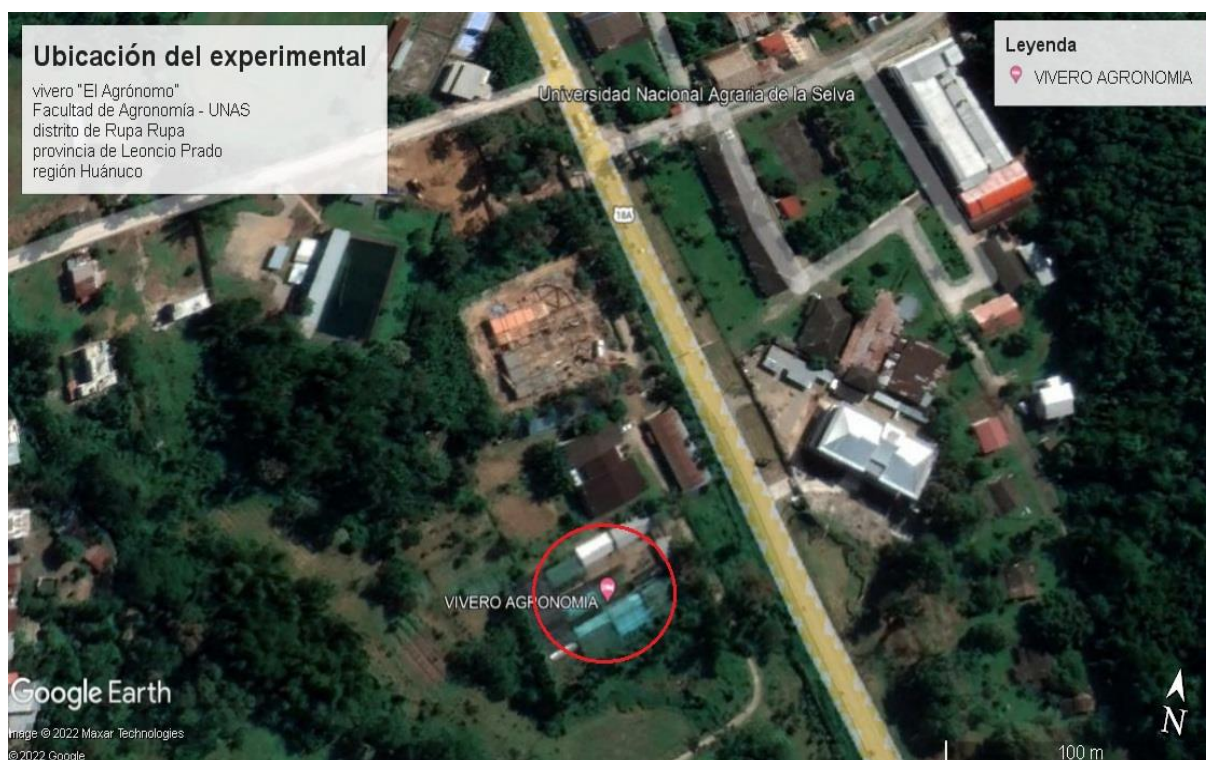


Figura 1. Imagen satelital del lugar de ejecución de la tesis (Google Earth Pro, 2023)

3.1.1. Zona de vida

El distrito de Rupa Rupa, en la provincia de Leoncio Prado, Huánuco, pertenece al Bosque Húmedo Subtropical (bmh-S) según Holdridge, con clima tropical húmedo, temperatura promedio 28 °C, precipitación anual de 1,500 a 3,600 mm, vegetación densa y altitudes 670 m.s.n.m. (Holdridge, 1967).

3.1.2. Registro meteorológico

El período comprendido entre abril y septiembre de 2023, las temperaturas máximas fluctuaron ligeramente entre 23,90 °C en junio y 26,0 °C en septiembre, mientras que las mínimas variaron de 15,5 °C en julio a 16,8 °C en abril, la humedad relativa se mantuvo elevada, alcanzando un máximo del 87 % en abril y disminuyendo a un mínimo del 76 % en agosto, las horas de sol mostraron un incremento gradual desde 6,7 horas diarias en abril hasta

8,8 horas diarias en septiembre, en cuanto a la precipitación, abril registró el valor más alto con 196 mm, descendiendo considerablemente en junio y julio con 70 mm y 57 mm (Tabla 3).

Tabla 3. Datos meteorológicos durante la ejecución del trabajo 2023

Mes	Temperatura		Humedad Relativa (%)	Horas de Sol (h/día)	Precipitación (mm)
	Máxima (°C)	Mínima (°C)			
Abril	24,70	16,80	87,00	6,70	196,00
Mayo	24,20	16,70	86,00	6,30	121,00
Junio	23,90	16,10	84,00	6,80	70,00
Julio	24,20	15,50	81,00	7,70	57,00
Agosto	25,40	15,90	76,00	8,60	62,00
Septiembre	26,00	16,60	77,00	8,80	92,00

SENAMHI). (2023)

3.1.3. Análisis inicial del suelo

El suelo evaluado presentó una textura franco arcillosa, condición que le confiere buena capacidad de retención de agua y nutrientes, aunque con riesgo de limitaciones en aireación y drenaje si no se maneja adecuadamente (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de caracterización del suelo inicial

Características	Valores	Método	*Criterios Nivel
Arena	33%	hidrómetro de Bouyoucos	Medio: 30-50 %
Arcilla	38%	hidrómetro de Bouyoucos	Medio: 30-50 %
Limo	29%	hidrómetro de Bouyoucos	Medio: 20-30 %
Textura	Franco arcilloso		
pH	4,77	Potenciómetro	Acido: < 5,5
MO	2,68 %	Walkley y Black	Medio: 2 - 4 %
N	0,13 %	0,05 % (MO)	Bajo: < 0,15 %
P -Disponible	6,30 ppm	Olsen modificado	Bajo: < 10 ppm
K -Disponible	75,39 ppm	Desplazamiento con acetato de amonio	Medio: 50 - 150 ppm
CIC	6,86 Cmol(+)/Kg	Suma de cationes	Medio: 6 - 12 cmol/kg
Ca	5,28 Cmol(+)/Kg	Absorción atómica	Medio: 4 - 8 cmol/kg
Mg	1,58 Cmol(+)/Kg	Absorción atómica	Medio: 1.5 - 3 cmol/kg
Al	1,57 Cmol(+)/Kg	Titulación	Medio: 0,5-1,5 cmol/kg
H	1,05 Cmol(+)/Kg	Titulación	Medio: 0,5 - 1,5 cmol/kg
CICe	9,48 Cmol(+)/Kg	Suma de cationes	Medio: 6 - 12 cmol/kg
Bas. Cambiables	72,38 %	Calculo	Medio: 50 % - 80 %
Ac. Cambiable	27,62 %	Calculo	Medio: 20 % - 40 %
Sat. Al	16,56 %	Calculo	Medio: 10 % - 20 %

Laboratorio de Suelos, Agua y Ecotoxicología. FA-UNAS
Brady y Weil (2017).

El pH de 4,77 lo clasifica como fuertemente ácido, situación que restringe la disponibilidad de fósforo, calcio y magnesio, además de favorecer la solubilidad del aluminio, lo cual puede ocasionar toxicidad en las plantas. El contenido de materia orgánica (2,68 %) se ubica en un nivel medio, contribuyendo parcialmente a la fertilidad, mientras que el nitrógeno (0,13 %) y el fósforo disponible (6,30 ppm) son bajos, lo que refleja la necesidad de fertilización complementaria. El potasio disponible (75,39 ppm) es medio y suficiente en la etapa inicial del cultivo, aunque debe monitorearse para evitar deficiencias. La capacidad de intercambio catiónico (6,86 cmol(+)/kg) se ubica en un rango medio, indicando una moderada capacidad de retención de nutrientes; en ella predominan el calcio (5,28 cmol/kg) y el magnesio (1,58 cmol/kg), mientras que el aluminio (1,57 cmol/kg) y el hidrógeno (1,05 cmol/kg) contribuyen a la acidez. Finalmente, la saturación de bases (72,38 %) es adecuada, aunque la saturación de aluminio (16,56 %) refleja un nivel medio de acidez intercambiable que podría afectar la absorción de nutrientes.

3.1.4. Procedencia del material vegetal

Se utilizaron 2 kg de semillas en total, 1 kg de las semillas de cacao colección CMP-15 y 1 kg de semillas de cacao CCN-51, adquiridas de ALBORADA SAC, empresa ubicada en Castillo Grande, Leoncio Prado, Huánuco, gestionadas por el Ing. Mendis Paredes Arce.

3.2. Diseño estadístico

3.2.1. Componentes en estudio

Está compuesto por dos tipos de semillas de cacao (CMP-15 y CCN-51) utilizando carbón líquido y Codahumus como productos orgánicos (Tabla 5).

Tabla 5. Componentes en estudio

Entradas (bio estimulantes)	Unidad Experimental (UE) (Planta)	Salidas (tipos y dosis de productos orgánicos en la producción de plantones)
Carbón líquido y ácidos húmicos y fúlvicos (Codahumus)	Dos tipos de semillas de cacao (CMP-15 y CCN-51)	Crecimiento de plantones, caracterización del suelo y análisis de rentabilidad

3.2.2. Tratamientos en estudio

Los diez tratamientos que combinan dos tipos de semillas de cacao (CMP 15 y CCN-51) con diferentes bioestimulantes, incluyendo un testigo sin aplicación, la incorporación de carbón líquido en dosis de 10 y 20 %, y la aplicación de Codahumus en las

mismas dosis, todas diluidas en 2 400 mL y aplicadas tres veces, excepto los testigos que no recibieron bioestimulantes. Este planteamiento experimental permite comparar la efectividad de los bioestimulantes evaluados y determinar la respuesta diferencial de cada tipo de semilla de cacao frente a las dosis aplicadas (Tabla 6).

Tabla 6. Tratamientos en estudio

Trat.	Descripción de los tratamientos en estudio.				
	Variedades	Bioestimulantes	Dosis	Solución	Aplicaciones
T ₁	CMP 15	Testigo (suelo Fr. Ar.)	0 %	0 mL	0
T ₂	CMP 15	Carbón líquido	10 %	2400 mL	3
T ₃	CMP 15	Carbón líquido	20 %	2400 mL	3
T ₄	CMP 15	Codahumus	10 %	2400 mL	3
T ₅	CMP 15	Codahumus	20 %	2400 mL	3
T ₆	CCN-51	Testigo (suelo Fr. Ar.)	0 %	0 mL	0
T ₇	CCN-51	Carbón líquido	10 %	2400 mL	3
T ₈	CCN-51	Carbón líquido	20 %	2400 mL	3
T ₉	CCN-51	Codahumus	10 %	2400 mL	3
T ₁₀	CCN-51	Codahumus	20 %	2400 mL	3

3.2.3. Diseño experimental

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 10 tratamientos, cuatro repeticiones y 20 muestras por unidad experimental. Las variables se analizaron mediante ANVA al 5 % de significancia, y las diferencias significativas se evaluaron con la prueba de medias DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanova) ($\alpha = 0,05$) usando el software InfoStat (Di Rienzo, 2008).

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} + \delta_{ijk} \quad (1)$$

Donde:

- Y_{ijk} : Valor observado de la submuestra k -ésima dentro de la unidad experimental j -ésima del tratamiento i -ésimo.
- μ : Media general.
- τ_i : Efecto fijo del tratamiento i -ésimo.
- ε_{ij} : Error aleatorio asociado a la unidad experimental j -ésima dentro del tratamiento i -ésimo.
- δ_{ijk} : Error aleatorio asociado a la submuestra k -ésima dentro de la unidad experimental j -ésima y tratamiento i -ésimo.

3.2.4. Dosificación

Se aplicaron 30 mL de solución por planta, con un total de 80 plantas por tratamiento, requiriendo 2400 mL de solución por tratamiento. Para el tratamiento T₂ (10 % de Carbón líquido), se mezclaron 100 mL de producto con 900 mL de agua, resultando en total 266,67 mL de producto aplicado. En T₃ (20 % de Carbón líquido), se mezclaron 200 mL de producto con 800 mL de agua, obteniendo 600 mL de producto aplicado total. Este cálculo se repitió para los demás tratamientos (Tabla 7).

Tabla 7. Dosis y cálculo de aplicación del producto

Trat.	Dosis (%)	Solución Total (mL)	Numero de Aplicaciones	Cantidad de Producto por Aplicación (mL)	Producto Total (mL)
T ₁	0	0	0	0,00	0,00
T ₂	10	2400	3	88,89	266,67
T ₃	20	2400	3	200,00	600,00
T ₄	10	2400	3	88,89	266,67
T ₅	20	2400	3	200,00	600,00
T ₆	0	0	0	0,00	0,00
T ₇	10	2400	3	88,89	266,67
T ₈	20	2400	3	200,00	600,00
T ₉	10	2400	3	88,89	266,67
T ₁₀	20	2400	3	200,00	600,00

3.2.5. Descripción del campo experimental

- Número de tratamientos : 10
- Número de plantas/tratamiento : 80
- Número de plantas/UE (Unidad experimental) : 20
- Número de plantas evaluadas/UE : 6
- Número de repeticiones : 4
- Número de plantas/repeticón : 200
- Número de plantas total : 800
- Número de plantas evaluadas/repeticón : 60
- Espacio entre UE : 0,10 m
- Espacio entre repeticiones : 0,20 m
- Número de UE : 40
- Peso de sustrato/bolsa : 2 kg
- Peso de sustrato/UE : 40 kg
- Peso de sustrato/tratamiento : 400 kg
- Peso de sustrato en el experimento : 1600 kg

3.2.6. Croquis del campo experimental

Los diez tratamientos se distribuyeron de manera aleatoria (Figura 2) entre las cuatro repeticiones.

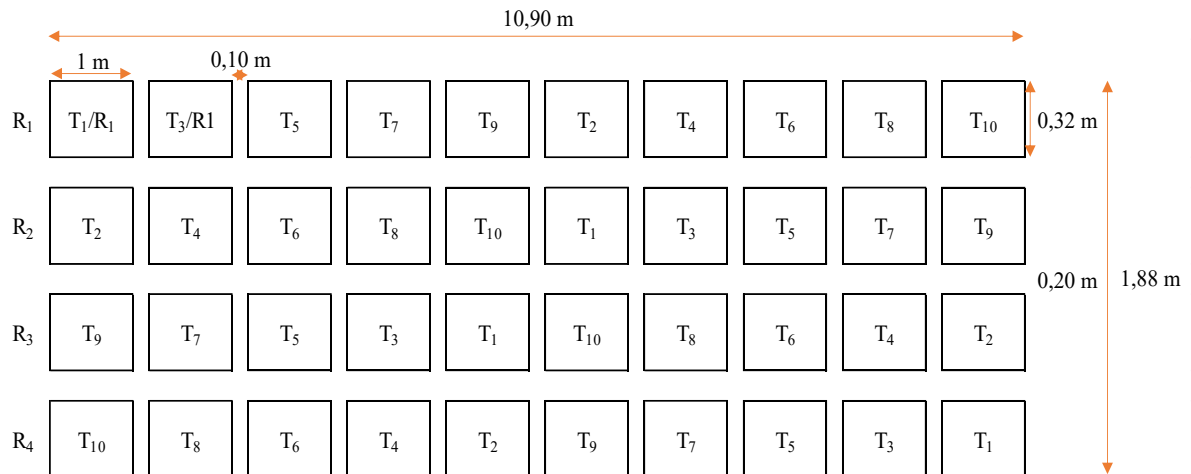


Figura 2. Croquis del campo experimental

Cada unidad experimental (U.E) esta compuesto por un total de 20 plantas, y se llevó a cabo la evaluación de las seis plantas ubicadas en el centro (Figura 3).

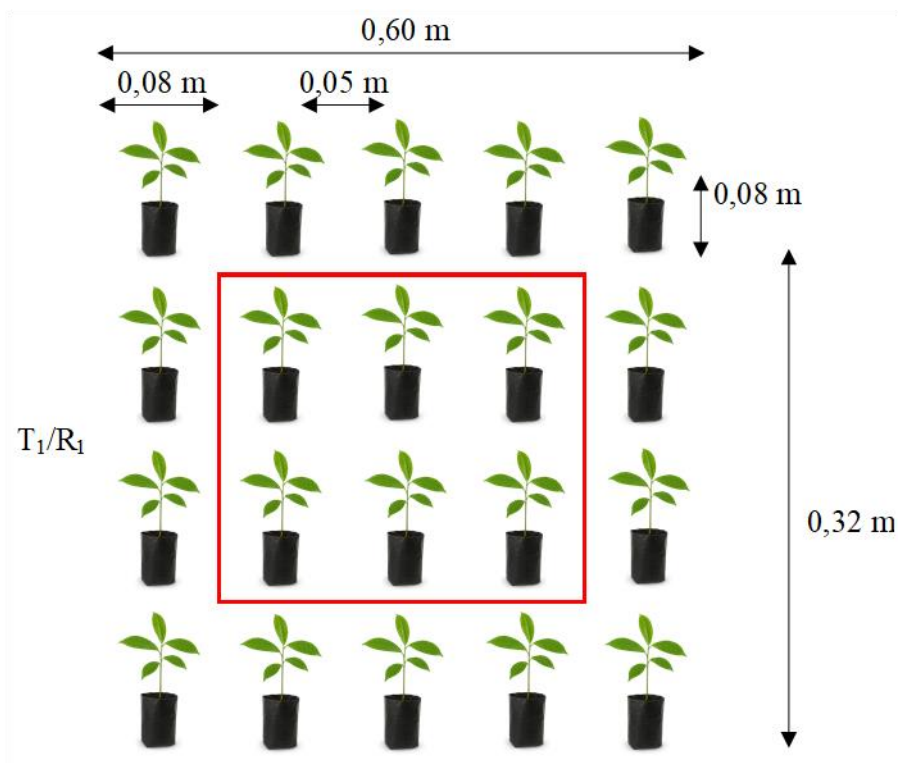


Figura 3. Croquis de una unidad experimental del tratamiento

3.2.7. Análisis estadístico

El modelo de análisis de varianza permite determinar si las diferencias entre los tratamientos son estadísticamente significativas mediante el cálculo del valor de F. Además, se incluyen el coeficiente de variación (CV %) y el coeficiente de determinación (R^2) como indicadores de precisión y ajuste del modelo (Tabla 8)

Tabla 8. Modelo del análisis de varianza ($\alpha=0,05$)

Fuente de variación	SC	GL	CM	F cal.
Tratamiento	$SC t$	$t-1$	$SC t / t-1$	$CM t / CM Sub.$
Muestras	SC uex.	$t(n-1)$	$SC UE / t(n-1)$	$CM UE / t(n-1)$
Error experimental	Scsub.	$txn(m-1)$	$SC Sub. / tn(m-1)$	
Total	Sctotal	$TN-1$		

C.V (%) (Coeficiente de variación)

R^2 (Coeficiente de determinación)

3.2.8. Regresión lineal

En estadística, la regresión lineal o ajuste lineal es un modelo matemático usado para aproximar la relación de dependencia entre una variable dependiente (Martínez, 2005), expresado como:

$$Y = \beta_0 + \beta_0 X_1 + \dots + \beta_0 X_m + \varepsilon \quad (2)$$

donde:

Y es la variable dependiente o variable de respuesta.

X_1, X_2, \dots, X_m variables explicativas, independientes.

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_m$ son los parámetros del modelo

3.2.9. Coeficiente de determinación

Es el análogo a las razones de correlación cuando se considera el problema de regresión, así, dadas dos variables aleatorias, X e Y, definidas sobre el mismo espacio de probabilidad y con momentos de segundo orden finitos, el coeficiente de determinación cuantifica el grado de concentración de la distribución de (X, Y) en torno a las rectas de regresión; mide, por tanto, la bondad de la aproximación óptima de cada variable a partir de la otra y, consecuentemente, el grado de dependencia lineal de las variables (Martínez, 2005).

$$Y_i - \beta_1 + \beta_2 X_i + \mu \quad (3)$$

3.2.10. Medias de dispersión

- a. **Media.** se obtiene sumando todos los valores evaluados de una variable y se dividirá por el número total de observaciones

- b. Valor máximo.** es el mayor valor observación de una variable de evaluación, indica el límite superior y proporciona información sobre el rango total de los datos
- c. Error estándar.** se calcula como la desviación estándar dividida por la raíz cuadrada del tamaño de la muestra, y se utiliza para evaluar la variabilidad de la media entre diferentes muestras.
- d. Cuartil.** es un tipo de medida de posición que divide un conjunto de datos ordenado en cuatro partes iguales, los cuartiles se definen como el primer (Q1), segundo (Q2 o mediana) y tercer cuartil (Q3), y permiten analizar la dispersión y distribución de los datos dentro del conjunto.

3.2.11. Variables en estudio

a. Variables dependientes

- Altura y diámetro de tallo de plantones de cacao
- Número de hojas de plantones
- Peso fresco y seco de plantones
- Longitud y volumen de raíces
- Análisis físico-químico del sustrato final
- Análisis de estabilidad

b. Variables independientes

- Carbón orgánico líquido (10 y 20 %)
- Acido húmico y fúlvico (10 y 20 %)

3.2.12. Frecuencia de evaluaciones

Las evaluaciones para altura, diámetro de tallo y número de hojas tuvieron una frecuencia de 30 días hasta los 150 días es decir se realizaron 5 evaluaciones, respecto a las evaluaciones de longitud y volumen de raíces, así como peso fresco y seco de plantones se realizó a los 150 días.

3.2.13. Presentación de los resultados

Las tablas permiten presentar datos exactos y detalles específicos que facilitan la comparación entre variables o grupos en estudio; los gráficos de tendencia muestran patrones y cambios en el tiempo, favoreciendo la interpretación visual de la dirección de los resultados; los gráficos de dispersión ilustran la relación entre dos variables cuantitativas, evidenciando cómo una varía en función de la otra; y los diagramas con colas aportan información sobre la dispersión, la asimetría y la presencia de valores extremos.

3.3. Metodología

3.3.1. Efecto en el crecimiento de los plántones

3.3.1.1. Altura, diámetro de tallo y número de hojas de los plántones

Las mediciones de altura se realizaron cada 30 días, midiendo la distancia desde la base del sustrato hasta la yema terminal de seis plantas por tratamiento, lo que permitió obtener datos detallados sobre el crecimiento longitudinal, la medida se realizó con regla de metal en centímetros (Figura 4).



Figura 4. Evaluación del crecimiento: a. Altura (cm) y b. Diámetro de tallo (mm)

De manera simultánea, se midió el diámetro del tallo a 3 cm de la base con un vernier digital, proporcionando información sobre el crecimiento horizontal de las plantas. Además, se llevó un conteo del número de hojas en las mismas plantas seleccionadas, también con evaluaciones cada 30 días. Estos tres parámetros fueron evaluados a lo largo de cinco periodos (150 días), permitiendo obtener una visión integral del crecimiento y la respuesta de los plántones a los tratamientos aplicados en el vivero (Figura 4).

3.3.1.2. Longitud y volumen de raíz

Se llevó a cabo después de 150 días desde la siembra, para realizar estas mediciones, se utilizó una regla de metal graduada, midiendo la distancia desde la inserción del tallo con la raíz hasta la cofia terminal de la raíz principal, las medidas se expresaron en centímetros (cm). Simultáneamente, se realizó la evaluación del volumen de las raíces utilizando una probeta graduada (500 mL) con agua de volumen conocido (Volumen inicial), al sumergir las raíces en la probeta, se produjo un incremento en el nivel de agua

(Volumen final), y por diferencia entre los volúmenes inicial y final, se determinó el volumen de las raíces, las medidas se registraron en centímetros cúbicos (cm^3) (Figura 5).



Figura 5. Evaluación final: a. Longitud de raíz (cm) y b. Volumen de raíz (cm^3)

3.3.1.3. Peso fresco y seco de las plantas

De las mismas plantas que se evaluó las raíces, se separó la parte aérea (hojas y tallo) y la parte terrestre (raíces), ambas partes fueron pesadas obteniendo el peso fresco.



Figura 6. Evaluación final: a. Peso fresco (g) y b. Muestras en estufa para peso seco (g)

Después fueron colocadas en una estufa a una temperatura constante de 105 °C durante 72 horas, este proceso de secado permitió obtener el peso en seco de la parte aérea y las raíces las medidas fueron expresadas en gramos (g) (Figura 6).

3.3.2. Influencia en las características del suelo

Incluyó la determinación de varios parámetros, como la textura, materia orgánica (M.O.), nitrógeno (N), pH, fósforo (P), potasio (K) y capacidad de intercambio catiónico (CIC). El suelo utilizado provino de las mismas plantas sacrificadas para las evaluaciones de raíces y peso, se mezcló el suelo por tratamiento y utilizando el método del cuarteo, se obtuvo una muestra representativa de cada tratamiento, de aproximadamente un kg cada muestra, estas fueron codificadas y enviadas al Laboratorio de Análisis de Suelo, Agua y Ecotoxicología de la Facultad de agronomía UNAS para su respectivo análisis.

3.3.3. Análisis de rentabilidad

Al finalizar el experimento, se evaluó la rentabilidad mediante la oferta de las plantas obtenidas, clasificadas en tres categorías según su tamaño: pequeñas, medianas y grandes. A cada categoría se le asignó un precio específico en el mercado, con las plantas pequeñas vendiéndose a 1 sol, las medianas a 1,5 soles, y las grandes a 2 soles. Esta clasificación permitió calcular los ingresos según el tamaño de las plantas.

3.4. Ejecución del experimento

3.4.1. Adquisición y tamizado del sustrato

Se adquirieron 2 m³ de tierra de la empresa "QUIROZ", ubicada a 3 km de la ciudad de Tingo María en la carretera Tingo María – Pucallpa, se llevó a cabo un proceso de tamizado para eliminar elementos no deseados como rocas y raíces, entre otros (Figura 7).



Figura 7. Sustrato: a. Tamizando y b. suelo tamizado

3.4.2. Obtención de los bioestimulantes

Fueron adquiridas de la empresa Agro Solutions, S.A.U, son distribuidos por Agrofer Eli SAC en Tingo María (Figura 8).



Figura 8. Bioestimulantes: a. Carbón líquido (Monty's) y b. Codahumus 20.

3.4.3. Llenado de las bolsas

Este proceso se realizó de forma manual, utilizando un cucharón de plástico, las dimensiones de las bolsas fue 6 x 12 x 0,03 cm, en total se llenaron 800 bolsas, al momento del llenado se aplicó una ligera presión al sustrato para evitar deformaciones y espacios vacíos en cada bolsa (Figura 9).

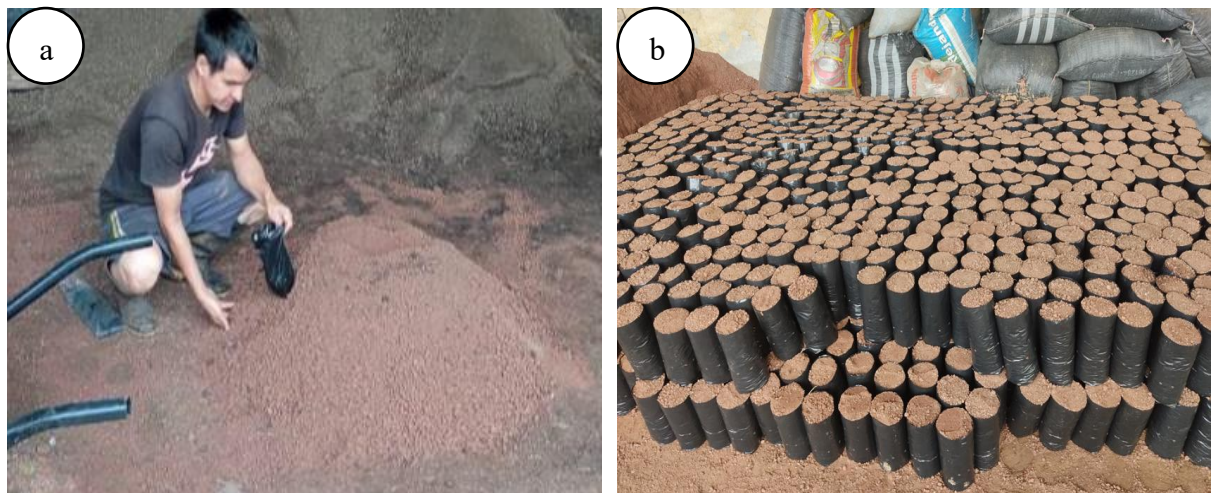


Figura 9. Del sustrato: a. Llenado de bolsas y b. Bolsas llenadas

3.4.4. Limpieza del área experimental y acomodo de las bolsas

La maleza se eliminó utilizando un machete y, posteriormente, se niveló el terreno de la cama del vivero con un azadón, las bolsas se colocaron según el croquis, disponiendo los tratamientos de manera aleatoria (Figuras 3 y 4). El vivero contaba con una sombra del 50 y disponía de un sistema de riego por gravedad (Figura 10).

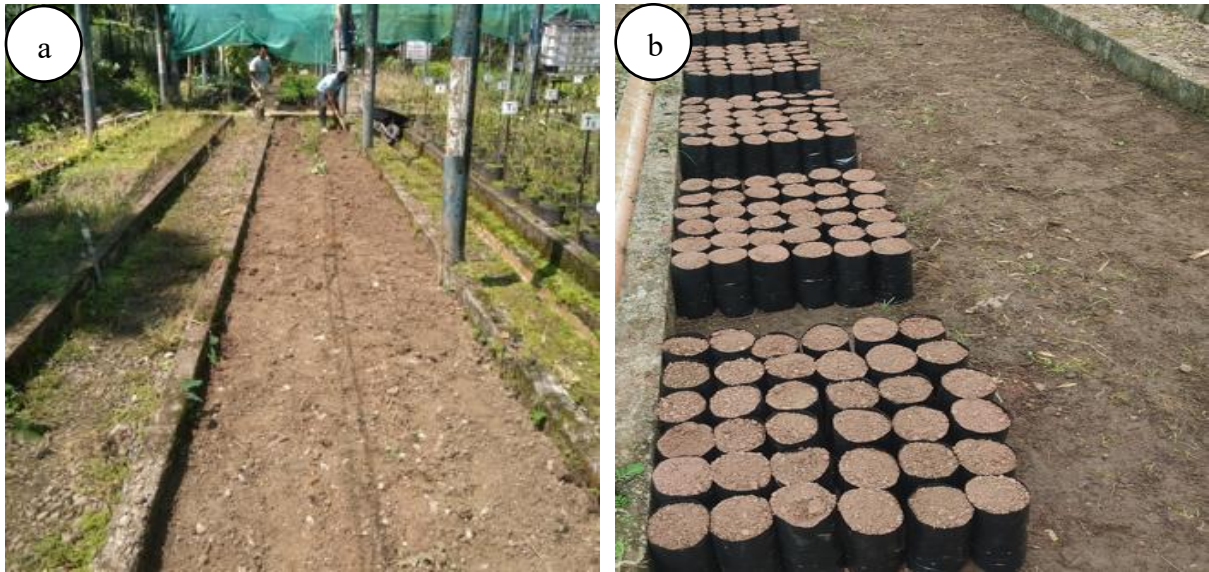


Figura 10. Cama del vivero: a. Limpieza y b. colocación de bolsas

3.4.5. Obtención y siembra de las semillas

Las semillas de cacao fueron adquiridas en la empresa Fundo La Alborada, propiedad del Ing. Mendis Paredes Arce, ubicada en el distrito de Castillo Grande.

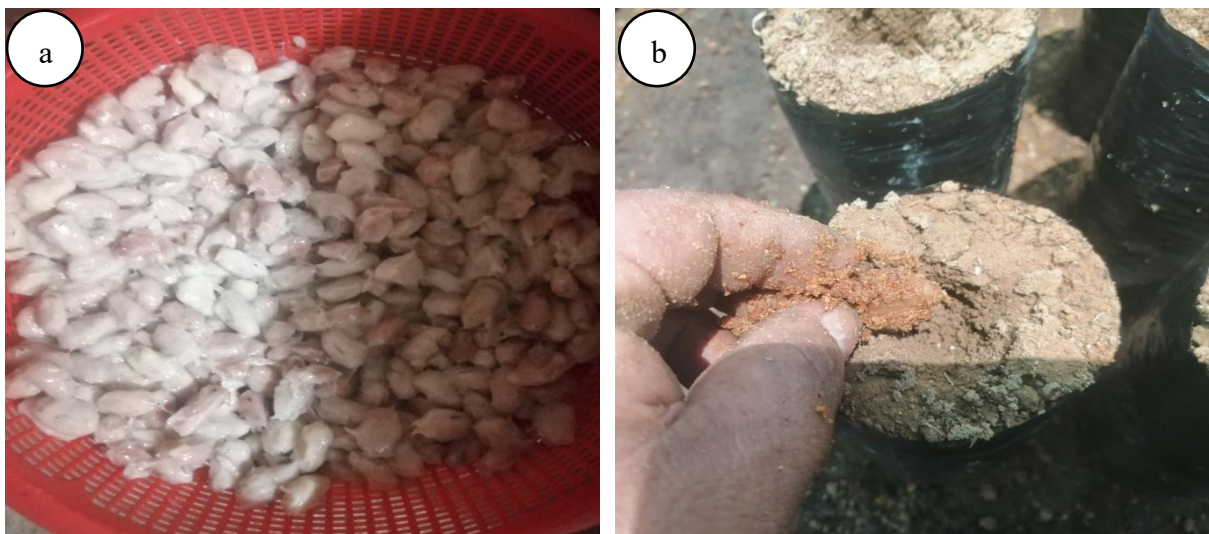


Figura 11. De las semillas: a. limpieza del mucilago y b. siembra de semillas en las bolsas

Estas semillas fueron sometidas a un proceso de germinación en aserrín descompuesto, una vez germinadas, se colocó una semilla en cada bolsa, introduciéndola perpendicularmente a una profundidad de 2 cm (Figura 11).

3.4.6. Aplicación de productos orgánicos

La aplicación de los productos orgánicos se llevó a cabo en tres ocasiones específicas. La primera aplicación fue a los 30 días después de la siembra, la segunda aplicación fue a los 15 días posteriores a la primera, y la tercera aplicación se realizó 30 días después de la segunda. Cada planta recibió una aplicación de 30 mL de la solución, la aplicación se realizó con jeringa (Figura 12).



Figura 12. Aplicaciones: a. dosificación y b. aplicación de la solución

3.4.7. Manejo agrícola

El vivero contaba con una sombra del 50 %, proporcionada por una malla rachel, y el sistema de riego se adaptaba a las condiciones climáticas, generalmente estableciendo una frecuencia de riego cada tres días, el control de malezas se llevó a cabo meticulosamente, tanto dentro de las bolsas como en las áreas circundantes, empleando métodos manuales cada vez que se observó malezas, se implementaron medidas de prevención para plagas y enfermedades con una frecuencia de 15 días (Figura 13).



Figura 13. Manejo: a. Control de malezas de las bolsas y b. Riego

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto en el crecimiento de los plántones

4.1.1. Altura, diámetro de tallo y número de hojas

La Figura 14 evidencia que el crecimiento en altura de los plántones de cacao se ajustó a modelos lineales, donde las pendientes reflejan la tasa de crecimiento y los coeficientes de determinación (R^2) la confiabilidad de los ajustes. En el genotipo CMP-51, el testigo (T_1) presentó la menor pendiente (0,1723 cm/día; $R^2 = 0,7186$), mientras que la aplicación de carbón líquido al 10 % (T_2) incrementó el crecimiento (0,2200 cm/día; $R^2 = 0,7980$) y con carbón líquido al 20 % (T_3) se alcanzó una tasa aún mayor (0,2328 cm/día; $R^2 = 0,8286$). Los mejores resultados se lograron con Codahumus 20 al 10 % (T_4), con 0,2398 cm/día ($R^2 = 0,8529$), y sobre todo con Codahumus 20 al 20 % (T_5), que alcanzó la mayor pendiente de este genotipo (0,2510 cm/día; $R^2 = 0,8540$). En el genotipo CCN-51, el testigo (T_6) mostró un crecimiento limitado (0,1840 cm/día; $R^2 = 0,6780$), mientras que la aplicación de carbón líquido al 10 % (T_7) elevó el crecimiento a 0,2145 cm/día ($R^2 = 0,8871$) y el tratamiento con carbón líquido al 20 % (T_8) registró la mayor tasa de crecimiento del ensayo (0,2585 cm/día; $R^2 = 0,8853$), evidenciando una alta respuesta a este bioestimulante. Con el uso de Codahumus 20 al 10 % (T_9) se alcanzó un crecimiento de 0,2393 cm/día ($R^2 = 0,8574$), mientras que con Codahumus 20 al 20 % (T_{10}) el crecimiento fue más moderado (0,2145 cm/día; $R^2 = 0,8271$), lo que sugiere que, en este genotipo, la dosis menor resultó más efectiva que la mayor.

Estos resultados sugieren que la combinación de condiciones que incluyen la aplicación de bioestimulantes como carbón líquido y Codahumus, junto con la adecuada disponibilidad de nutrientes, promueve un crecimiento vigoroso de los plántones en etapas iniciales, lo cual coincide con lo reportado por Noboa (2019). El efecto positivo podría estar relacionado con la capacidad de estas bioestimulantes para mejorar la estructura del suelo, incrementar la fertilidad y la retención de humedad, factores claves para un crecimiento adecuado (Repoma, 2022). En contraste, un manejo inapropiado de nutrientes puede conducir a un desarrollo deficiente y a una menor uniformidad en las plantaciones, como advierten Arvelo et al. (2017). De este modo, los resultados demuestran que la selección adecuada del tratamiento, como en este caso el Codahumus al 20 % en CMP-51 y el carbón líquido al 20 % en CCN-51, puede impactar significativamente en el establecimiento de los plántones de cacao, ya que mantener la estructura y disponibilidad de nutrientes en el suelo constituye un elemento esencial para lograr un desarrollo vigoroso y uniforme en las fases iniciales de la plantación (Loli, 2012).

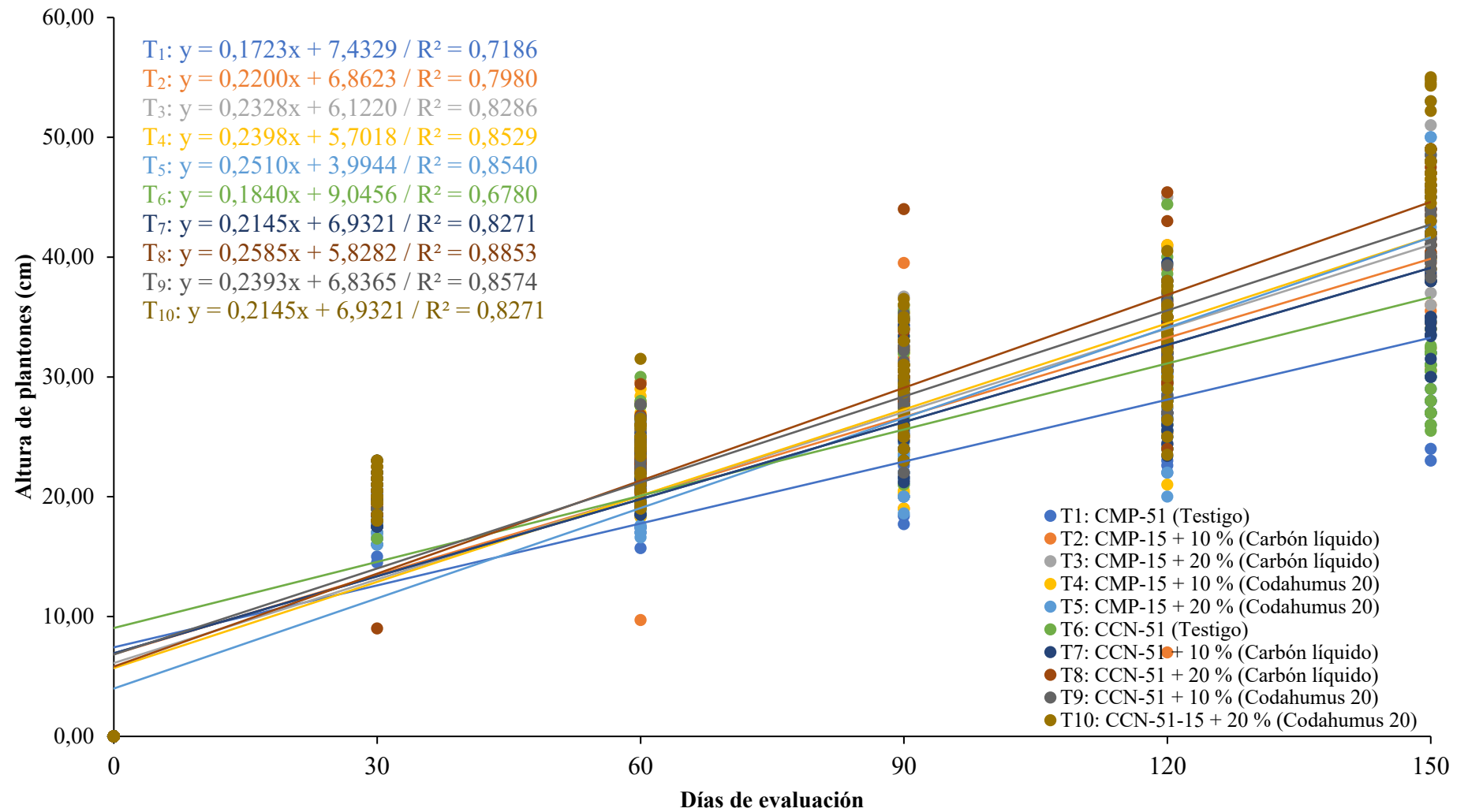


Figura 14. Regresión de las variables días de evaluación (x) y altura de plantones de cacao (y), hasta los 150 días de evaluación desde la siembra

La Figura 15 muestra que el diámetro del tallo de los plántones de cacao presentó una respuesta diferenciada según el tratamiento y el genotipo. En CMP-51, el testigo (T_1) mostró la menor tasa de incremento (0,0448 mm/día; $R^2 = 0,8266$), mientras que la aplicación de carbón líquido al 10 % (T_2) y al 20 % (T_3) aumentó progresivamente la tasa de crecimiento (0,0467 y 0,0497 mm/día). Sin embargo, el mayor efecto se obtuvo con Codahumus 20 al 20 % (T_5), que alcanzó 0,0515 mm/día ($R^2 = 0,8994$), consolidándose como el tratamiento más eficiente en este genotipo.

En CCN-51, el testigo (T_6) también mostró crecimiento reducido (0,0468 mm/día; $R^2 = 0,8196$), pero la aplicación de carbón líquido al 20 % (T_8) elevó la tasa a 0,0517 mm/día ($R^2 = 0,8982$) y el Codahumus 20 al 20 % (T_{10}) alcanzó el mayor valor de todo el ensayo (0,0534 mm/día; $R^2 = 0,8932$), confirmando la alta eficacia de los bioestimulantes en este material genético. Estos resultados demuestran que tanto el tipo de bioestimulante como el genotipo influyen en el engrosamiento del tallo, siendo particularmente efectiva la aplicación de Codahumus 20 % en CCN-51 y CMP-51, y el carbón líquido 20 % en CCN-51.

Las condiciones proporcionadas favorecieron el crecimiento en diámetro del tallo, probablemente debido a un equilibrio adecuado de nutrientes y a mejoras en la estructura del suelo que promovieron la expansión celular y el crecimiento radial de los plántones de cacao (Aguilar y Guharay, 2013). Esto es consistente con estudios que destacan el efecto positivo de los bioestimulantes en la disponibilidad de nutrientes y en la capacidad de retención de agua, aspectos cruciales para enfrentar condiciones de estrés hídrico (Delgado-Londoño, 2017). Por el contrario, la deficiencia nutricional puede limitar significativamente este proceso, reduciendo la capacidad de desarrollo del tallo en cacao (Eguez et al., 2022). En este sentido, los resultados recalcan la importancia de un manejo integral de la fertilidad del suelo, en el que la aplicación de bioestimulantes orgánicas, junto con una adecuada gestión de nutrientes, constituye una estrategia clave para mejorar la productividad y sostenibilidad de las plantaciones (Noles, 2020).

Particularmente, el carbón líquido contribuye a mejorar la estructura y la capacidad de retención de agua del suelo, lo que facilita la absorción de nutrientes y promueve un tallo más robusto (Monty's Plant Food, 2024b), mientras que el Codahumus, rico en ácidos húmicos, incrementa la disponibilidad de nutrientes y estimula la actividad microbiana, potenciando la absorción de minerales esenciales y favoreciendo el engrosamiento del tallo en plántulas jóvenes (Canellas et al., 2015). Estos productos no solo enriquecen la fertilidad del suelo, sino que también generan condiciones óptimas para un crecimiento sostenido y vigoroso del diámetro del tallo en cacao.

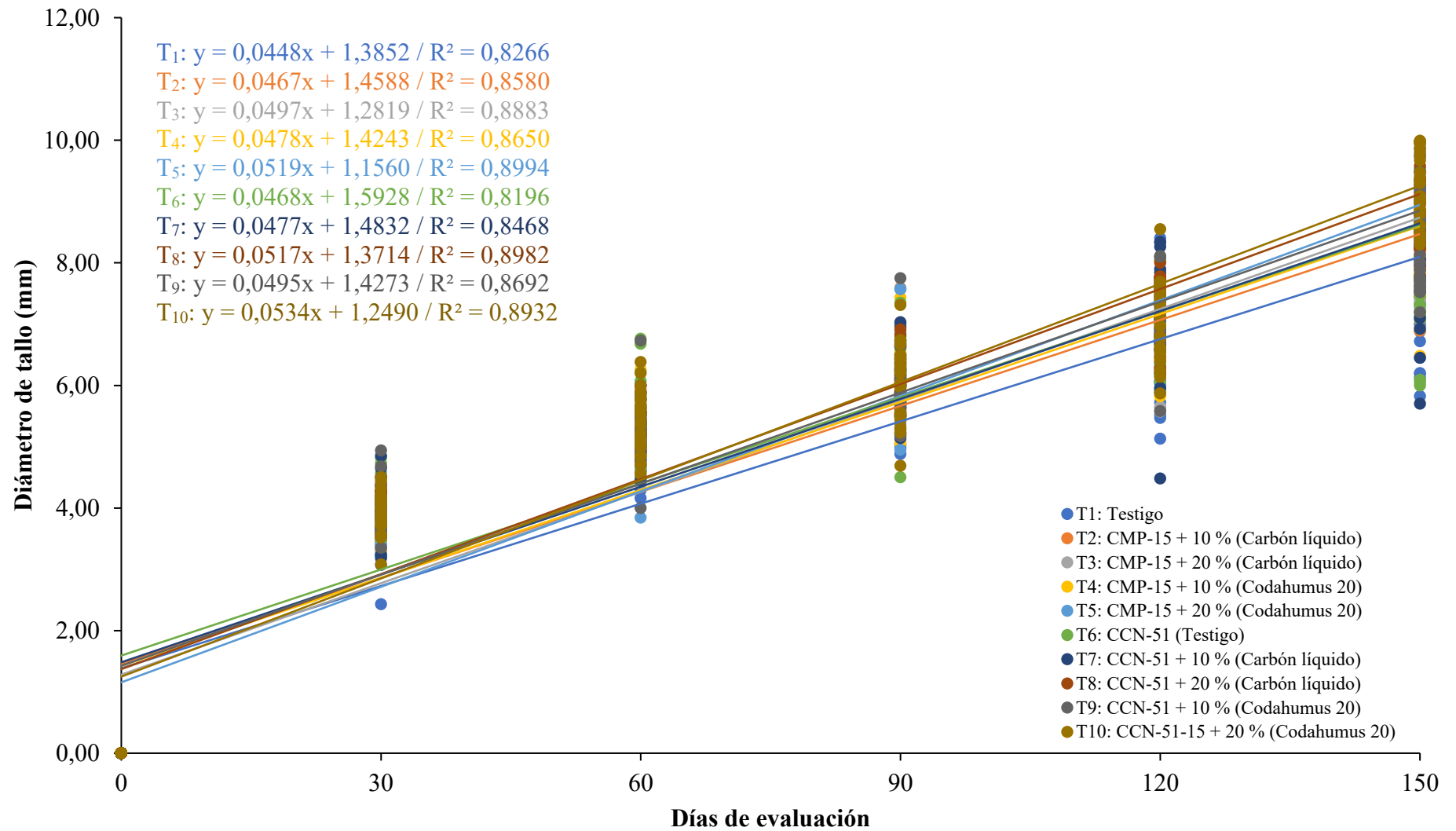


Figura 15. Regresión de las variables días de evaluación (x) y diámetro del tallo de plantones de cacao (y), hasta los 150 días de evaluación desde la siembra

La Figura 16 muestra la relación entre los días de evaluación y el número de hojas por planta en plántones de cacao. En el genotipo CMP-51, el testigo (T_1) presentó la menor tasa de emisión foliar (0,1006 hojas/día; $R^2 = 0,8290$), mientras que la aplicación de carbón líquido al 10 % (T_2) y 20 % (T_3) incrementó significativamente el crecimiento (0,1095 y 0,1162 hojas/día). De igual manera, el uso de Codahumus 20 al 10 % (T_4) mejoró la emisión foliar (0,1146 hojas/día; $R^2 = 0,8907$), alcanzándose el mejor desempeño en este genotipo con Codahumus 20 al 20 % (T_5), que registró 0,1194 hojas/día ($R^2 = 0,8920$). En el genotipo CCN-51, el testigo (T_6) mostró un crecimiento moderado (0,1096 hojas/día; $R^2 = 0,8927$), pero con la aplicación de carbón líquido al 10 % (T_7) y 20 % (T_8) la tasa aumentó a 0,1135 y 0,1225 hojas/día, respectivamente, siendo este último uno de los tratamientos más sobresalientes ($R^2 = 0,9289$). En cuanto al uso de Codahumus, el 10 % (T_9) alcanzó 0,1187 hojas/día ($R^2 = 0,8875$), mientras que el 20 % (T_{10}) presentó la mayor pendiente de todo el ensayo (0,1294 hojas/día; $R^2 = 0,9065$), confirmando su alta eficiencia en este genotipo.

Estos resultados concuerdan con estudios que destacan la importancia de las bioestimulantes orgánicas y la adecuada nutrición en la promoción del crecimiento foliar en cacao, dado que la formación de hojas es un indicador crítico del vigor de la planta al estar directamente relacionada con la capacidad fotosintética y, por ende, con el crecimiento general (Puentes-Páramo et al., 2014). Los altos valores de R^2 observados en todos los tratamientos (0,9486 a 0,9814) evidencian una fuerte relación lineal entre el tiempo y la emisión foliar, lo que refleja un patrón de crecimiento sostenido y predecible bajo condiciones adecuadas, en concordancia con lo señalado por Meza-Calderón et al. (2019).

El análisis de suelo (Tabla 15) respalda estos resultados, ya que los tratamientos T_1 y T_2 presentaron menor fertilidad, limitando el crecimiento foliar, mientras que en T_4 , gracias a la aplicación de bioestimulantes, se registraron mejoras edáficas que favorecieron una mayor emisión de hojas, lo cual coincide con lo señalado por Vargas et al. (2024). En este contexto, el carbón líquido, derivado del biochar, mejoró las propiedades químicas del suelo y facilitó la absorción de nutrientes, promoviendo la emisión foliar como se evidenció en los tratamientos T_2 , T_3 , T_7 y T_8 . De manera similar, el Codahumus, un acondicionador basado en ácidos húmicos, incrementó la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana del suelo, favoreciendo la absorción de minerales y, en consecuencia, un mayor número de hojas, especialmente en T_4 , T_5 , T_9 y T_{10} , lo cual coincide con lo reportado por Veobides-Amador et al. (2018). Los resultados integrados del número de hojas, el diámetro de tallo y las condiciones edáficas confirman que el uso de bioestimulantes como carbón líquido y Codahumus tiene un impacto positivo en los plántones de cacao.

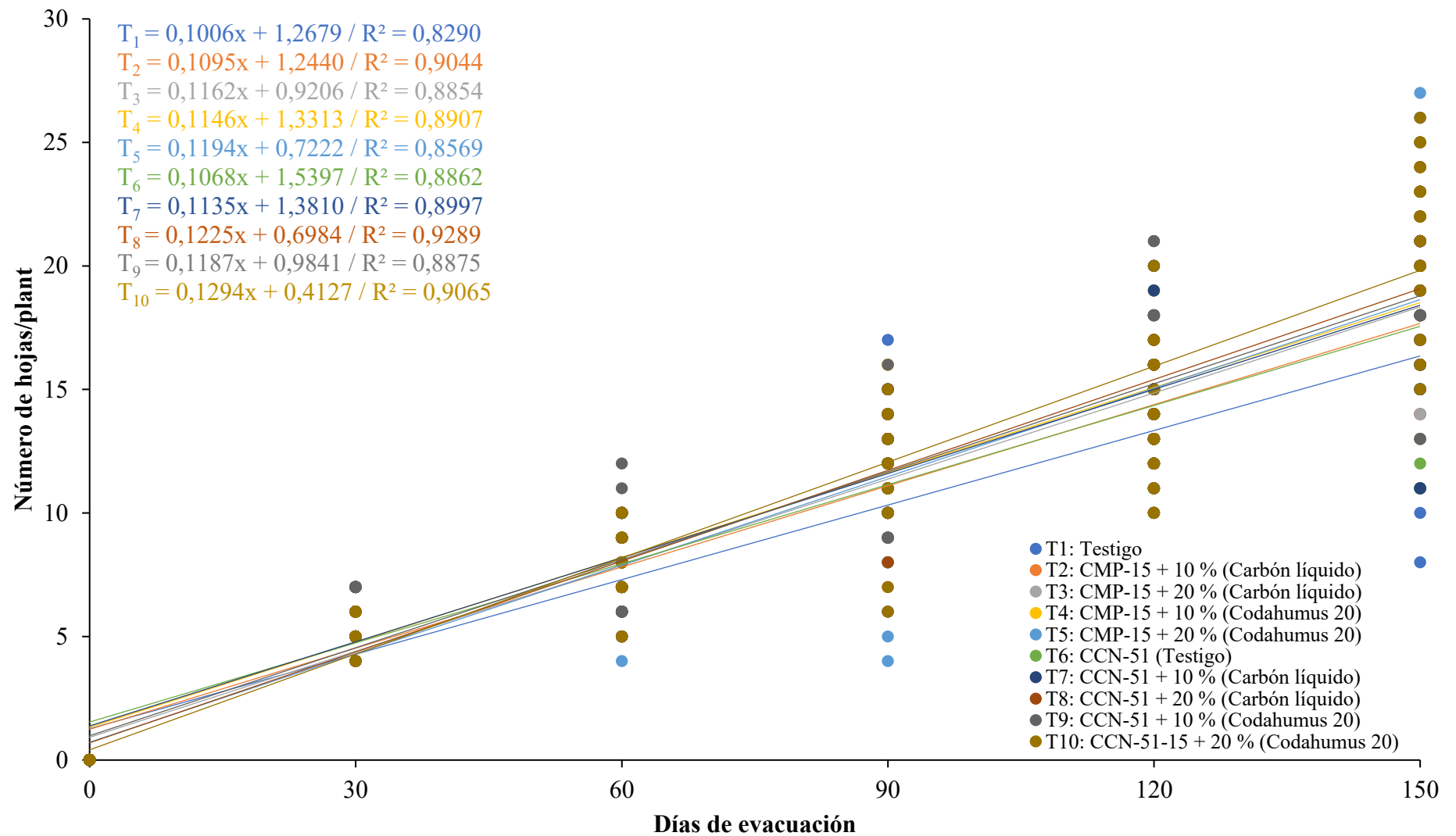


Figura 16. Regresión de las variables días de evaluación (x) y número de hojas de plantones de cacao (y), hasta los 150 días de evaluación desde la siembra

Los resultados del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) (Tabla 9) para la altura, diámetro de tallo y número de hojas de los plantones de cacao, muestran valores de probabilidad menores al planteado (*p-valor*) para la altura, el diámetro de tallo y el número de hojas, lo cual indica que los tratamientos tienen un efecto significativo en estas variables, destaca la influencia de nutrientes y las bioestimulantes en el crecimiento de plantas (Puentes-Páramo et al., 2016), las significancias estadísticas encontrada en altura, diámetro de tallo y número de hojas, sugiere que los tratamientos modificaron favorablemente las condiciones para el crecimiento de los plantones, posiblemente a través de una mejor disponibilidad y absorción de nutrientes, lo que es esencial en las primeras etapas del crecimiento del cacao (Merino, 2013).

En cuanto al número de muestras (Tabla 9), se determinó un valor de probabilidad mayor a 0,05 en las tres variables (altura, diámetro de tallo y número de hojas) indica que no hubo diferencias estadísticas; esto podría deberse a que la el crecimiento en altura, diámetro de tallo y emisión de hojas, puede estar más influenciada por factores genéticos o ambientales que no fueron controlados en el experimento, o que los tratamientos no fueron suficientemente en términos de su impacto sobre esta característica de crecimiento (Meza-Calderón et al., 2019).

El coeficiente de variación (CV) muestra una baja variabilidad relativa en la altura (9,40 %) y el diámetro de tallo (9,12 %), lo que sugiere una consistencia en las mediciones y un efecto uniforme de los tratamientos; por otro lado, el mayor CV en el número de hojas (16,41 %) indica una mayor dispersión de los datos, lo que podría estar relacionado con una mayor sensibilidad de esta variable a factores no controlados o a una respuesta más heterogénea de los plantones de cacao (Gordón-Mendoza y Camargo-Buitrago, 2015).

El coeficiente de determinación (R^2) también aporta información valiosa sobre el ajuste del modelo a los datos, un R^2 de 0,79 para la altura indica que una gran parte de la variabilidad en esta variable puede ser explicada por los tratamientos, subrayando su importancia en el crecimiento vertical de los plantones; sin embargo, los valores más bajos de R^2 para el diámetro de tallo (0,45) y el número de hojas (0,42) sugieren que otros factores, posiblemente relacionados con el microambiente o la variabilidad genética, juegan un papel significativo en estas características, lo que podría implicar la necesidad de un manejo más preciso para mejorar estas respuestas (Vallejo et al., 2006). Los resultados refuerzan la importancia de un manejo adecuado y específico en la producción de plantones de cacao, y subrayan que mientras algunas variables como la altura responden claramente a los tratamientos, otras como el diámetro de tallo y número de hojas pueden requerir un perspectiva más detallado para entender completamente el crecimiento.

Tabla 9. Resumen del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para altura, diámetro de tallo y número de hojas de plantones de cacao evaluado a los 150 días después de la instalación

Fuente de variación	GL	Altura (cm)			Diámetro de tallo (mm)			Número de hojas		
		CM	F	p-valor	CM	F	p-valor	CM	F	p-valor
Tratamientos	9	1011,56 <i>S</i>	72,25	<0,0001	7,32 <i>S</i>	12,77	<0,0001	76,24 <i>S</i>	8,31	<0,0001
Sub muestras	50	5,35 <i>NS</i>	0,38	0,9999	0,39 <i>NS</i>	0,68	0,9431	10,59 <i>NS</i>	1,15	0,2472
Error experimental	180	14,00			0,57			9,18		
Total	239									
CV (%)		9,40			9,12			16,41		
R ²		0,79			0,45			0,42		

Tabla 10. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) para altura, diámetro de tallo y número de hojas de plantones de cacao, evaluado a los 150 días después de la instalación, promedio \pm error experimental (E.E) por efecto de dos dosis de carbón líquido y Codahumus

Tratamientos	Altura (cm)			Tratamientos.	Diámetro de tallo (mm)			Número de hojas		
	Promedio	E.E	Sig.		promedio	E.E	Sig.	promedio	E.E	Sig.
T ₁₀	48,17	\pm 0,76	a	T ₁₀	9,24	\pm 0,15	a	21,38	\pm 0,62	a
T ₅	46,32	\pm 0,76	a	T ₅	8,87	\pm 0,15	b	20,13	\pm 0,62	b
T ₈	44,35	\pm 0,76	b	T ₈	8,72	\pm 0,15	b	19,71	\pm 0,62	b
T ₉	42,30	\pm 0,76	c	T ₃	8,53	\pm 0,15	b	19,33	\pm 0,62	b
T ₄	41,93	\pm 0,76	c	T ₉	8,43	\pm 0,15	b	18,92	\pm 0,62	b
T ₃	41,30	\pm 0,76	c	T ₄	8,11	\pm 0,15	c	18,50	\pm 0,62	b
T ₂	37,81	\pm 0,76	d	T ₇	7,96	\pm 0,15	c	17,54	\pm 0,62	c
T ₇	37,18	\pm 0,76	d	T ₂	7,91	\pm 0,15	c	17,17	\pm 0,62	c
T ₆	29,80	\pm 0,76	e	T ₆	7,84	\pm 0,15	c	16,29	\pm 0,62	c
T ₁	28,75	\pm 0,76	e	T ₁	7,42	\pm 0,15	d	15,71	\pm 0,62	c

Leyenda:

T₁: CMP-15 Testigo

T₄: CMP-15 + 10 % Codahumus

T₇: CCN-51 + 10 % Carbón líquido

T₁₀: CCN-51-15 + 20 % Codahumus

T₂: CMP-15 + 10 % Carbón líquido

T₅: CMP-15 + 20 % Codahumus

T₈: CCN-51 + 20 % Carbón líquido

T₃: CMP-15 + 20 % Carbón líquido

T₆: CCN-51 Testigo

T₉: CCN-51 + 10 % Codahumus

Los resultados de la prueba de DGC (Tabla 10) para la altura de los plantones de cacao a los 150 días de evaluación muestran la influencia de los bioestimulantes utilizadas, especialmente en términos de la dosis aplicada, los tratamientos T₁₀ y T₅ (CCN-51 y CMP-15 + 20 % Codahumus) se destacan con las mayores alturas promedio (48,17 y 46,32 cm), la literatura respalda el uso de ácidos húmicos, como los presentes en Codahumus, para mejorar la absorción de nutrientes y la estructura del suelo, lo que favorece un crecimiento vigoroso de las plantas (Veobides-Amador et al., 2018), la ausencia de diferencias significativas entre estos tratamientos sugiere que la dosis de 20 % es óptima para maximizar el crecimiento en altura en estas dos semillas de cacao en estudio. El tratamiento T₈ (CMP-15 + 20 % Carbón líquido), que se encuentra en el segundo grupo con una altura promedio de 44,35 cm, demuestra que aunque el carbón líquido es efectivo, no alcanza el mismo nivel de eficacia que el Codahumus a la misma dosis, esto podría deberse a que el carbón líquido, aunque mejora la retención de agua y la estructura del suelo, podría requerir más tiempo para liberar sus beneficios completos o podría ser menos efectivo en la liberación inmediata de nutrientes en comparación con los ácidos húmicos (Ayala y Peña, 2020). En el tercer grupo, se muestran los tratamientos T₉, T₄ y T₃ (con 10 % de Codahumus y 20 % de Carbón líquido mostraron un crecimiento intermedio en altura (42,30; 41,93 y 41,30 cm), estos resultados muestran que aunque estos bioestimulantes siguen siendo beneficiosas, su eficacia es menor cuando se aplican en dosis más bajas o cuando se utiliza carbón líquido en lugar de Codahumus, esto recalca la importancia de la dosificación y el tipo de bioestimulante utilizada para maximizar el crecimiento de los plantones de cacao (Cruzado, 2017). Los tratamientos T₂ y T₇ (CMP-15 y CCN-51+ 10 % Carbón líquido) en el cuarto grupo, muestra alturas de 37,81 y 37,18 cm, revelan que la reducción de la dosis de carbón líquido a 10 % resulta en un crecimiento significativamente menor, estos resultados destacan que una menor dosis de carbón líquido es menos efectiva para promover el crecimiento en altura, probablemente debido a una insuficiente mejora en la retención de agua y disponibilidad de nutrientes (Delgado-Londoño, 2017). Finalmente, los tratamientos testigo T₆ y T₁ (sin bio estimulante), que están en el quinto grupo con las menores alturas promedio (29,80 y 28,75 cm), confirman la importancia de los bioestimulantes; es decir la falta de estos bioestimulantes resultó en un crecimiento significativamente inferior, lo que subraya la dependencia del cacao en condiciones de suelo mejoradas para alcanzar un crecimiento óptimo (Rodríguez, 2001).

Los tratamientos con Codahumus 0 a 20 % son los más efectivos para promover el crecimiento en altura de los plantones de cacao, mientras que menos dosis o la ausencia de bioestimulante lleva a un crecimiento menor, lo cual destaca la importancia de la

selección adecuada de bioestimulante y la dosificación para optimizar el crecimiento de los plántones de cacao.

La prueba de DGC (Tabla 10) para el diámetro del tallo de los plántones de cacao a los 150 días de evaluación muestra la efectividad de los bioestimulantes como Codahumus y el carbón líquido, el tratamiento T₁₀ (CCN-51 + 20 % Codahumus), muestra el mayor diámetro promedio del tallo (9,24 mm), coincide con estudios previos que han demostrado que los ácidos húmicos, componentes clave de Codahumus, mejoran significativamente la disponibilidad de nutrientes en el suelo y promueven un mayor crecimiento radicular y del tallo en plantas jóvenes (Gutiérrez, 2021), el mayor diámetro de tallo en plantas de cacao CCN-51 significa que estas semillas responden particularmente bien a la adición de los bioestimulantes, lo cual es consistente con investigaciones que muestran que las respuestas a los bioestimulantes pueden variar según el material genético de la planta (F. Pérez, 2017). En el segundo grupo, los tratamientos T₅, T₈, T₃, y T₉ con diámetros de tallo menores que el tratamiento T₁₀, sin embargo, se destaca la eficacia de 20 % de Codahumus y el carbón líquido para promover un crecimiento significativo, esto refuerza la evidencia de que el carbón líquido, mejora la estructura del suelo y la retención de agua, facilitando la absorción de nutrientes esenciales (Melo-Lozano y Afanasjeva, 2023), sin embargo, la ligera inferioridad de estos tratamientos en comparación con T₁₀ puede deberse a las diferencias en la capacidad de liberación de nutrientes entre el carbón líquido y los ácidos húmicos. El tercer grupo, que incluye tratamientos con 10 % de Codahumus y carbón líquido y los testigos T₆ y T₇, presenta un crecimiento intermedio, significa que una menor dosis de bioestimulantes es menos efectiva en promover el crecimiento del diámetro del tallo, lo que es consistente con la literatura que indica que la dosis adecuada de bioestimulantes es crucial para maximizar los beneficios en el crecimiento vegetal (Morales et al., 2015), además, los resultados para los tratamientos testigos subrayan la importancia de la suplementación con bioestimulantes para evitar limitaciones en el crecimiento. Finalmente, el cuarto grupo, representado por el tratamiento T₁ CMP-15 (Testigo), con el menor crecimiento en diámetro del tallo (7,42 mm), confirma la dependencia del cacao en condiciones mejoradas del suelo para un crecimiento óptimo, la falta de bioestimulantes en este tratamiento resultó en un crecimiento significativamente inferior, lo que coincide con estudios que destacan la importancia de la fertilidad del suelo para el crecimiento de cultivos como el cacao (Morales et al., 2015). Estos resultados resaltan la superioridad de 20 % de Codahumus, particularmente las semillas de cacao CCN-51, para promover un crecimiento óptimo en el diámetro del tallo, así como la altura, mientras que una menor dosis o la ausencia de bioestimulantes lleva a un crecimiento reducido, la elección adecuada de

bioestimulantes y la dosificación son fundamentales para optimizar el crecimiento de los plántones de cacao.

Los resultados de la prueba DGC (Tabla 10), muestran diferencias significativas en el número de hojas de los plántones de cacao a los 150 días de evaluación reflejan la influencia directa de las bioestimulantes aplicadas y su dosificación en el crecimiento foliar (Tabla 6), el tratamiento T₁₀ CCN-51 (20 % Codahumus), que se destaca con el mayor número promedio de hojas (21,38 hojas), es consistente con investigaciones que resaltan la eficacia de los ácidos húmicos, presentes en Codahumus, para mejorar la disponibilidad de nutrientes y estimular la actividad microbiana en el suelo, lo que resulta en un mayor crecimiento foliar (Álvarez-Carrillo et al., 2015), este incremento en la cantidad de hojas es crucial, dado que las hojas son el principal órgano fotosintético de la planta, y su abundancia se asocia directamente con un mayor número de hojas (Gómez et al., 2014). Los tratamientos del segundo grupo, que incluyen los tratamientos T₅, T₈, T₃, T₉, y T₄, también muestran un número significativo de hojas, aunque ligeramente inferior que el tratamiento T₁₀, estos resultados subrayan que tanto el Codahumus como el carbón líquido, especialmente en dosis de 20 %, tienen un efecto positivo en la producción del número de hojas; el carbón líquido, ha demostrado mejorar la estructura del suelo y aumentar la capacidad de retención de agua, lo que a su vez mejora la absorción de nutrientes por las raíces e incrementa el número de hojas (Campos y Salazar, 2011), sin embargo, la ligera diferencia en la efectividad entre los tratamientos del primero y segundo grupo podría estar relacionada con la velocidad y la eficiencia con la que cada enmienda libera nutrientes esenciales para la emisión del número de hojas. En el tercer grupo, los tratamientos T₇, T₂, T₆, y T₁ presentaron los números más bajos de hojas, lo que destaca la importancia de la dosis adecuada de bioestimulantes para la emisión del número de hojas, la menor efectividad observada en estos tratamientos podría explicarse por la insuficiencia en la disponibilidad de nutrientes en el suelo, dado que la dosis más baja de bioestimulantes o su ausencia limita el suministro continuo de nutrientes, que es esencial para el incremento del número de hojas de plántones de cacao (López, 2021).

Además, estos resultados subrayan la variabilidad en la respuesta a las bioestimulantes según el tipo de semilla de cacao utilizado, dado que los dos tipos de semillas de cacao pueden tener diferentes capacidades para absorber y utilizar los nutrientes del suelo (Puentes-Páramo et al., 2014). Los resultados subrayan que la aplicación de 20 % de Codahumus, especialmente las semillas de cacao CCN-51, es altamente efectiva para promover el número de hojas, mientras que una menor dosis o la falta de bioestimulantes reduce significativamente el número de hojas, esto resalta la importancia de una gestión adecuada de

las bioestimulantes para optimizar la capacidad fotosintética y el rendimiento futuro de los plántones de cacao.

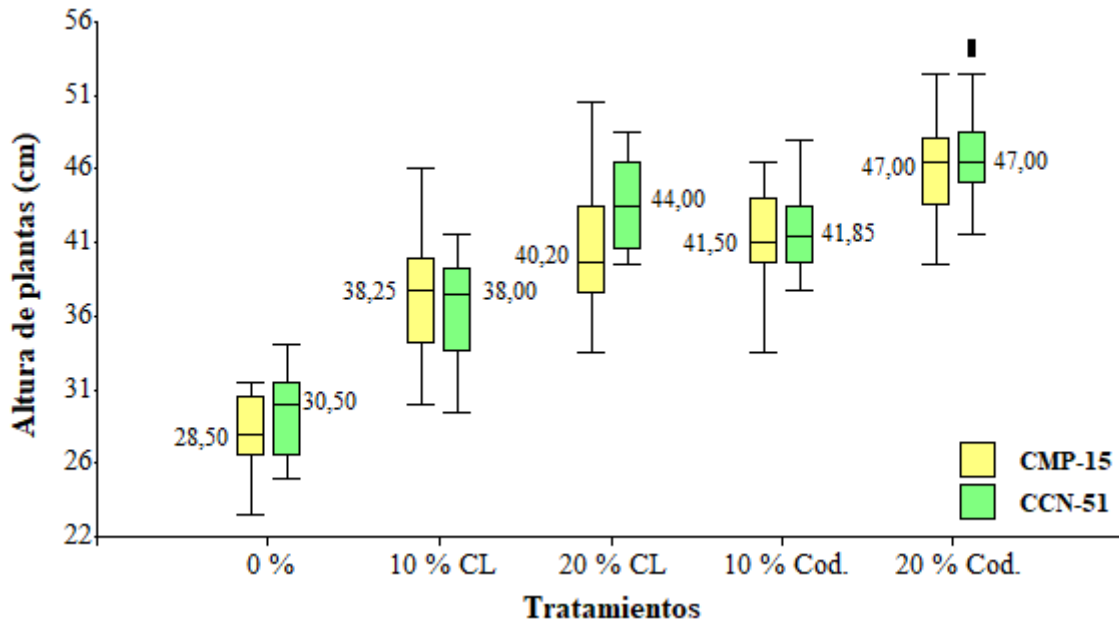


Figura 17. Altura de plántones de dos tipos de semillas de cacao (CMP-15 y CCN-51) por efecto de dos bioestimulantes (carbón líquido y Codahumus) y dos dosis (10 y 20 %) de cada producto

Los resultados muestran una mejor respuesta en las semillas de cacao CCN-51 en comparación con las semillas de cacao CMP-15 a los bioestimulantes de carbón líquido y Codahumus (Figura 17), lo cual se destaca la importancia del material genético, de manera que se muestra que las semillas de cacao CCN-51, tiene mayor vigor y adaptación a diversas condiciones agroecológicas. Estudios muestran una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes y en la utilización de bioestimulantes orgánicas como los ácidos húmicos, lo que se traduce en un mayor crecimiento vegetativo en comparación con otros tipos de semillas de cacao (Fernández et al., 2016). En cuanto al uso de carbón líquido, la respuesta positiva observada en ambos tipos de semillas de cacao, especialmente a la dosis de 20 %, coincide con trabajos que han mostrado cómo el biochar puede mejorar la estructura del suelo, aumentar la retención de agua y la disponibilidad de nutrientes, lo que en última instancia mejora el crecimiento de las plantas; el biochar aplicado a suelos tropicales puede aumentar la altura de las plantas de cacao al mejorar la fertilidad del suelo, lo cual es coherente con el aumento de altura observado en CCN-51 y CMP-15 con la aplicación de carbón líquido (Chavez, 2021). Por otro lado, el Codahumus mostró ser particularmente efectivo, especialmente a la dosis de 20 %, lo que concuerda con investigaciones que señalan que los ácidos húmicos pueden mejorar

significativamente la absorción de nutrientes y la actividad microbiana en el suelo, favoreciendo el crecimiento radicular y la altura de las plantas (Noboa, 2019), la altura superior de CCN-51 bajo la aplicación de 20 % de Codahumus en comparación con CMP-15 podría atribuirse a la mayor capacidad estas semillas de cacao para utilizar los nutrientes suministrados por las bioestimulantes, lo que ha sido reportado en otros estudios sobre la eficiencia en el uso de nutrientes en diferentes tipos de semillas de cacao (Andy et al., 2023). Los resultados subrayan la importancia de seleccionar se semillas de cacao adecuado y ajustar las dosis de bioestimulantes para maximizar el crecimiento de los plantones de cacao, de manera que las semillas de cacao CCN-51 mostró una respuesta más favorable tanto al carbón líquido como al Codahumus, especialmente a las dosis más altas, lo que es consistente con investigaciones que enfatizan la interacción entre el material genético del cacao y las prácticas de manejo para optimizar el crecimiento de plantones de cacao.

La diferencia en el desempeño entre las semillas de cacao CCN-51 y la colección CMP-15 se debe a una combinación de factores genéticos, fisiológicos y ambientales que influyen en su capacidad para absorber y utilizar nutrientes y adaptarse a diversas condiciones de suelo y clima; las semillas de cacao CCN-51 es ampliamente reconocido por su vigor, alta productividad y capacidad de adaptación a suelos pobres, lo que le permite mantener un crecimiento vegetativo robusto incluso en condiciones menos favorables, en comparación con CMP-15, su mayor eficiencia en la absorción de macronutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, contribuyen a su superioridad (Villalaz-Pérez et al., 2022), además, CCN-51 ha demostrado una mejor respuesta a bioestimulantes orgánicas, como los ácidos húmicos y el carbón líquido, lo que optimiza aún más su crecimiento vegetativo (Canellas et al., 2015), desde una perspectiva económica, CCN-51 es preferido por su alta productividad y adaptabilidad a sistemas de producción intensiva, mientras que CMP-15 podría ser más adecuado para sistemas de cultivo con menos insumos o condiciones específicas (Sornoza et al., 2022). Los resultados muestran que la superioridad de CCN-51 en comparación con CMP-15 se atribuye a su mejor adaptabilidad genética, mayor eficiencia en el uso de nutrientes y una interacción más favorable con las bioestimulantes orgánicas, lo que lo convierte en una opción preferida para maximizar el crecimiento vegetativo en una amplia gama de condiciones agroecológicas.

Los resultados observados muestran diferencias en el diámetro del tallo entre los dos tipos de semillas de cacao CCN-51 y CMP-15 en respuesta a la aplicación de dos bioestimulantes (carbón líquido y Codahumus) en diferentes dosis (Figura 18), trabajos previos subrayan la importancia del material genético y el manejo de suelos en el crecimiento de plantas de cacao, la capacidad de los diferentes semillas de cacao para responder a prácticas de manejo

específicas ha sido documentada en estudios que destacan cómo las características genéticas influyen directamente en la eficiencia en la absorción de nutrientes y en el crecimiento vegetativo, lo que es crucial para el crecimiento óptimo del cultivo de cacao (Jiménez, 2022).

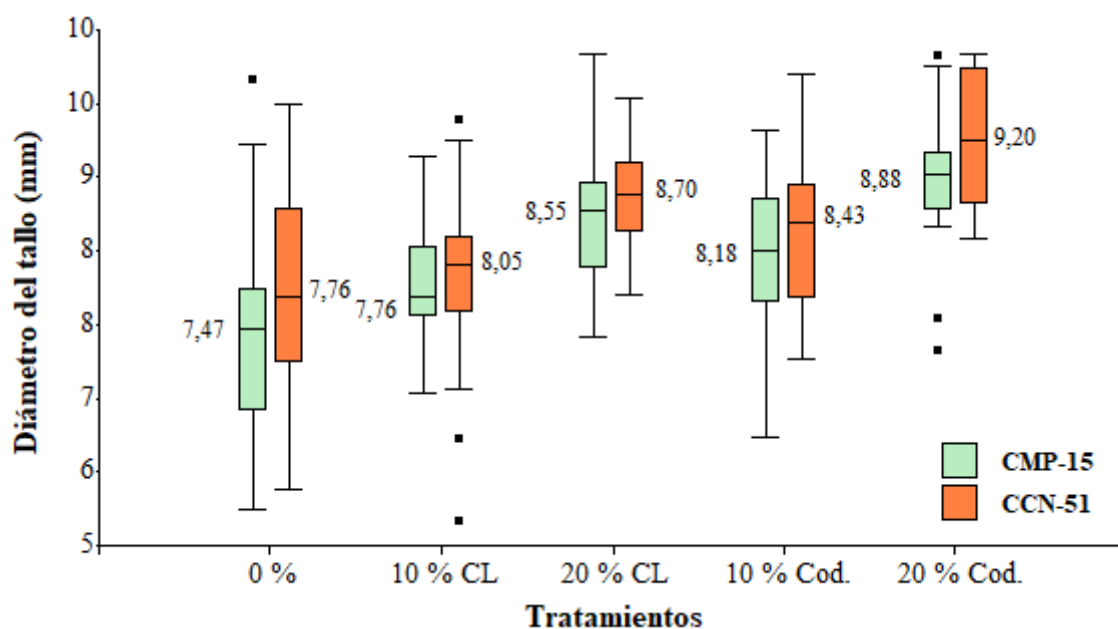


Figura 18. Diámetro del tallo de plántulas de dos tipos de semillas de cacao (CMP-15 y CCN-51) por efecto de dos bioestimulantes (carbón líquido y Codahumus) y dos dosis (10 y 20 %) de cada producto

Las semillas de cacao CCN-51 mostraron un mayor diámetro de tallo de plántulas en comparación con CMP-15 en todos los tratamientos, lo cual es consistente con estudios que indican que CCN-51 tiene una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes y en la conversión de estos en crecimiento vegetativo, incluso en suelos pobres o con manejo intensivo. Las semillas de cacao CCN-51 han sido ampliamente adoptadas en regiones productoras de cacao debido a su robustez y capacidad para responder favorablemente a bioestimulantes, lo que se traduce en un mayor crecimiento del tallo (Campoverde, 2022), esta diferencia en la eficiencia de absorción y uso de nutrientes entre los dos tipos de semillas de cacao ha sido observada en otros estudios que señalan la variabilidad genética como un factor clave para determinar el rendimiento en condiciones específicas de suelo y manejo (Puentes-Páramo et al., 2016). La aplicación de carbón líquido mostró un efecto positivo moderado en ambos tipos de semillas de cacao, con un mayor impacto a la dosis de 20 %, especialmente en CCN-51, este resultado es respaldado por investigaciones como las de Delgado (2006), que han documentado cómo el carbón líquido mejora la estructura del suelo, aumenta la retención de

agua y facilita la absorción de nutrientes, lo que contribuye a un crecimiento más vigoroso de las plantas. Similarmente, Hartemink (2005) han demostrado que la aplicación de carbono líquido puede aumentar significativamente la productividad de los cultivos en suelos tropicales, lo que es particularmente relevante para el cacao, que se cultiva en regiones con suelos frecuentemente pobres en nutrientes. El uso de Codahumus, particularmente a la dosis de 20 %, produjo el mayor incremento en el diámetro del tallo de plantas para ambas semillas de cacao, con CCN-51 alcanzando un diámetro de 9,24 mm, esto concuerda con estudios como el de Veobides-Amador et al. (2018) , que han demostrado que los ácidos húmicos presentes en productos como Codahumus pueden mejorar significativamente la absorción de nutrientes y estimular la actividad microbiana en el suelo, resultando en un mayor crecimiento radicular y del tallo. En un estudio relacionado, Reyes-Pérez et al. (2021) también encontró que los ácidos húmicos pueden aumentar la eficiencia en la absorción de nutrientes y mejorar la salud general del suelo, lo que se traduce en un crecimiento más robusto de las plantas. La respuesta diferencial entre las semillas de cacao y bioestimulantes observada en este estudio también se alinea con los hallazgos de Carmona-Rojas et al. (2022), quienes encontraron que diferentes clones de cacao pueden responder de manera diversa a las prácticas de manejo del suelo, dependiendo de su genética y su capacidad para absorber y utilizar eficientemente los nutrientes disponibles. Estas referencias sugieren que los programas de manejo deben ser adaptados específicamente al material genético utilizado para maximizar el crecimiento de los plantones de cacao, esta necesidad de adaptación específica tipo de semilla de cacao utilizado ha sido respaldada por estudios que demuestran cómo la interacción entre el tipo de suelo, los bioestimulantes aplicados y el material genético es crítica para el crecimiento del diámetro de tallo de plantones de cacao (Amaringo, 2018).

Los resultados de este estudio destacan que CCN-51, son semillas que responde particularmente bien a los bioestimulantes, especialmente a dosis más altas de Codahumus, en comparación con CMP-15, la superioridad de CCN-51 en términos de crecimiento del diámetro del tallo de plantones resalta la importancia de seleccionar semillas de cacao con características genéticas que maximicen la eficiencia en el uso de recursos y respondan favorablemente a las prácticas de manejo del suelo, estos resultados son consistentes con la literatura existente y refuerzan la necesidad de adaptar las prácticas de manejo a las características específicas de las semillas de cacao utilizado para obtener mejores resultados.

El número de hojas en plantones de las dos semillas de cacao CCN-51 y CMP-15 varía en respuesta a la aplicación de carbón líquido y Codahumus en dos dosis diferentes (8 y 20 %) (Figura 19), los resultados muestran que las semillas de cacao CCN-51

tiene una tendencia consistente a desarrollar un mayor número de hojas en comparación con CMP-15 en todos los tratamientos, lo que sugiere una mayor eficiencia fotosintética y potencial de crecimiento en CCN-51; en los tratamientos sin bioestimulantes, CCN-51 ya muestra una ligera ventaja con 16 hojas frente a 15 en CMP-15, lo que sugiere una predisposición genética favorable en condiciones de control, al aplicar 20 % de carbón líquido, CCN-51 aumenta a 20 hojas mientras que CMP-15 alcanza 19, lo que indica que ambas semillas de cacao responden positivamente al carbón líquido, pero con CCN-51 aprovechando mejor los beneficios, como una mayor retención de nutrientes y agua, como se ha documentado en estudios que exploran la interacción del carbón líquido con el suelo y las plantas (Tolentino, 2024).

En cuanto a Codahumus, a la dosis de 20 %, CCN-51 alcanza 22 hojas frente a 20 de CMP-15, mostrando una respuesta particularmente favorable a los ácidos húmicos, los cuales han sido reportados en estudios previos como promotores del crecimiento vegetal debido a su capacidad para mejorar la absorción de nutrientes y la actividad microbiana del suelo (Veobides-Amador et al., 2018). Estos resultados muestran la importancia del material genético en la respuesta a las prácticas de manejo, sugiriendo que CCN-51 son semillas de cacao más eficiente en la producción de plántones donde se incrementa el mayor número de hojas a través del uso de bioestimulantes.

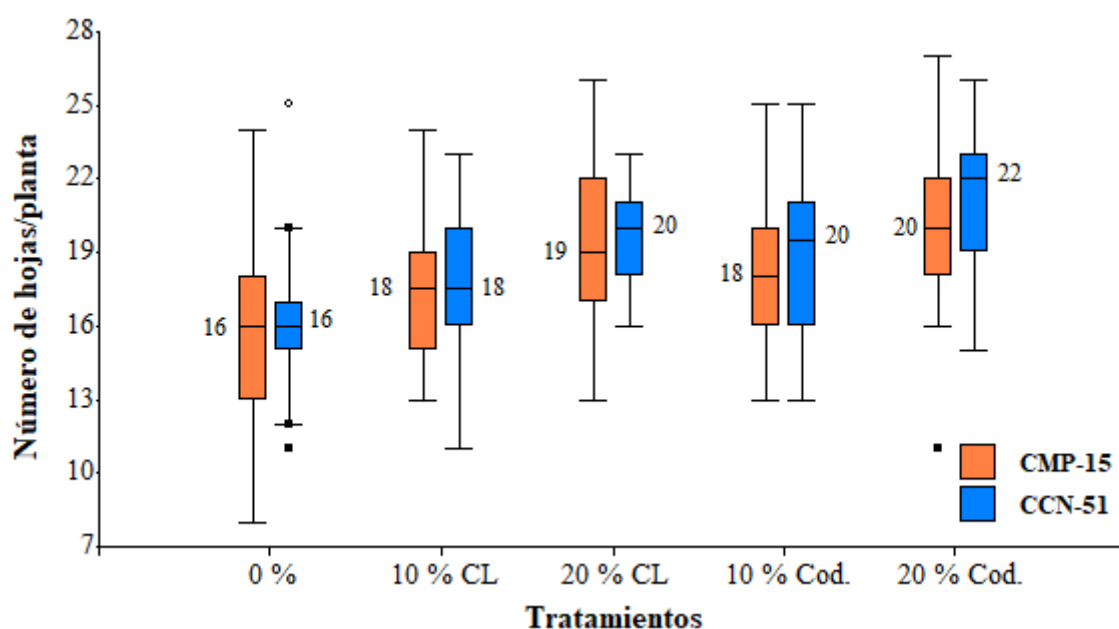


Figura 19. Número de hojas de plántones de dos tipos de semillas de cacao (CMP-15 y CCN-51) por efecto de dos bioestimulantes (carbón líquido y Codahumus) y dos dosis (10 y 20 %) de cada producto

Los resultados obtenidos en el presente estudio, donde el tratamiento T₁₀ (CCN-51 + 20 % de Codahumus) mostró un crecimiento superior en altura (48,17 cm), diámetro del tallo de plántulas de cacao (9,24 mm) y número de hojas (21,38), concuerdan con investigaciones previas que evidencian el impacto positivo de los bioestimulantes en el crecimiento de plántulas de cacao. Al respecto Lliuya (2015) reportó que el estiércol de cuy (T₃) promovió una mayor altura (34,68 cm) y número de hojas (22,83), resultados que, si bien son positivos, se encuentran por debajo de los obtenidos con Codahumus en las semillas de cacao CCN-51, lo que resalta la superioridad de los ácidos húmicos en combinación con semillas de cacao de alta eficiencia fisiológica. De manera similar, Merino (2013) demostró que el tratamiento T₇ (Gaicashi + MEB) produjo un crecimiento vegetal vigoroso y saludable, aunque sin reportar valores numéricos superiores a los obtenidos en este estudio, lo cual refuerza el potencial de los bioestimulantes combinados con microorganismos, pero también sugiere que la elección del tipo de enmienda y semillas de cacao influye en los resultados.

Asimismo, Damiano (2021) reportó que el tratamiento con Amino acids + sustrato enriquecido (T₅) alcanzó una altura de 63,25 cm y un número de hojas de 26, lo cual supera los valores de este estudio, aunque debe considerarse que en dicho trabajo también se aplicaron bioestimulantes foliares combinados con sustratos enriquecidos, lo cual pudo haber potenciado los resultados. No obstante, en términos de relación costo-beneficio, el tratamiento T₁₀ de este estudio también mostró una excelente eficiencia económica. En contraste, Romero (2019) encontró que el uso de Amino Q-30 a 50 ml/20 L logró buenos resultados en altura, aunque sin diferencias significativas con el testigo en la mayoría de variables, lo que evidencia una menor efectividad comparativa respecto al uso de Codahumus a 20 %. Por su parte, López (2021) reportó que el biol Super Húmico® a 150 ml/10 L promovió un mayor crecimiento en altura y diámetro de tallo, sin embargo, los valores alcanzados no superan a los observados en el tratamiento T₁₀ de este estudio.

4.1.2. Longitud y volumen de raíz

Los resultados presentados en la Tabla 11 muestran diferencias estadísticamente significativas en la longitud y volumen de raíces en los tratamientos, significa que al menos un tratamiento presentara mayor longitud y volumen de raíces, a diferencia de las submuestras que no se observa diferencias estadísticas, debido que el valor de probabilidad es mayor al planteado investigaciones previas han demostrado que la respuesta de las raíces a los bioestimulantes específicas puede variar, con algunos tratamientos promoviendo un crecimiento más robusto en la longitud y volumen de raíces debido a mejoras en la nutrición y

la actividad microbiana (Cuvi et al., 2013). El CV más alto se obtuvo en la longitud de las raíces (16,85 %) en comparación con el volumen de raíces (9,81 %) indica una mayor dispersión de los datos en la longitud, lo que sugiere que las mediciones de longitud de raíces fueron más variables, esto puede ser consecuencia de una mayor sensibilidad de la longitud de las raíces a factores no controlados en el experimento, como la variabilidad en la textura del suelo o diferencias en la microestructura que afectan el crecimiento longitudinal (Callejas-Rodríguez et al., 2012). El CV más bajo en el volumen de raíces sugiere que esta variable es menos propensa a variaciones aleatorias, lo que puede hacer que el volumen de raíces sea un indicador más consistente y fiable para evaluar la eficacia de los tratamientos aplicados.

El R^2 es un indicador clave para evaluar cuánto de la variabilidad observada en una variable dependiente es explicada por el modelo o los tratamientos aplicados, un R^2 de 0,64 para la longitud de raíces indica que los tratamientos explican un porcentaje moderado de la variabilidad, pero no lo suficiente como para ser estadísticamente significativo, esto puede deberse a que la longitud de raíces está influenciada por una amplia gama de factores adicionales no controlados en el experimento, como diferencias en la densidad del suelo o en la competencia por recursos (Torres-Guerrero et al., 2013).

Tabla 11. Resumen del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para longitud y volumen de raíces de plantones de cacao a los 150 días de evaluación

Fuente de variación	GL	Longitud de raíces			Volumen de raíces		
		CM	F	p-valor	CM	F	p-valor
Tratamientos	9	329,56 <i>S</i>	30,08	<0,0001	2816,87 <i>S</i>	70,99	<0,0001
Sub muestras	50	10,00 <i>NS</i>	0,91	0,6399	47,69 <i>NS</i>	1,20	0,0186
Error experimental	180	10,96			39,68		
Total	239						
CV (%)		16,85			9,81		
R^2		0,64			0,80		

Leyenda:

S: significativo

NS: No significativo

Respecto al volumen de raíces, presenta un R^2 de 0,80 indica que los tratamientos aplicados tienen un efecto considerablemente más fuerte y consistente sobre esta variable, lo que sugiere que los tratamientos fueron muy efectivos en promover el crecimiento en volumen, lo que es coherente con estudios que muestran cómo los bioestimulantes orgánicas pueden mejorar significativamente la biomasa radicular (Higa y Parr, 2013). Las diferencias significativas en la longitud y el volumen de raíces subrayan la importancia de los bioestimulantes aplicadas en el crecimiento radicular de los plantones de cacao, el menor CV y

el mayor R^2 en el volumen de raíces destacan esta variable como un indicador más fiable del impacto de los tratamientos, sugiriendo que los volúmenes radiculares son más sensibles a las mejoras en las condiciones del suelo proporcionadas por los tratamientos.

Tabla 12. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) para longitud y volumen de raíces de plantones de cacao a los 150 días de evaluación promedio \pm error experimental (E.E) por efecto de dos dosis de carbón líquido y Codahumus

Tratamientos	Longitud de raíces (cm)			Tratamientos	Volumen de raíces (cm ³)		
	promedio	E.E	Sig.		promedio	E.E	Sig.
T ₁₀	25,80	\pm 0,68	a	T ₅	76,60	\pm 1,29	a
T ₅	24,80	\pm 0,68	a	T ₁₀	75,09	\pm 1,29	a
T ₈	21,96	\pm 0,68	b	T ₉	71,16	\pm 1,29	b
T ₃	20,60	\pm 0,68	b	T ₈	69,99	\pm 1,29	b
T ₉	19,97	\pm 0,68	b	T ₃	67,87	\pm 1,29	b
T ₄	18,42	\pm 0,68	c	T ₄	67,69	\pm 1,29	b
T ₇	17,90	\pm 0,68	c	T ₇	62,83	\pm 1,29	c
T ₂	16,41	\pm 0,68	d	T ₂	57,71	\pm 1,29	d
T ₆	15,76	\pm 0,68	d	T ₆	48,46	\pm 1,29	e
T ₁	14,89	\pm 0,68	d	T ₁	44,59	\pm 1,29	f

Leyenda:

T₁: CMP-15 Testigo

T₃: CMP-15 + 20 % Carbón líquido

T₅: CMP-15 + 20 % Codahumus

T₇: CCN-51 + 10 % Carbón líquido

T₉: CCN-51 + 10 % Codahumus

T₂: CMP-15 + 10 % Carbón líquido

T₄: CMP-15 + 10 % Codahumus

T₆: CCN-51 Testigo

T₈: CCN-51 + 20 % Carbón líquido

T₁₀: CCN-51 + 20 % Codahumus

Los resultados de la prueba DGC para la longitud de raíces de plantones de las semillas de cacao a los 150 días de evaluación, con diferentes dosis de carbón líquido y Codahumus (Tabla 12), muestra a los tratamientos T₁₀ (CCN-51 + 20 % Codahumus) con 25,80 cm y T₅ (CMP-15 + 20 % Codahumus) con 24,80 cm muestran una longitud de raíces significativamente mayor que los demás, lo que indica que estas combinaciones promueven el mayor crecimiento radicular, en el segundo grupo se ubican los tratamientos T₈ (CCN-51 + 20 % Carbón líquido), T₃ (CMP-15 + 20 % Carbón líquido), y T₉ (CCN-51 + 10 % Codahumus) tienen longitudes de raíces menores que las del primer grupo, pero aun significativamente mayores a los demás tratamientos, lo que refleja una buena respuesta a las dosis altas de estos bioestimulantes, en tercer grupo, se ubican los tratamientos T₄ (CMP-15 + 10 % Codahumus) y T₇ (CCN-51 + 10 % Carbón líquido) muestran longitudes intermedias de raíces, sugiriendo que las dosis más bajas de Codahumus y carbón líquido tienen un efecto moderado en la promoción del crecimiento radicular, finalmente, el cuarto grupo incluye los tratamientos T₂ (CMP-15 + 10 % Carbón líquido, T₆ (CCN-51 Testigo), y T₁ (CMP-15 Testigo), que presentan

las menores longitudes de raíces, indicando que la ausencia de bio estimulante o el uso de dosis más bajas es menos efectivo para promover el crecimiento en longitud de raíces. Los resultados muestran que las dosis más altas de Codahumus (20 %) son las más efectivas para optimizar el crecimiento radicular en plántones de cacao, destacando la importancia de una dosificación adecuada de los bioestimulantes en el manejo del cultivo.

Los resultados del volumen de raíces de plántones de los dos tipos de semillas de cacao, con diferentes tratamientos de carbón líquido y Codahumus en dos dosis (Tabla 8), el mayor volumen de raíces se muestra en los tratamientos T₅ (CMP-15 + 20 % Codahumus) con un volumen promedio de raíces de 76,60 cm³ y T₁₀ (CCN-51 + 20 % Codahumus) con 75,09 cm³, indicando que la aplicación de 20 % de Codahumus es la más efectiva para aumentar el volumen radicular en ambas semillas de cacao, estadísticamente son iguales entre sí, el segundo grupo lo conforman los tratamientos T₉ (CCN-51 + 10 % Codahumus), T₈ (CCN-51 + 20 % Carbón líquido), T₃ (CMP-15 + 20 % Carbón líquido), y T₄ (CMP-15 + 10 % Codahumus), con volúmenes de raíces que oscilan entre 67,69 cm³ y 71,16 cm³, aunque estos tratamientos no alcanzan el mismo nivel de efectividad que los del primer grupo, muestran un aumento significativo en el volumen de raíces en comparación con los demás tratamientos, el tercer grupo se encuentra el tratamiento T₇ (CCN-51 + 10 % Carbón líquido) con un volumen de raíces de 62,83 cm³, mientras que en el cuarto grupo está conformado por el tratamiento T₂ (CMP-15 + 10 % Carbón líquido) con 57,71 cm³, mostrando una efectividad moderada en la promoción del crecimiento radicular, en el quinto grupo se ubica el tratamiento T₆ (CCN-51 Testigo) con un volumen de raíces de 48,46 cm³, y en el sexto grupo, el tratamiento T₁ (CMP-15 Testigo) con el menor volumen de raíces (44,59 cm³), lo que indica que la ausencia de bioestimulantes generó un menor crecimiento radicular.

Los resultados muestran que la aplicación de 20 % de Codahumus es la más efectiva para promover un mayor volumen de raíces en plántones de cacao, independientemente del tipo de semilla de cacao utilizado.

En términos de longitud de raíces, los tratamientos con la dosis más alta de Codahumus (20 %) en ambas semillas de cacao resultaron en una longitud de raíces mayores, lo que sugiere una mejora en la capacidad del suelo para retener nutrientes y agua, facilitando así un mayor crecimiento radicular, esto coincide con investigaciones que han demostrado que los ácidos húmicos en productos como Codahumus pueden mejorar la estructura del suelo y promover un crecimiento radicular más profundo (Noboa, 2019); en cuanto al volumen de raíces, el mayor crecimiento también se observó con las dosis más altas de Codahumus, lo cual es respaldado por estudios que muestran cómo estos compuestos pueden aumentar la actividad

microbiana y la disponibilidad de nutrientes, favoreciendo la expansión del sistema radicular (Rodríguez-Arrobo et al., 2023), el carbón líquido, aunque menos efectivo que Codahumus a altas dosis, también mostró una mejora significativa en el volumen y la longitud de raíces, alineándose con estudios que han documentado los beneficios del carbón líquido en la mejora de las propiedades físicas del suelo y en el crecimiento radicular (Escalante et al., 2016).

El incremento en la longitud y volumen de raíces en respuesta a la aplicación de Codahumus puede explicarse a través de varios mecanismos fisiológicos impulsados por los ácidos húmicos, los componentes activos principales de este producto, estos compuestos orgánicos de alto peso molecular son conocidos por mejorar significativamente la estructura del suelo al incrementar la agregación de partículas, lo que resulta en mejor aireación y drenaje, facilitando la penetración de las raíces y promoviendo un mayor crecimiento en longitud (Rodríguez-Arrobo et al., 2023), además, los ácidos húmicos pueden quelar nutrientes esenciales como hierro, zinc, cobre y manganeso, aumentando su disponibilidad para las plantas y favoreciendo una absorción más eficiente, lo que estimula tanto el crecimiento en longitud como en volumen (Veobides-Amador et al., 2018), los ácidos húmicos también actúan como reguladores de pH en la rizosfera, optimizando las condiciones para la absorción de nutrientes y promoviendo un crecimiento radicular más robusto, asimismo, Codahumus estimula la actividad microbiana en el suelo al proporcionar una fuente de carbono orgánico para microorganismos beneficiosos, lo que aumenta la mineralización de la materia orgánica y la liberación de nutrientes disponibles para las plantas (Ojeda-Morales et al., 2023), lo que a su vez mejora la estructura del suelo y promueve un crecimiento radicular más expansivo y ramificado, además, los ácidos húmicos pueden actuar directamente como estimulantes del crecimiento radicular a través de la promoción de la síntesis de fitohormonas como las auxinas, que son clave en la elongación celular y en el crecimiento de raíces laterales. La presencia de estos compuestos en Codahumus aumenta la proliferación de raíces secundarias y terciarias, contribuyendo a un mayor volumen radicular, especialmente en la fase inicial de crecimiento de las plantas, donde un sistema radicular más extenso mejora significativamente la capacidad de la planta para explorar el suelo en busca de agua y nutrientes (López, 2023).

El incremento en la longitud y volumen de raíces en respuesta a la aplicación de carbón líquido (Montys) puede explicarse por su capacidad para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, facilitando así un ambiente más favorable para el crecimiento radicular, el carbón líquido actúa principalmente como un mejorador del suelo, incrementando la porosidad y la capacidad de retención de agua, lo que proporciona un entorno más estable para la expansión de las raíces (Escalante et al., 2016), además, el carbón

líquido tiene la capacidad de adsorber nutrientes y liberar gradualmente minerales esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, incrementando su disponibilidad en la rizosfera y facilitando su absorción por las raíces (Zanor et al., 2018), este efecto, combinado con la mejora en la estructura del suelo, promueve un crecimiento radicular más profundo y extenso, aumentando tanto la longitud como el volumen de raíces, asimismo, el carbón líquido puede estimular la actividad microbiana beneficiosa en el suelo, lo que contribuye a la mineralización de la materia orgánica y a la liberación de nutrientes adicionales, favoreciendo aún más el crecimiento radicular (Olmo, 2015), estos mecanismos hacen que el carbón líquido sea una enmienda efectiva para mejorar el crecimiento radicular, optimizando la capacidad de las plantas para explorar y aprovechar los recursos del suelo.

La Tabla 12 evidencia que la mayor longitud de raíces no siempre corresponde al mayor volumen, debido que, estas variables dependen de la arquitectura radicular. Por ejemplo, T₁₀ alcanzó la mayor longitud (25,80 cm), pero su volumen (75,09 cm³) fue ligeramente inferior al de T₅ (76,60 cm³), que con una longitud menor (24,80 cm) desarrolló un sistema más robusto. Esto se explica porque la elongación del eje principal incrementa la longitud sin aumentar necesariamente el grosor ni la ramificación, mientras que un mayor número de raíces laterales y mayor diámetro de tallo contribuyen directamente al volumen y a la biomasa acumulada.

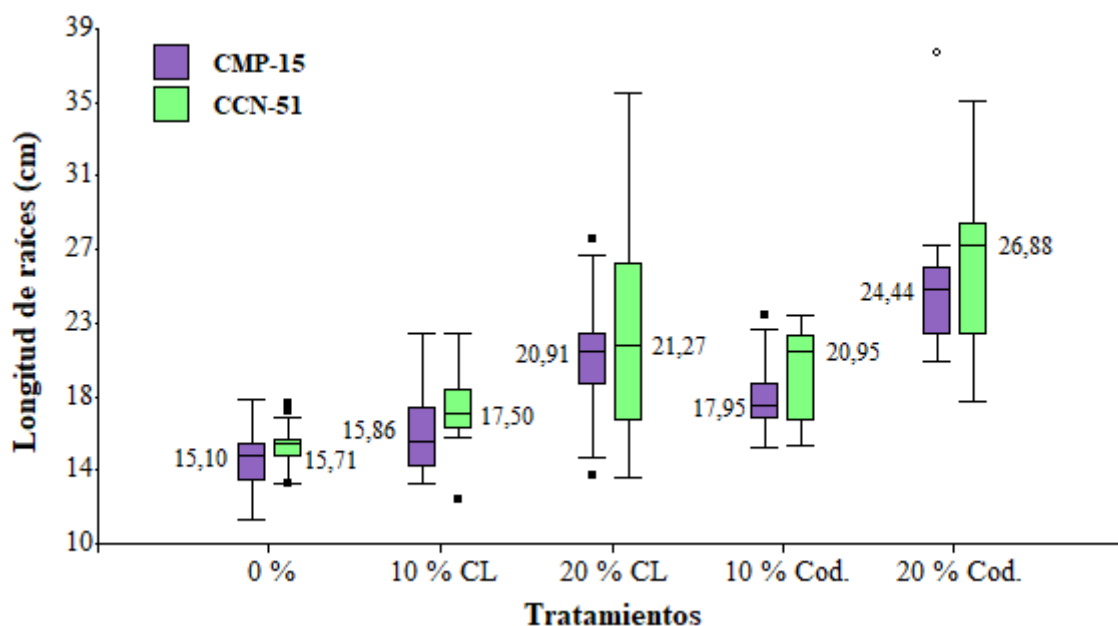


Figura 20. Longitud de las raíces de plantones de dos tipos de semillas de cacao (CMP-15 y CCN-51) por efecto de dos bioestimulante (carbón líquido y Codahumus) y dos dosis (8 y 20 %) de cada producto

La longitud de las raíces de plantones de dos tipos de semillas de cacao, CMP-15 y CCN-51, evaluados bajo el efecto de dos bioestimulantes (carbón líquido y Codahumus) aplicadas en dos dosis (8 y 20 %), y los resultados muestran diferencias claras en la respuesta de las semillas de cacao a los bioestimulantes y las dosis aplicadas (Figura 20), en condiciones de testigo (0 L/ha), CCN-51 muestra una ligera ventaja sobre CMP-15, con longitudes de 15,76 y 14,89 cm, significa que las semillas de cacao CCN-51 tiene mayor capacidad para desarrollar raíces en ausencia de tratamiento, con la aplicación de 10 % de carbón líquido , la longitud de las raíces incrementa en ambos semillas de cacao, alcanzando 16,41 cm en CMP-15 y 17,90 cm en CCN-51, indicando que CCN-51 aprovecha más eficazmente las mejoras en la estructura del suelo proporcionadas por el carbón líquido , en la dosis de 20 % de carbón líquido , las longitudes de raíces aumentan significativamente, alcanzando 20,60 cm en CMP-15 y 21,96 cm en CCN-51, lo que sugiere que una dosis más alta optimiza considerablemente el crecimiento radicular. Con Codahumus a 10 %, las longitudes de raíces en CMP-15 y CCN-51 son 18,42 y 19,97 cm, mostrando una respuesta positiva de ambas semillas de cacao, con CCN-51 nuevamente mostrando una ventaja, con dosis de 20 % de Codahumus, ambas semillas de cacao alcanzan sus máximas longitudes radiculares, con 24,80 cm en CMP-15 y 25,80 cm en CCN-51, lo que indica que esta dosis es la más efectiva para promover el crecimiento radicular. Los resultados muestran que tanto el carbón líquido como Codahumus, especialmente a dosis de 20 %, son efectivos para incrementar la longitud de raíces en los plantones de cacao, con una respuesta ligeramente superior las semillas de cacao CCN-51 en todos los tratamientos.

Las semillas de cacao CCN-51 muestra mayor longitud de raíces que CMP-15 debido a varias diferencias fisiológicas y genéticas que le otorgan una ventaja en el crecimiento radicular; CCN-51 es conocido por su vigor y su capacidad para explorar el suelo de manera más eficiente, lo que se traduce en un sistema radicular de mayor extensión, estas semillas de cacao se adapta a diversas condiciones de suelo, donde su capacidad para formar raíces más largas le permite acceder a nutrientes y agua que están fuera del alcance de otras variedades menos adaptadas (Jaimez et al., 2022), además, estudios han demostrado que CCN-51 tiene una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes, lo que estimula el crecimiento radicular, estas semillas de cacao muestra una actividad enzimática más intensa en las raíces, lo que facilita la absorción de nutrientes esenciales como el fósforo, que es crucial para el crecimiento radicular (Fernández et al., 2016), esta ventaja en la eficiencia de absorción de nutrientes, combinada con una mayor capacidad para responder a los bioestimulantes como el Codahumus, permite que CCN-51 desarrolle raíces más largas en comparación con CMP-15,

optimizando su crecimiento y rendimiento en una variedad de condiciones agroecológicas. A dosis más altas, los ácidos húmicos presentes en Codahumus, pueden incrementar la disponibilidad de nutrientes esenciales al quelar micronutrientes y mejorar la estructura del suelo, lo que facilita una mayor penetración y expansión de las raíces (López, 2023), además, una dosis elevada de carbón líquido puede aumentar la capacidad de retención de agua y la porosidad del suelo, lo que crea un ambiente más favorable para el crecimiento radicular profundo y extenso (Escalante et al., 2016).

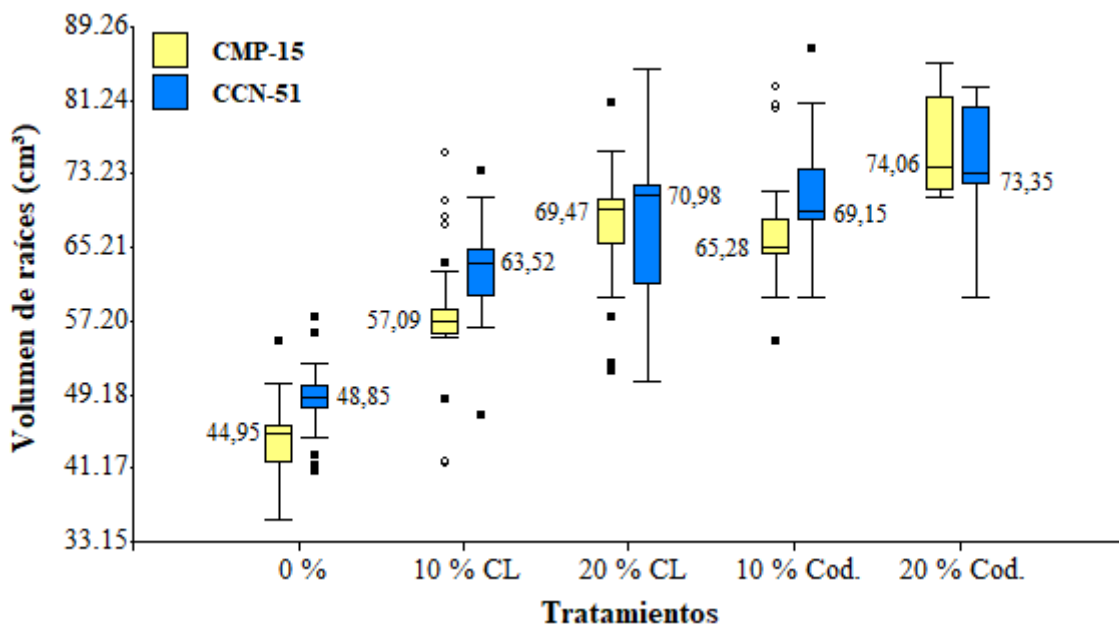


Figura 21. Volumen de las raíces de plantones de dos tipos de semillas de cacao (CMP-15 y CCN-51) por efecto de dos bioestimulantes (carbón líquido y Codahumus) y dos dosis (8 y 20 %) de cada producto

El volumen de raíces de plantones de dos tipos de semillas de cacao, CMP-15 y CCN-51, bajo el efecto de dos bioestimulantes, carbón líquido y Codahumus, aplicadas en dos dosis (8 y 20 %) (Figura 21), los resultados muestran que las semillas de cacao CCN-51 con volumen de raíces ligeramente mayor (49,35 cm³) que las semillas de cacao CMP-15 (45,43 cm³), significa que las semillas de cacao CCN-51 presenta mayor formación de raíces sin la aplicación de bioestimulantes, asimismo con la aplicación de 10 % de carbón líquido, ambos semillas de cacao aumentan su volumen radicular, alcanzando 56,92 cm³ en CCN-51 y 64,17 cm³ en CMP-15, destacando una respuesta positiva al carbón líquido, especialmente en CMP-15, con dosis de 20 % de carbón líquido, se observa un incremento más notable en el volumen de raíces, con CCN-51 alcanzando 71,05 cm³ y CMP-15 mostrando un volumen similar de

69,46 cm³, lo que indica que esta dosis es efectiva para ambos tipos de semillas de cacao, aunque CCN-51 sigue mostrando una ligera ventaja. Con Codahumus, a 10 %, CCN-51 presenta un volumen de raíces de 68,81 cm³, superior al de CMP-15 (64,81 cm³), mientras que a 20 %, ambos tipos de semillas de cacao alcanzan los mayores volúmenes de raíces registrados, con CCN-51 a 72,43 cm³ y CMP-15 a 71,77 cm³, sugiriendo que esta enmienda, particularmente en dosis altas, es la más efectiva para promover un crecimiento radicular extenso en ambos tipos de semillas de cacao. Estos resultados destacan la importancia de ajustar las dosis de bioestimulantes como el carbón líquido y Codahumus para maximizar el volumen radicular, lo cual es crucial para mejorar la absorción de agua y nutrientes.

Estudios como los de Escalante et al. (2016) han demostrado que el carbón líquido puede mejorar la estructura del suelo, aumentar la retención de agua y facilitar la absorción de nutrientes, lo que se traduce en un incremento en el volumen de raíces, particularmente en suelos de baja fertilidad, asimismo, Noboa (2019) señalaron que los ácidos húmicos, pueden promover la proliferación radicular al mejorar la disponibilidad de nutrientes y estimular la actividad microbiana beneficiosa en el suelo, lo que se refleja en un mayor volumen radicular; estos mecanismos explican por qué las dosis más altas de Codahumus y carbón líquido resultan en un crecimiento radicular más robusto en ambos tipos de semillas de cacao, con una ligera superioridad en CCN-51, puede estar relacionado con su mayor capacidad de absorción de nutrientes y adaptación a diferentes condiciones del suelo, como sugieren trabajos de (Jaimez et al., 2022).

Los resultados del presente estudio muestran que los tratamientos con 20 % de Codahumus, particularmente con las semillas de cacao CCN-51 (T₁₀), generaron los mayores valores de longitud (25,80 cm) y volumen de raíces (75,09 cm³), seguidos por CMP-15 con la misma dosis (T₅), lo que confirma la eficacia de los ácidos húmicos en promover un crecimiento radicular más robusto. Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por Lliuya (2015), donde el tratamiento con estiércol de cuy (T₃) obtuvo la mayor biomasa radicular (6,23 g), indicando también un efecto positivo de los bioestimulantes en el crecimiento de raíces. Sin embargo, el volumen radicular alcanzado con Codahumus en este estudio supera ampliamente al de dicho trabajo, lo cual puede explicarse por el uso de un producto más concentrado en ácidos húmicos y una dosificación ajustada. Por su parte, Merino (2013) también encontró que el uso de abonos orgánicos fermentados (Gaicashi + MEB) promovió un vigoroso crecimiento de biomasa radicular y volumen, aunque sin reportar valores superiores a los obtenidos en este estudio, lo que sugiere que la combinación de ácidos húmicos y las semillas de cacao de alta respuesta genética (CCN-51) puede tener un efecto más determinante.

En cuanto a volumen radicular, los valores obtenidos en este estudio son comparables e incluso superiores a los encontrados por Damiano (2021), quien reportó un volumen de raíces de 9,40 cm³ en el tratamiento con aminoácidos y sustrato enriquecido, en contraste con los más de 75 cm³ alcanzados con Codahumus. Esto indica que, si bien los bioestimulantes foliares pueden influir positivamente en el crecimiento vegetativo, los bioestimulantes aplicadas al suelo como Codahumus y carbón líquido resultan más efectivas para el crecimiento radicular en sistemas de vivero, al modificar directamente las propiedades físico-químicas del sustrato. Adicionalmente, López (2021) señaló que el uso de Super Húmico® a 150 ml/10 L promovió el mayor crecimiento en altura y diámetro de tallo, sin reportar datos específicos de raíces, pero reafirmando el potencial de los ácidos húmicos sobre el crecimiento general de las plantas.

4.1.3. Peso fresco y seco de plántones de cacao

Los resultados del análisis de varianza para el peso fresco y seco tanto de la parte aérea como de las raíces de plántones de cacao a los 150 días de evaluación (Tabla 13), se muestra diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en cuanto al peso fresco y seco de la parte aérea y raíces, es decir los bioestimulantes aplicadas tuvieron un impacto significativo en esta variable, significa que al menos un tratamiento tendrá mayor peso fresco y seco tanto en la parte aérea y radicular, en comparación con las sub muestras, no se muestra diferencias estadísticas en ninguna de las variables, significa que todas las muestras son similares en estas variables, dado que el valor de probabilidad es mayor al planteado. Este hallazgo es consistente con estudios previos que han demostrado que el uso de bioestimulantes, como los ácidos húmicos y el carbón líquido, pueden mejorar la disponibilidad de nutrientes y la estructura del suelo, lo que se traduce en un mayor crecimiento de la biomasa aérea y radicular (Bonomelli et al., 2015).

El peso fresco de la parte aérea tiene un CV de 21,90 %, mientras que el peso seco ligeramente inferior de 20,10 %, indicando una variabilidad moderada en los datos, lo cual sugiere que las mediciones de estas variables son relativamente consistentes, aunque hay cierta dispersión. Para las raíces, el CV del peso fresco es de 23,73 %, lo que indica una mayor variabilidad en comparación con la parte aérea, posiblemente debido a las diferencias en cómo los tratamientos afectan el crecimiento radicular en distintas semillas de cacao o bajo diferentes condiciones del suelo, el peso seco de las raíces muestra el CV más alto (25,47 %), lo que sugiere una mayor dispersión en los datos, lo que podría reflejar variabilidad en la respuesta de las raíces a los tratamientos en términos de acumulación de biomasa seca.

Tabla 13. Resumen del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para peso fresco y seco de la parte aérea y raíces de plantones de cacao a los 150 días de evaluación

Fuente de variación	GL	Parte área						Raíces					
		Peso fresco (g)			Peso seco (g)			Peso fresco (g)			Peso seco (g)		
		CM	F	p-valor	CM	F	p-valor	CM	F	p-valor	CM	F	p-valor
Tratamientos	9	2046,81 <i>S</i>	20,91	0,0001	154,49 <i>S</i>	20,75	0,0001	503,58 <i>S</i>	29,90	0,0001	41,18 <i>S</i>	21,09	0,0001
Sub muestras	50	25,77 <i>NS</i>	0,26	0,9900	5,56 <i>NS</i>	0,75	0,8866	9,41 <i>NS</i>	0,56	0,9914	1,07 <i>NS</i>	0,55	0,9933
Error experimental	180	97,87			7,44			16,84			1,95		
Total	239												
CV		21,90			20,10			23,73			25,47		
R ²		0,53			0,55			0,62			0,55		

Leyenda:

S: Significativo

NS: No significativo

Tabla 14. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) para peso fresco y seco de la parte aérea y raíces de plantones de cacao a los 150 días de evaluación promedio \pm error experimental (E.E) por efecto de dos dosis de carbón líquido y Codahumus

Tratamientos	Parte aérea						Raíces					
	Peso fresco (g)			Peso seco (g)			Peso fresco de raíces (g)			Peso seco de raíces (g)		
	promedio	E.E	Sig.	promedio	E.E	Sig.	promedio	E.E	Sig.	promedio	E.E	Sig.
T ₁₀	55,92	\pm 2,02	a	18,32	\pm 0,56	a	24,81	\pm 0,84	a	7,94	\pm 0,29	a
T ₅	49,14	\pm 2,02	b	15,94	\pm 0,56	b	22,69	\pm 0,84	b	6,81	\pm 0,29	b
T ₈	45,73	\pm 2,02	b	15,49	\pm 0,56	b	20,93	\pm 0,84	b	6,41	\pm 0,29	b
T ₃	44,09	\pm 2,02	b	14,25	\pm 0,56	c	18,57	\pm 0,84	c	5,95	\pm 0,29	c
T ₉	41,83	\pm 2,02	b	13,72	\pm 0,56	c	17,90	\pm 0,84	c	5,48	\pm 0,29	c
T ₄	36,30	\pm 2,02	c	13,16	\pm 0,56	c	16,67	\pm 0,84	c	5,24	\pm 0,29	c
T ₇	34,85	\pm 2,02	c	12,43	\pm 0,56	d	14,84	\pm 0,84	d	4,72	\pm 0,29	d
T ₂	32,86	\pm 2,02	c	11,64	\pm 0,56	d	13,53	\pm 0,84	d	4,42	\pm 0,29	d
T ₆	30,86	\pm 2,02	c	10,68	\pm 0,56	e	12,14	\pm 0,84	e	4,14	\pm 0,29	d
T ₁	25,73	\pm 2,02	d	10,10	\pm 0,56	e	10,90	\pm 0,84	e	3,75	\pm 0,29	d

Leyenda:

T1: CMP-15 Testigo

T4: CMP-15 + 10 % Codahumus

T7: CCN-51 + 10 % Carbón líquido

T10: CCN-51-15 + 20 % Codahumus

T2: CMP-15 + 10 % Carbón líquido

T5: CMP-15 + 20 % Codahumus

T8: CCN-51 + 20 % Carbón líquido

T3: CMP-15 + 20 % Carbón líquido

T6: CCN-51 Testigo

T9: CCN-51 + 10 % Codahumus

Los CV más elevados en las raíces en comparación con la parte aérea podrían indicar que el crecimiento radicular es más sensible a las variaciones en las condiciones experimentales. Las interacciones de las raíces con los bioestimulantes, lo que resulta en una mayor variabilidad en las respuestas de las plantas, estos valores de CV reflejan la complejidad del crecimiento de las raíces en comparación con la parte aérea, y sugieren que se necesita un control más estricto de las condiciones de crecimiento para minimizar esta variabilidad y optimizar los resultados. El sistema radicular de las plantas mejora con el manejo del sustrato (Héctor-Ardisana et al., 2020).

Para el peso fresco de la parte aérea, el R^2 es de 0,53, lo que sugiere que el 53 % de la variabilidad en esta variable es explicada por los tratamientos aplicados, este valor es moderado, indicando que, aunque los tratamientos tienen un impacto significativo, aún hay un 47 % de la variabilidad que podría estar influida por otros factores no considerados en el modelo. Asimismo, el peso seco de la parte aérea tiene un R^2 ligeramente superior de 0,55, lo que indica un mejor ajuste del modelo y una mayor capacidad de los tratamientos para explicar la variabilidad en esta variable. Para las raíces, el peso fresco presenta un R^2 de 0,62, el valor más alto entre las variables estudiadas, lo que indica que los tratamientos explican el 62 % de la variabilidad en el peso fresco de las raíces, este alto R^2 sugiere que los tratamientos aplicados tienen un impacto fuerte y consistente en el crecimiento radicular en términos de peso fresco, finalmente, el peso seco de las raíces tiene un R^2 de 0,55, similar al de la parte aérea, lo que indica que más de la mitad de la variabilidad en esta variable se puede atribuir a los tratamientos, pero aún queda una parte significativa que no está explicada por el modelo.

Sin embargo, el hecho de que no se alcance un R^2 cercano a uno (1) sugiere que existen otros factores no considerados en el estudio, como la microflora del suelo o las interacciones planta-suelo, que podrían estar influyendo en el crecimiento de los plantones (Veobides-Amador et al., 2018).

Los resultados de la prueba de DGC (Tabla 14), el tratamiento T₁₀ (CCN-51 + 20 % Codahumus) alcanzó el mayor peso fresco y seco en la parte aérea y en las raíces, siendo estadísticamente superior al resto de los tratamientos, le sigue el tratamiento T₅ (CMP-15 + 20 % Codahumus) y el tratamiento T₈ (CCN-51 + 20 % Carbón líquido), lo que sugiere que el Codahumus en dosis altas es altamente efectivo para ambas semillas de cacao, mientras que la dosis alta de carbón líquido también demuestra su eficacia en las semillas de cacao CCN-51, promoviendo significativamente el crecimiento de la biomasa aérea y radicular.

Los tratamientos con dosis menores presentan un menor peso fresco y seco tanto en la parte aérea como en las raíces, siendo las semillas de cacao CMP-15 el que muestra

menor respuesta al tipo y dosis de enmienda orgánica, finalmente, el tratamiento T₁ (CMP-15 Testigo) registró el menor peso fresco y seco en ambas partes de la planta, evidenciando que la ausencia de bioestimulantes limita considerablemente el crecimiento foliar y radicular, especialmente las semillas de cacao CMP-15. En conjunto, estos resultados destacan que la aplicación de Codahumus en dosis altas (20 %) es el tratamiento más efectivo para promover el crecimiento tanto foliar como radicular en los dos tipos de semillas de cacao CCN-51 y CMP-15, las diferencias significativas en los valores de peso fresco y seco entre los tratamientos subrayan la importancia de aplicar bioestimulantes adecuadas para maximizar el rendimiento y el crecimiento de los plántones de cacao, los tratamientos testigos sin la aplicación de bioestimulantes (T₁ y T₆) consistentemente presentan los valores más bajos, lo que resalta la necesidad de una fertilización adecuada para asegurar un crecimiento óptimo en los dos tipos de semillas de cacao CCN-51 y CMP-15.

Los ácidos húmicos, presentes en Codahumus, han demostrado mejorar la estructura del suelo, aumentar la disponibilidad de nutrientes y estimular la actividad microbiana, lo que en conjunto promueve un crecimiento más vigoroso de las plantas (Héctor-Ardisana et al., 2020), la superioridad de CCN-51 en respuesta a la dosis alta de Codahumus también puede estar relacionada con su mayor eficiencia en la absorción de nutrientes, como lo indican estudios que destacan su robustez y capacidad para adaptarse a diversas condiciones de suelo (Jaimez et al., 2022). Este comportamiento diferencial entre semillas de cacao también ha sido observado en estudios previos, donde CMP-15 mostró una menor eficiencia en el uso de recursos del suelo en comparación con otros clones más vigorosos (Alfonso, 2022). El tratamiento T₈ (CCN-51 + 20 % Carbón líquido) también mostró un buen rendimiento, lo que indica la efectividad del carbón líquido en mejorar la estructura del suelo, aumentando la retención de agua y la disponibilidad de nutrientes, factores que son críticos para el crecimiento radicular y la biomasa aérea (Escalante et al., 2016), sin embargo dosis más bajas pueden no proporcionar suficiente material activo para maximizar el crecimiento, especialmente en suelos con baja fertilidad (Veobides-Amador et al., 2018). Los tratamientos testigos que no recibieron ninguna enmienda, mostraron los menores valores de peso fresco y seco, lo que subraya la importancia de la fertilización adecuada para el crecimiento óptimo del cacao, estos resultados son consistentes con la literatura que enfatiza la necesidad de un manejo adecuado del suelo para optimizar el crecimiento de plántones de cacao (Héctor-Ardisana et al., 2020).

El peso fresco foliar (Figura 22) de plántones de dos tipos de semillas de cacao (CMP-15 y CCN-51) a los 150 días de evaluación, sometidos a dos bioestimulantes (carbón líquido [Monty's] y Codahumus) en dosis de 8 y 20 %, revelando diferencias notables

en la respuesta del tipo de semillas de cacao a las diferentes bioestimulantes y concentraciones aplicadas. En ausencia del bioestimulantes, CCN-51 mostró un peso fresco superior (30,86 g) en comparación con CMP-15 (25,73 g), indicando una ventaja inicial de CCN-51, posiblemente debido a su mayor eficiencia en la absorción de nutrientes, con la aplicación de 10 % de carbón líquido, se observó un aumento moderado en ambas semillas de cacao, con CCN-51 alcanzando 34,85 g y CMP-15 32,86 g, al aumentar la dosis a 20 %, ambas semillas de cacao mostraron un incremento significativo en el peso fresco, con CCN-51 alcanzando 45,73 g y CMP-15 44,09 g, destacando la efectividad de una dosis alta de carbón líquido, especialmente en CCN-51.

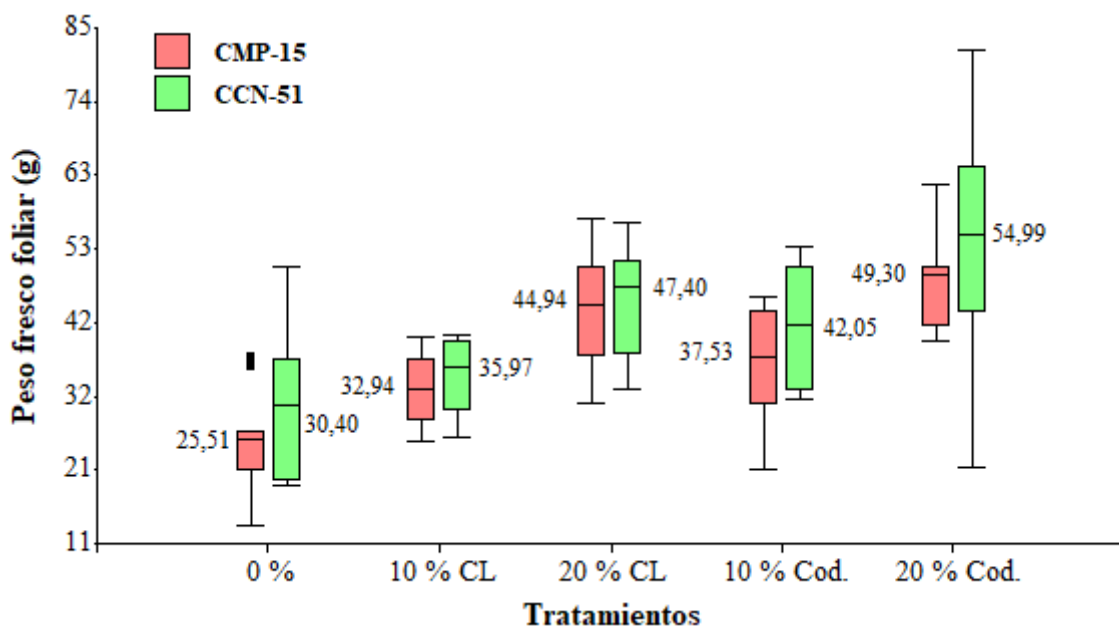


Figura 22. Peso fresco foliar de plántulas de dos tipos de semillas de cacao (CMP-15 y CCN-51) por efecto de dos bioestimulantes (carbón líquido y Codahumus) y dos dosis (8 y 20 %) de cada producto

La aplicación de Codahumus a 10 % resultó en un mayor peso fresco foliar para ambas semillas de cacao en comparación con la misma dosis de carbón líquido, con CCN-51 alcanzando 41,83 g y CMP-15 36,30 g, lo que indica que Codahumus es más efectivo a esta concentración, la dosis más alta de Codahumus (20 %) produjo los mejores resultados, con CCN-51 alcanzando 55,92 g y CMP-15 49,14 g, lo que subraya la superioridad de CCN-51 en su respuesta a esta enmienda en dosis alta, destacando su capacidad para promover un crecimiento foliar significativo. Los resultados muestran que tanto el carbón líquido como Codahumus, especialmente a 20 %, son efectivos para aumentar el peso fresco foliar en los tipos de semillas de cacao, con una respuesta más pronunciada en CCN-51, lo que resalta la

importancia de seleccionar adecuadamente la enmienda y su dosis para maximizar el crecimiento foliar en plántones de cacao, siendo el Codahumus a 20 % la opción más efectiva para ambas semillas de cacao. Investigaciones como la de López (2023) han demostrado que la aplicación de bioestimulantes ricos en ácidos húmicos, como Codahumus, puede mejorar significativamente el crecimiento foliar debido a su capacidad para aumentar la disponibilidad de nutrientes y mejorar la estructura del suelo, además, estudios de Escalante et al. (2016) sobre el uso de carbón líquido, sugieren que su aplicación puede mejorar la retención de nutrientes y la estructura del suelo, lo que se refleja en el aumento del peso fresco foliar observado en los tratamientos con 20 % de carbón líquido, especialmente en semillas de cacao (CCN-51), la diferencia en la respuesta entre los dos tipos de semillas de cacao también puede estar relacionada con la genética, que ha sido seleccionada por su vigor y alta capacidad de absorción de nutrientes (Morales et al., 2015).

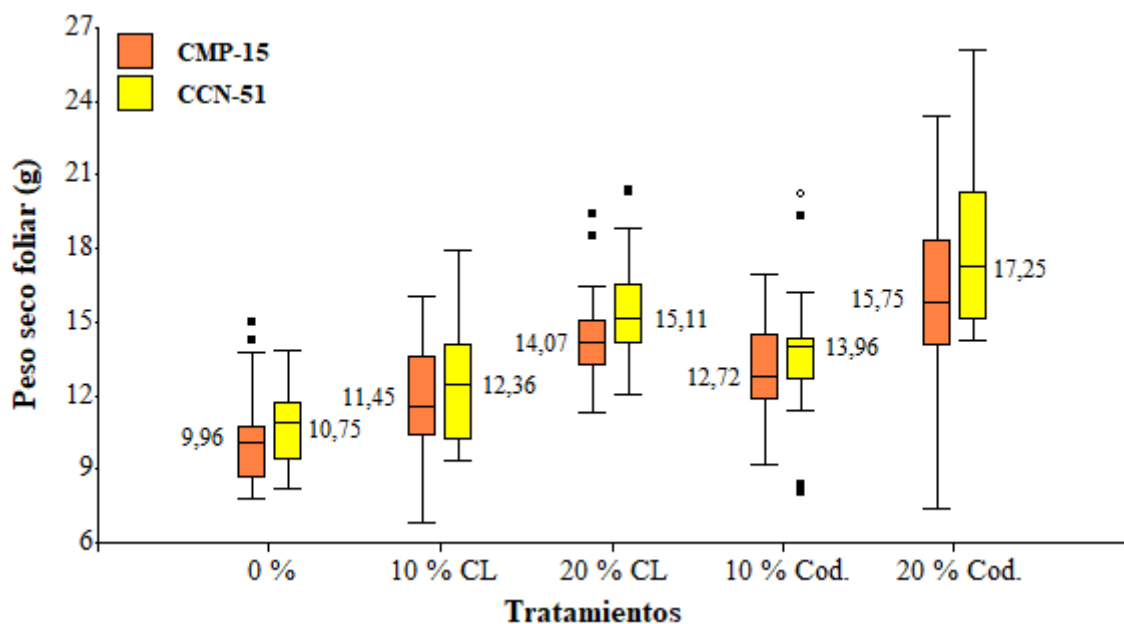


Figura 23. Peso seco foliar de plántones de dos tipos de semillas de cacao (CMP-15 y CCN-51) por efecto de dos bioestimulantes (carbón líquido y Codahumus) y dos dosis (8 y 20 %) de cada producto

Los resultados de la Figura 23, muestra un incremento significativo en el peso seco foliar de los plántones de cacao (CMP-15 y CCN-51) con la aplicación de bioestimulante, se destaca la importancia de los bioestimulantes en la mejora del crecimiento vegetal y la acumulación de biomasa, López (2023) encontraron que la aplicación de ácidos húmicos, componentes clave en productos como Codahumus, mejora la eficiencia en la

absorción de nutrientes y el metabolismo vegetal, lo que conduce a un mayor crecimiento de la biomasa seca, lo cual se explica que el tratamiento con Codahumus a 20 % fue el más efectivo en ambas semillas de cacao, especialmente en CCN-51, que mostró la mayor acumulación de biomasa seca, por otro lado, el efecto del carbón líquido, también es positivo, fue más moderado en comparación con el Codahumus, los resultados son consistente con las observaciones de Héctor-Ardisana et al. (2020), quienes sugieren que el carbón líquido mejora la estructura del suelo y la retención de nutrientes, pero su impacto en la biomasa seca puede depender de la interacción con el tipo de suelo y el material genético de las plantas. La diferencia en la respuesta entre los dos tipos de semillas de cacao, también podría estar relacionada con la mayor capacidad adaptativa de CCN-51, que ha sido documentada por otros estudios como el de (Pérez y Freile, 2017), donde se destaca la robustez de semillas de cacao en diversas condiciones agroecológicas.

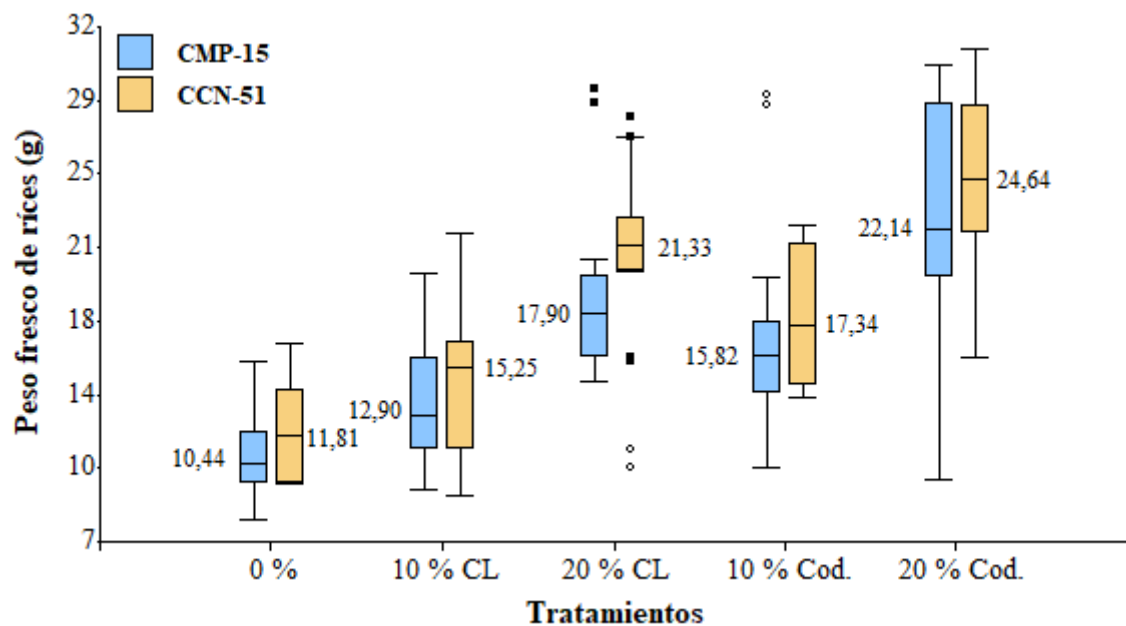


Figura 24. Peso fresco de raíces de plántones de dos tipos de semillas de cacao (CMP-15 y CCN-51) por efecto de dos bioestimulantes (carbón líquido y Codahumus) y dos dosis (8 y 20 %) de cada producto

El peso fresco de raíces (Figura 24) de plántones de cacao (CMP-15 y CCN-51) a los 150 días de evaluación bajo el efecto de dos bioestimulantes (carbón líquido [Monty's] y Codahumus) aplicadas en dos dosis (8 y 20 %), los resultados revelan que los plántones de cacao CCN-51 muestran mayor peso fresco de raíces en comparación con CMP-15 en todos los tratamientos, de manera que el tratamiento testigo (0 L/ha) en CCN-51 muestra

un peso fresco de 12,14 g frente a 10,90 g en CMP-15, asimismo con la aplicación de 10 % de carbón líquido, ambos plantones de cacao mejoran su peso radicular, siendo el CCN-51 que obtiene mayor peso (14,84 g) y CMP-15 menor peso (13,53 g), lo que indica un efecto positivo moderado de esta enmienda, al aumentar la dosis a 20 %, se observa un incremento especialmente en CCN-51, que alcanza 20,93 g, frente a los 18,57 g de CMP-15, lo que destaca la eficacia de una dosis alta de carbón líquido para mejorar el crecimiento radicular, probablemente debido a su capacidad para mejorar la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes, como señalan Alonso-Gómez et al. (2016). Con Codahumus, se observa un efecto aún más pronunciado; a 10 %, CCN-51 y CMP-15 muestran pesos frescos de raíces de 17,90 g y 16,67 g, respectivamente, lo que sugiere que los ácidos húmicos mejoran la absorción de nutrientes y el crecimiento radicular (López, 2021), asimismo, la dosis de 20 % de Codahumus proporciona los mayores pesos frescos, con CCN-51 alcanzando 24,81 g y CMP-15 22,69 g, lo que subraya la importancia de esta enmienda en alta dosis para maximizar el crecimiento radicular, posiblemente mediante la estimulación de la actividad microbiana y la mejora de la estructura del suelo (Pérez y Freile, 2017), estos resultados demuestran que tanto el carbón líquido como Codahumus, especialmente a dosis altas, son efectivos para incrementar el peso fresco de las raíces, siendo CCN-51 la semilla de cacao que muestra la mayor capacidad de respuesta a estos bioestimulantes.

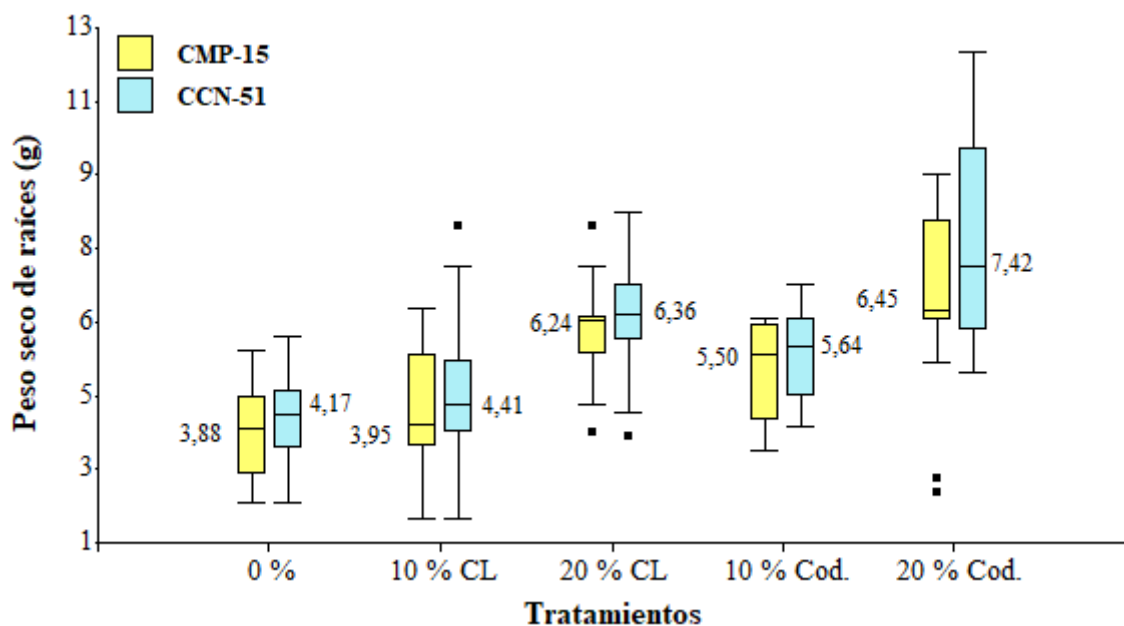


Figura 25. Peso seco de raíces de plantones de dos tipos de semillas de cacao (CMP-15 y CCN-51) por efecto de dos bio estimulantes (carbón líquido y Codahumus) y dos dosis (8 y 20 %) de cada producto

Los resultados del peso seco de raíces de plantones de cacao (CMP-15 y CCN-51) bajo la influencia de los bioestimulantes (carbón líquido y Codahumus) (Figura 25), son consistentes con estudios previos que subrayan la importancia de los bioestimulantes en el crecimiento radicular de las plantas de cacao, el mayor peso seco de raíces de plantones de cacao fue CCN-51, incluso en ausencia de bioestimulantes, lo cual podría estar relacionada con su mayor eficiencia en la absorción de nutrientes y agua, como han sugerido estudios que analizan la adaptabilidad de diferentes clones de cacao a condiciones de cultivo adversas (Pérez y Freile, 2017), la respuesta positiva al incremento en la dosis de carbón líquido, especialmente a 20 %, destaca la capacidad para mejorar la retención de agua y la disponibilidad de nutrientes en el suelo, lo cual se traduce en un mayor crecimiento radicular, como lo sugieren (Burbano, 2021) en su revisión sobre el uso de enmienda. Por otro lado, la superioridad del Codahumus a 20 %, en peso seco de raíces, coincide con los hallazgos de (Miranda-Sotomayor et al., 2021), quienes demostraron que los ácidos húmicos promueven el crecimiento radicular al mejorar la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes esenciales.

El Codahumus es rico en ácidos húmicos, que son compuestos orgánicos complejos derivados de la descomposición de materia orgánica, estos ácidos tienen una alta capacidad de intercambio catiónico, lo que les permite retener y liberar nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, y potasio de manera más eficiente en el suelo, incrementando su disponibilidad para las plantas (Veobides-Amador et al., 2018), los ácidos húmicos mejoran la absorción de nutrientes y agua al estimular la elongación celular en las raíces y aumentar la actividad de las enzimas involucradas en el transporte de nutrientes, como las ATPasas de la membrana plasmática, lo que a su vez promueve un mayor crecimiento radicular y foliar (Reyes-Pérez et al., 2021), además, estos compuestos también pueden inducir la síntesis de fitohormonas como las auxinas, que juegan un papel crucial en la promoción del crecimiento radicular y en la expansión de la biomasa aérea (Vega-Celedón et al., 2016).

El carbón líquido, actúa principalmente al mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, tiene una estructura porosa que aumenta la retención de agua y mejora la porosidad del suelo, facilitando una mejor distribución de las raíces y acceso a nutrientes (Escalante et al., 2016), además mejora la disponibilidad de nutrientes al adsorber nutrientes en su superficie y liberarlos lentamente, lo que permite un suministro constante y sostenido de nutrientes esenciales a las plantas (Alonso-Gómez et al., 2016), esta mejora en la nutrición y en la disponibilidad de agua contribuye al incremento tanto del peso fresco como del peso seco, promoviendo un crecimiento más vigoroso y resiliente en los plantones de cacao.

Las semillas de cacao CCN-51 muestra un mayor peso fresco y seco en comparación con CMP-15, lo cual puede estar relacionado con su genética superior y adaptabilidad, de las semillas CCN-51 ha sido seleccionado por su vigor y eficiencia en la absorción de nutrientes, características que le permiten una mejor utilización de los recursos proporcionados por las bioestimulantes como Codahumus y carbón líquido (Vázquez, 2013), estas semillas de cacao presentan una mayor densidad y actividad de las raíces finas, lo que le permite explorar un mayor volumen de suelo y acceder a más nutrientes y agua, traduciéndose en un crecimiento más robusto de la biomasa aérea y radicular (Pérez y Freile, 2017), además, la capacidad de CCN-51 para responder más eficientemente a los bio estimulantes se refleja en un aumento de la síntesis de compuestos orgánicos necesarios para el crecimiento y en una mayor actividad fotosintética, lo que favorece la acumulación de biomasa (Thomas et al., 2023).

Los resultados indican que la aplicación de altas dosis de Codahumus y carbón líquido promueve la altura, diámetro de tallo, número de hojas, longitud y volumen de raíces, así como en el peso fresco y seco de la biomasa aérea y radicular de los tipos de semillas de cacao, este incremento se debe a las mejoras en la disponibilidad de nutrientes y la optimización de la estructura del suelo proporcionadas por estos bioestimulantes, las cuales estimulan fisiológicamente la absorción de nutrientes y el crecimiento celular, en particular, las semillas de cacao CCN-51 demuestra una capacidad genética superior para absorber y utilizar estos recursos de manera más eficiente que CMP-15, lo que se traduce en una acumulación de biomasa significativamente mayor en estas semillas de cacao.

4.2. Características del análisis final del suelo

Los resultados del análisis de suelo muestran una clase textural de franco arcilloso en todos los tratamientos (Tabla 15), significa que las bioestimulantes orgánicas (Carbón líquido y Codahumus) no influyen en la textura del suelo, al respecto Melo-Lozano y Afanasjeva (2023) han demostrado que la adición de bioestimulantes orgánicas no altera significativamente la textura de suelos, dado que sus partículas se integran con las existentes sin cambiar su clasificación, de manera similar, Zanor et al. (2018) han sugerido que bioestimulantes como el compost o el biochar mejoran la retención de agua y la disponibilidad de nutrientes, manteniendo la textura constante pero mejorando la estructura del suelo y su capacidad de retención hídrica, lo cual es fundamental para el crecimiento vegetal, además, estudios de Muñoz (2021) han encontrado que estas bioestimulantes aumentan la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la disponibilidad de nutrientes.

Tabla 15. Análisis final del suelo, de los diez tratamientos en estudio

Trat.	Análisis mecánico			Clase textural	pH 1:1	CE dS/cm 1:1	MO %	N %	C %	P		CIC	Ca	Mg	K	Na
	Arena	Arcilla	Limo							Disponibile						
	%	%	%							ppm	ppm					
T ₁	36	35	29	Franco arcilloso	5,75	0,21	2,92	0,15	1,33	6,24	65,93	5,96	4,75	0,71	0,43	0,07
T ₂	36	37	27	Franco arcilloso	6,27	0,26	2,93	0,15	1,50	8,65	104,93	6,00	4,79	0,70	0,40	0,11
T ₃	36	35	29	Franco arcilloso	6,41	0,28	3,08	0,15	1,70	8,53	109,92	6,06	4,80	0,71	0,47	0,08
T ₄	36	37	27	Franco arcilloso	6,57	0,32	3,49	0,17	2,66	7,46	117,43	5,12	4,34	0,35	0,35	0,08
T ₅	43	33	24	Franco arcilloso	6,66	0,33	3,58	0,18	2,86	8,77	127,94	5,19	4,38	0,35	0,38	0,08
T ₆	36	38	26	Franco arcilloso	5,97	0,21	2,94	0,15	1,87	6,30	70,44	5,69	4,52	0,70	0,37	0,10
T ₇	36	37	27	Franco arcilloso	6,59	0,28	3,08	0,15	2,09	8,51	107,92	5,79	4,56	0,71	0,44	0,08
T ₈	36	37	27	Franco arcilloso	6,63	0,28	3,35	0,17	2,36	8,48	108,44	5,96	4,78	0,72	0,38	0,08
T ₉	36	37	27	Franco arcilloso	6,87	0,29	3,87	0,19	2,67	8,97	115,43	5,54	4,39	0,71	0,36	0,08
T ₁₀	33	38	29	Franco arcilloso	6,93	0,30	3,88	0,19	2,90	9,50	117,97	5,39	4,05	1,08	0,19	0,07

Leyenda:

T₁: CMP-15 TestigoT₄: CMP-15 + 10 % CodahumusT₇: CCN-51 + 10 % Carbón líquidoT₁₀: CCN-51-15 + 20 % CodahumusT₂: CMP-15 + 10 % Carbón líquidoT₅: CMP-15 + 20 % CodahumusT₈: CCN-51 + 20 % Carbón líquidoT₃: CMP-15 + 20 % Carbón líquidoT₆: CCN-51 TestigoT₉: CCN-51 + 10 % Codahumus

El pH en los diferentes tratamientos indican que las bioestimulantes aplicadas, especialmente Codahumus y el carbón líquido, tienen un efecto alcalinizante significativo en el suelo (Tabla 11), en los tratamientos testigo (T_1 y T_6), el pH es más ácido, mientras que la adición de carbón líquido en T_2 y T_3 , y de Codahumus en T_4 y T_5 , incrementa progresivamente el pH, acercándolo hacia la neutralidad, este efecto es aún más pronunciado cuando se combinan estos materiales con CCN-51, como se observa en T_7 a T_{10} , donde los valores de pH son más altos, alcanzando hasta 6,93 en el tratamiento T_{10} , significa que la aplicación de bioestimulantes orgánicas pueden aumentar el pH del suelo, mejorando su capacidad para proporcionar un entorno más favorable para la absorción de nutrientes, al respecto Melo-Lozano y Afanasjeva (2023) han demostrado que las bioestimulantes orgánicas tiene un efecto alcalinizante en suelos ácidos, similar a lo observado en los tratamientos T_2 y T_3 , donde el pH aumentó con la aplicación de carbón líquido, asimismo, Muñoz (2021) reporta que la incorporación de bioestimulantes como el compost orgánicas no solo eleva el pH, sino que también incrementa la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, lo que facilita una mayor disponibilidad de nutrientes; los efectos aún más pronunciados observados en el tratamiento con Codahumus (T_{10}), particularmente en combinación con CCN-51, sugieren que estas bioestimulantes son altamente eficaces para corregir la acidez, Murillo-Montoya et al. (2020), que también destacaron el impacto positivo de las bioestimulantes orgánicas en la mejora de la calidad del suelo, incluyendo la elevación del pH.

La conductividad eléctrica (CE) indicando que los diferentes tratamientos afectan la salinidad del suelo (Tabla 11), los tratamientos testigo (T_1 y T_6) presentan el valor más bajo de CE (0,21 dS/cm), lo que es característico de suelos sin bioestimulantes adicionales. La aplicación de carbón líquido en T_2 y T_3 incrementa la CE a 0,26 y 0,28 dS/cm, mientras que en T_7 y T_8 , donde se combina el carbón líquido con CCN-51, la CE también alcanza 0,28 dS/cm, sugiriendo un impacto moderado en la salinidad del suelo. Por otro lado, los tratamientos con Codahumus (T_4 , T_5 , T_9 , y T_{10}) muestran un mayor aumento en la CE, con valores que oscilan entre 0,29 y 0,33 dS/cm, siendo T_5 el que registra el valor más alto (0,33 dS/cm).

Estos resultados muestran que Codahumus tiene un efecto más pronunciado en la salinidad del suelo comparado con el carbón líquido, a pesar de estos incrementos, los valores de CE se mantienen dentro de un rango aceptable para la mayoría de los cultivos, lo que sugiere que los bioestimulantes aumentan la salinidad de manera controlada. Estudios previos que han documentado incrementos en la CE debido a la aplicación de bioestimulantes, sin comprometer la salud del suelo, Melo-Lozano y Afanasjeva (2023) han demostrado que la adición de biocarbón y otras formas de carbono orgánico, como el carbón líquido utilizado en tus

tratamientos, puede aumentar ligeramente la CE del suelo debido a la introducción de sales solubles, pero de manera controlada. Por otro lado, Zanol et al. (2018) destacaron que las bioestimulantes orgánicas ricas en nutrientes, como el compost o productos similares al Codahumus, pueden incrementar la CE del suelo en mayor medida, debido a la liberación de nutrientes y minerales solubles que contribuyen a la salinidad del suelo, Seguel et al. (2019) también han demostrado que la adición de bioestimulantes orgánicas mejora la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo y, por ende, aumenta la CE, lo que es beneficioso para la disponibilidad de nutrientes, siempre que la salinidad se mantenga dentro de límites seguros

La materia orgánica (MO) en los diferentes tratamientos (Tabla 15), se observa que los valores más bajos corresponden a los tratamientos testigo T₁ y T₆ con 2,92 y 2,94 %, asimismo, los tratamientos con carbón líquido (T₂, T₃, T₇ y T₈) muestran un incremento gradual en el contenido de MO, con valores que van desde 2,93 % en T₂ hasta 3,35 % en T₈, el incremento de MO obedece a la aplicación de carbón líquido, posiblemente a su composición y debido a la mejora en la retención de carbono en el suelo. Por otro lado, los tratamientos con Codahumus (T₄, T₅, T₉ y T₁₀) presentan los valores más altos de MO, que alcanza hasta 3,88 % en T₁₀. puede estar sujeto a las altas concentración de MO presente en Codahumus, que enriquece el suelo y promueve una mayor acumulación de carbono orgánico.

Los resultados indican que la aplicación de bioestimulantes, especialmente Codahumus, tiene un impacto positivo en la mejora del contenido de MO del suelo, lo cual es crucial para mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de agua. y nutrientes, y promover un ambiente más favorable para el crecimiento de los cultivos, razones por las cuales se determinó mayor incremento en las características biométricas de los plantones de cacao, al respecto Vázquez et al. (2020) han demostrado que la aplicación de bioestimulantes orgánicas, puede incrementar significativamente la MO en suelos agrícolas, esto se debe a que las bioestimulantes orgánicas son fuentes ricas en carbono orgánico, que es esencial para la acumulación de MO en el suelo, además Saravia (2023) han destacado que la aplicación de compost y otros productos ricos en MO, puede incrementar significativamente los niveles de MO en el suelo, debido que las bioestimulantes orgánicas no solo aportan carbono orgánico, sino que también mejoran la actividad microbiana en el suelo, esta actividad microbiana descompone la MO, liberando nutrientes que son esenciales para el crecimiento de las plantas y aumentando la cantidad total de MO en el suelo, también Parra (2016) han subrayado la importancia de las bioestimulantes orgánicas en la modificación orgánicas en la mejora de la estructura del suelo y la retención de nutrientes, aspectos directamente relacionados con el aumento de la MO, además de mejorar la estructura del suelo aumentando la agregación de las

partículas, lo que a su vez mejora la porosidad y la capacidad de retención de agua y disponibilidad de nutrientes; este cambio en la estructura del suelo facilita la retención de nutrientes y reduce la lixiviación, lo que contribuye a un aumento en la MO, además, la mejora en la estructura del suelo promueve un ambiente favorable para las raíces de las plantas, mejorando su acceso a los nutrientes. Razones por las cuales se determinó mayor longitud y volumen de raíces, así como peso con la aplicación de los tratamientos vs los testigos.

Los tratamientos que más incrementaron el contenido de nitrógeno (N) en el suelo fueron los que se adiciono Codahumus, en particular, los tratamientos T₉ (CCN-51 + 10 % Codahumus) y T₁₀ (CCN-51 + 20 % Codahumus) lograron un incremento del N hasta un 0,19 %, que es el valor más alto registrado en todos los tratamientos (Tabla 11), la adición de Codahumus tiene un efecto positivo en la disponibilidad de N en el suelo, aumentando su concentración en comparación con los tratamientos testigo (T₁ y T₆, ambos con 0,15 %), El incremento en los niveles de N observados en los tratamientos con Codahumus se puede atribuir a la composición de este producto, que contiene N orgánico como uno de sus componentes principales. Según (Julca-Otiniano et al., 2006) , los bioestimulantes no solo aportan MO, sino también nutrientes esenciales como el N, que se libera gradualmente en el suelo a medida que la MO se descompone, este proceso no solo mejora la fertilidad del suelo, sino que también aumenta la disponibilidad de N para las plantas, lo cual es fundamental para su crecimiento, al respecto, Delgado-Londoño (2017) señala que las bioestimulantes ricas en nutrientes pueden tener un impacto directo en el contenido de N del suelo, mejorando su calidad de las plantas.

El contenido de carbono (C) en los diferentes tratamientos muestran un claro incremento en los tratamientos que incluyen bioestimulantes, especialmente aquellas con Codahumus (Tabla 11), los tratamientos testigo (T₁ con 1,33 % y T₆ con 1,87 %) presentan los valores más bajos de C, lo que es típico en suelos sin adición de bioestimulantes. La inclusión de carbón líquido en los tratamientos T₂, T₃, T₇ y T₈ incrementa gradualmente el contenido de carbono, con valores que oscilan entre 1,50 % en T₂ y 2,36 % en T₈, lo que sugiere que el carbón líquido contribuye a un aumento moderado en el contenido de carbono debido a la adición de materia carbonosa estable en el suelo. Por otro lado, los tratamientos con Codahumus (T₄, T₅, T₉ y T₁₀) presentan los valores más altos de C, alcanzando hasta 2,90 % en T₁₀, Este incremento se puede atribuir a la alta concentración de C presente en Codahumus, un producto que, además de mejorar la MO, aumenta directamente el contenido de C en el suelo, al respecto Julca-Otiniano et al. (2006), reportaron que la aplicación de bioestimulantes ricas en carbono, como humatos y compost, incrementa significativamente el contenido de carbono en suelos, además, (Villanueva y Villanueva, 2020) demostraron que la adición de biochar y otros productos

carbonosos a los suelos puede aumentar la estabilidad del carbono, reduciendo la descomposición y la liberación de CO₂, lo que contribuye a un aumento sostenido del contenido de C en el suelo, también Vázquez et al. (2020) encontraron que la incorporación de carbono a través de bioestimulantes orgánicas no solo mejora el contenido de carbono del suelo, sino que también promueve la actividad biológica, lo que favorece la formación de agregados estables y una mayor retención de agua y nutrientes en el suelo.

Los resultados muestran que los tratamientos con Codahumus y carbón líquido incrementaron significativamente la disponibilidad de fósforo (P) y potasio (K) en el suelo, en comparación con los tratamientos testigo (Tabla 11), el fósforo disponible aumentó notablemente en los tratamientos con Codahumus, alcanzando hasta 9,50 ppm en T₁₀, lo que indica que estos bioestimulantes es altamente efectiva en la liberación de P, probablemente debido a la mejora en la retención y liberación de nutrientes que ofrece la MO. Del mismo modo, el K disponible se incrementó considerablemente en los tratamientos con carbón líquido, con valores que oscilan entre 104,93 ppm y 109,92 ppm, y aún más en los tratamientos con Codahumus, alcanzando hasta 127,94 ppm en T₅. Los resultados sugieren que ambos bioestimulantes incrementan el contenido de P y K, pero especialmente Codahumus, fue más efectivo para mejorar la fertilidad del suelo al aumentar la disponibilidad de estos nutrientes esenciales, lo que es crucial para el crecimiento y crecimiento óptimo de las plantas. Según Villanueva y Villanueva (2020), el carbón líquido mejora la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, lo que aumenta la retención de nutrientes como el K y facilita la liberación de P adsorbido en minerales, haciéndolos más disponibles para las plantas, además, el carbón líquido puede influir en el pH del suelo, afectando la solubilidad del P y aumentando su disponibilidad en formas más accesibles para las plantas, como H₂PO₄⁻. Por otro lado, Julca-Otiniano et al. (2006) explican que el Codahumus, rico en ácidos húmicos y fúlvicos, mejora la disponibilidad de P al formar complejos con cationes como el Ca, lo que reduce la fijación del P y libera fosfatos disponibles para las plantas, También, la actividad microbiana, estimulada por la MO en el Codahumus, descompone formas orgánicas de P, liberando P inorgánico disponible. En cuanto al K, Rodríguez et al. (2010) mencionan que los ácidos húmicos aumentan la disponibilidad de K al intercambiar cationes en el suelo, mientras que la descomposición de la MO produce CO₂, que se convierte en ácido carbónico en el suelo, disolviendo minerales que contienen K y liberando K en formas más accesibles.

Los resultados del análisis de calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y sodio (Na) cambiante en los diferentes tratamientos, se muestra que con carbón líquido (T₂, T₃, T₇ y T₈) tienden a incrementar ligeramente los niveles de Ca y Mg en comparación con los

tratamientos testigo (T_1 y T_6), significa que el carbón líquido mejora la capacidad del suelo para retener estos cationes, probablemente al aumentar la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Además, se observa un aumento en el K, particularmente en T_3 (0,47 Cmol(+)/kg) y T_7 (0,44 Cmol(+)/kg), lo que indica que el carbón líquido contribuye a mantener este nutriente en formas más accesibles para las plantas, sin embargo, el Na, aunque en concentraciones bajas, se incrementa ligeramente en T_2 (0,11 Cmol(+)/kg). Por otro lado, los tratamientos con Codahumus (T_4 , T_5 , T_9 y T_{10}) muestran un comportamiento distinto. Aunque los niveles de Ca y K no se incrementan, en algunos casos, son más bajos que en los testigos, se observa un aumento notable en el Mg en T_{10} (1,08 Cmol(+)/kg), posiblemente debido a la influencia de los ácidos húmicos en Codahumus, que mejoran la solubilidad y disponibilidad de Mg, no obstante, los niveles de K disminuyen en T_{10} (0,19 Cmol(+)/kg), lo que podría indicar una competencia entre cationes o una mayor absorción por parte de las plantas.

Cuando los nutrientes están más disponibles en el suelo, es común que las plantas los absorban más rápidamente, lo que puede llevar a una reducción en las concentraciones intercambiables de esos cationes en el suelo, al respecto Garbanzo-León et al. (2016) han señalado que la aplicación de bioestimulantes ricos en ácidos húmicos, mejora la solubilidad y disponibilidad de nutrientes como Ca, Mg, K y Na, esta mayor disponibilidad facilita la absorción rápida por las plantas, lo que puede llevar a una disminución en las concentraciones intercambiables en el suelo. Los ácidos húmicos actúan como quelantes naturales, manteniendo estos cationes en formas solubles y accesibles, lo que incrementa la eficiencia de la absorción de nutrientes por las plantas (Veobides-Amador et al., 2018). También Gallardo et al. (2009) discute cómo las bioestimulantes orgánicas que mejoran la CIC del suelo y la disponibilidad de nutrientes pueden llevar a una mayor absorción de cationes por parte de las plantas, este proceso es particularmente notable cuando los cationes se encuentran en formas fácilmente accesibles gracias a la acción de los ácidos húmicos, lo que explica por qué los niveles de Ca, Mg, K y Na pueden disminuir en el suelo tras la aplicación de bioestimulante como Codahumus.

4.3. Análisis de beneficio y costo de plantones de cacao

El análisis de la relación costo/beneficio (C/B) (Tabla 16) muestra que los tratamientos T_9 y T_{10} , que incluyen Codahumus, son los más rentables, con valores de 1,64 y 1,51; esto sugiere que, a pesar del mayor costo inicial asociado con la aplicación de este bioestimulante, los beneficios en términos de producción y valor de mercado de los plantones compensan significativamente estos costos.

Tabla 16. Análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio

Trat.	Costo de plantas de cacao/Tratamiento									
	Suelo	BE	Bolsas	Mant.	C. Total (S/.)	N° Plt.	I. B	U	I. R	B/C
T ₁	S/ 37,50	S/ 0,00	S/ 1,20	S/ 50,00	S/ 88,70	80	S/ 80,00	-S/ 8,70	-S/ 0,10	S/ 0,90
T ₂	S/ 37,50	S/ 14,40	S/ 1,20	S/ 50,00	S/ 103,10	80	S/ 120,00	S/ 16,90	S/ 0,16	S/ 1,16
T ₃	S/ 37,50	S/ 28,80	S/ 1,20	S/ 50,00	S/ 117,50	80	S/ 120,00	S/ 2,50	S/ 0,02	S/ 1,02
T ₄	S/ 37,50	S/ 8,64	S/ 1,20	S/ 50,00	S/ 97,34	80	S/ 120,00	S/ 22,66	S/ 0,23	S/ 1,23
T ₅	S/ 37,50	S/ 17,28	S/ 1,20	S/ 50,00	S/ 105,98	80	S/ 160,00	S/ 54,02	S/ 0,51	S/ 1,51
T ₆	S/ 37,50	S/ 0,00	S/ 1,20	S/ 50,00	S/ 88,70	80	S/ 80,00	-S/ 8,70	-S/ 0,10	S/ 0,90
T ₇	S/ 37,50	S/ 14,40	S/ 1,20	S/ 50,00	S/ 103,10	80	S/ 120,00	S/ 16,90	S/ 0,16	S/ 1,16
T ₈	S/ 37,50	S/ 28,80	S/ 1,20	S/ 50,00	S/ 117,50	80	S/ 120,00	S/ 2,50	S/ 0,02	S/ 1,02
T ₉	S/ 37,50	S/ 8,64	S/ 1,20	S/ 50,00	S/ 97,34	80	S/ 160,00	S/ 62,66	S/ 0,64	S/ 1,64
T ₁₀	S/ 37,50	S/ 17,28	S/ 1,20	S/ 50,00	S/ 105,98	80	S/ 160,00	S/ 54,02	S/ 0,51	S/ 1,51

Leyenda:

T₁: CMP-15 TestigoT₂: CMP-15 + 10 % Carbón líquidoT₃: CMP-15 + 20 % Carbón líquidoT₄: CMP-15 + 10 % CodahumusT₅: CMP-15 + 20 % CodahumusT₆: CCN-51 TestigoT₇: CCN-51 + 10 % Carbón líquidoT₈: CCN-51 + 20 % Carbón líquidoT₉: CCN-51 + 10 % CodahumusT₁₀: CCN-51-15 + 20 % Codahumus

BE: Bioestimulante

I.B: Ingreso bruto

U: Utilidad

I.R: Índice de rentabilidad

C/B: Costo beneficio

Sin embargo, los tratamientos testigos T_1 y T_6 (sin bioestimulantes) tienen la menor rentabilidad con una relación C/B de 0,90 respectivamente, indicando que los plantones no generaron suficientes ingresos para cubrir los costos de producción. Los tratamientos con carbón líquido también muestran una rentabilidad positiva, aunque no tan alta como los tratamientos donde se aplicó Codahumus, lo que resalta la efectividad de estos bioestimulantes para mejorar la rentabilidad en la producción de plantones de cacao (CCN-51 y CMP-15).

Se observa que la utilidad varía entre los diferentes tratamientos, por ejemplo, en el tratamiento T_{10} , la utilidad es de S/ 54,02, lo que indica que, después de cubrir todos los costos asociados con la producción de los plantones, se obtiene un beneficio neto de S/ 54,02 por cada tratamiento, en contraste, el tratamiento T_1 muestra una utilidad negativa de -S/ 8.70, lo que significa que los costos superan a los ingresos, resultando en una pérdida. El índice de rentabilidad (I.R) es una medida que indica cuánto se gana por cada unidad monetaria invertida en la producción, se calcula dividiendo la utilidad entre los costos totales, un I.R de 1,0 indica que se recupera exactamente lo invertido, mientras que un valor mayor que 1,0 indica una ganancia y un valor menor que 1,0 indica una pérdida, en el Cuadro 12, los tratamientos T_9 y T_{10} tiene un I.R de 0,64 y 0,51, lo que sugiere que por cada sol invertido, se gana S/ 0,64 y 0,51 adicionales, en cambio, los tratamientos T_1 y T_6 tiene un I.R negativo de -0.10 respectivamente, lo que significa que por cada sol invertido, se pierde S/ 0,10.

La variación en la utilidad y el índice de rentabilidad (I.R) observada en los diferentes tratamientos puede justificarse mediante conceptos económicos básicos aplicados a la agricultura, en términos económicos, la utilidad es un indicador directo de la eficiencia con la que se utilizan los recursos en la producción agrícola. Según Paz et al. (2013), la rentabilidad agrícola depende de múltiples factores, incluidos los costos de insumos, las técnicas de manejo, y las condiciones de mercado, los tratamientos que muestre una utilidad positiva, como el T_9 y T_{10} , refleja una combinación eficaz de estos factores, donde los ingresos superan los costos, resultando en un beneficio neto.

Por otro lado, una utilidad negativa, como en el caso de los tratamientos T_1 y T_6 , sugiere que los costos de producción fueron demasiado altos en relación con los ingresos generados, lo que lleva a una pérdida, una situación que Rodríguez (2021) describen como insostenible a largo plazo si no se realizan ajustes en el manejo o en la estrategia de mercado. El I.R proporciona una visión más matizada del rendimiento económico de una inversión agrícola, pues cuantifica el retorno por unidad monetaria invertida, Bolívar (2011) explican que un I.R mayor que 1,0 es indicativo de una inversión rentable, donde el productor no solo recupera su inversión, sino que también genera una ganancia.

V. CONCLUSIONES

1. El Codahumus al 20 % fue el bioestimulante más eficaz para promover el crecimiento de los plantones de cacao en ambos materiales evaluados, ya que en la colecta CMP-15 el tratamiento con 20 % de Codahumus (T₅) registró los mayores valores en altura, diámetro del tallo, número de hojas, longitud y volumen de raíces, así como en peso fresco y seco de la biomasa aérea y radicular, mientras que las semillas de cacao CCN-51 el mismo tratamiento (20 % de Codahumus) (T₁₀) alcanzó los valores más altos en todas las variables de crecimiento confirmando su superioridad.
2. El análisis final del suelo demuestra que la textura no fue modificada por los bioestimulantes, pero sí sus propiedades químicas, destacando el Codahumus al 20 %, especialmente en CCN-51 (T₁₀), como el tratamiento más efectivo al elevar el pH, la materia orgánica (3,88 %), nitrógeno (0,19 %), carbono (2,90 %), fósforo (9,50 ppm) y mejorar la CIC; el carbón líquido también incrementó nutrientes, sobre todo potasio, aunque con menor efecto que Codahumus.
3. La relación beneficio/costo (B/C) de los plantones de cacao, destacando el Codahumus en ambas semillas de cacao como la opción más rentable, pues los tratamientos T₉ (CCN-51 + 10 %) y T₁₀ (CCN-51 + 20 %) alcanzaron las mayores B/C con 1,64 y 1,51 respectivamente, seguidos por T₅ (CMP-15 + 20 % Codahumus) con 1,51, mientras que los tratamientos testigo (T₁ y T₆) resultaron deficitarios con B/C de 0,90, lo que refleja pérdidas

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Profundizar en la evaluación del efecto de distintas frecuencias y dosis de aplicación de Codahumus, ajustando protocolos de manejo que optimicen la eficiencia nutricional y el crecimiento de los plantones en diferentes semillas de cacao como CCN-51 y CMP-15, así como en otros cultivos de interés agrícola.
2. Desarrollar estudios orientados a determinar cómo la aplicación de Codahumus incide no solo en el crecimiento y la rentabilidad, sino también en atributos de calidad fisiológica y comercial de los plantones, de modo que se pueda valorar su impacto directo en la aceptación y competitividad del producto en el mercado.
3. Realizar investigaciones sobre el impacto ambiental del uso prolongado de Codahumus, evaluando sus efectos en la dinámica del suelo y en los ecosistemas asociados, con el fin de garantizar que las mejoras en rentabilidad y rendimiento estén alineadas con principios de sostenibilidad agrícola y conservación ambiental.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo, G. A., Cañar, D. Y., Pabón, M. A., Bello, M., Hernández, J. F. (2021). *Manual técnico para la producción de semilla de cacao en vivero para los Santanderes y Boyacá*. AGROSAVIA. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/36615/Ver_documento_36615.pdf?sequence=1.
- Villanueva, L. O. (2018). *Efecto de los abonos orgánicos compost, guano de isla y gallinaza en el crecimiento de plántones de cacao (Theobroma cacao L.) en Tingo María* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8891a036-26db-479e-91bd-f4f3ee242eb3/content>
- Aguilar, C., Guharay, F. (2013). *Aprendiendo e innovando sobre el manejo de fertilidad de suelos cacaoteros*.
- Alarcón, D. M., Oblitas, E. (2019). *Evaluación de la Calidad Organoléptica del Licor de Cacao CCN-51 (Theobroma cacao L.) Mejorado Enzimáticamente en el Proceso de Fermentación* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio institucional. http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/50/1/Alarc%c3%b3n_PDM_Oblitas_ME.pdf
- Alfonso, I. O. (2022). *Análisis de la calidad física y organoléptica de 3 clones de cacao finos aromáticos (Theobroma cacao L.) en Mazamari-Satipo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio institucional. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/8578/ALFONSO%20PALOMINO%20ISAAC%20ORE_removed.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Alonso-Gómez, L., Cruz-Dominguez, A., Jiménez-Madrid, D., Ocampo-Duran, Á., Parra-González, S. (2016). Biochar como enmienda en un oxisol y su efecto en el crecimiento de maíz. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 19(2), 341–349. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v19n2/v19n2a11.pdf>
- Álvarez-Carrillo, F., Rojas-Molina, J., Suárez-Salazar, J. C. (2015). Contribución de esquemas de fertilización orgánica y convencional al crecimiento y producción de *Theobroma cacao* L. bajo arreglo agroforestal en Rivera (Huila, Colombia). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 16(2), 307–314.
- Amaringo, M. (2018). *Identificación de genotipos de cacao con capacidades superiores tolerantes a acidez del suelo en vivero en la Estación Experimental Juan Bernito-Instituto de Cultivos Tropicales (ICT)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín -

- Tarapoto]. Repositorio institucional. <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/3054/1/AGRONOMIA%20-%20Mart%C3%ADn%20Amaringo%20G%C3%B3mez.pdf>
- Andy, K., Francisco, A., Naidelin, G., Jiménez, L. (2023). Efectos de bioestimulantes y fertilizantes en el crecimiento de las plantas de cacao en un sistema agroforestal. *Revista Científica Pikenani Journal*, 1(1), 1–10. <https://pikenani.esPOCH.edu.ec/index.php/pikenanijournal/article/view/8/9>
- Armenta-Bojórquez, A. D., García-Gutiérrez, C., Camacho-Báez, J. R., Apodaca-Sánchez, M. Á., Gerardo-Montoya, L., Nava-Pérez, E. (2010). Biofertilizantes en el crecimiento agrícola de México. *Ra Ximhai*, 6(1), 51–56. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46112896007.pdf>
- Arvelo, M. Á., González, D., Maroto, S., Delgado, T., Montoya, P. (2017). *Manual técnico del cultivo de cacao prácticas latinoamericanas*. Instituto Interamericano de Cooperación Para La Agricultura (IICA). <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56304650/CACAO-libre.pdf>.
- Ayala, A., Peña, H. A. (2020). *Uso del biochar como alternativa de mejoramiento de la calidad de los suelos mediante una revisión sistemática* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/60813/Ayala_SA-Pe%c3%b1a_HHA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bolívar, H. (2011). Metodologías e indicadores de evaluación de sistemas agrícolas hacia el crecimiento sostenible. *CICAG: Revista Del Centro de Investigación de Ciencias Administrativas y Gerenciales*, 8(1), 1–18.
- Bonomelli, C., Celis, V., Gil, P., Sallato, B. (2015). Cambios en la fisiología del palto y en las características químicas del suelo en repuesta a aplicaciones de ácido sulfúrico y ácido húmico de vermicompost en suelo arcilloso. *VIII Congreso Mundial de La Palta*, 1(1), 310–316.
- Burbano, J. A. (2021). *Efecto de la adición de Biochar como enmienda de un suelo degradado, sobre microorganismos relacionados con el ciclo del carbono* [Tesis de pregrado, Universidad de la Salle]. Repositorio institucional. <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1136&context=biologia>
- Calle, J. M. (2005). *Efecto de los abonos orgánicos sobre el crecimiento de plantines de cacao (Theobroma cacao L.) en vivero, Sapecho – Alto Beni* [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio institucional. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/7207/T-926.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

- Campos, J., Salazar, F. (2011). Uso de bioestimulantes orgánicas como fuente de fertilización en cultivos. *Fertilización de Cultivos En Chile. Chillán: Colección Libros INIA.*(28), 48(1), 69–98. <https://www.biopunto.cl/wp-content/uploads/2022/07/Tecnicas-de-conservacion-de-suelos-agua-y-vegetacion-en-territorios-degradados.pdf>
- Campoverde, R. C. (2022). *Crecimiento y crecimiento del cacao CCN-51(Theobroma cacao L.) bajo niveles contrastantes de sombra y fertilización en Zamora Chinchipe* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25913/1/Rosa%20Carolina%20Campoverde%20C%3b3rdova.pdf>
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P., Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. In *Scientia Horticulturae* (Vol. 196). <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>
- Carmona-Rojas, L. M., Gutiérrez-Rodríguez, E. A., Henao-Ramirez, A. M., Urrea-Trujillo, A. I. (2022). Nutrición en los cultivos de cacao (*Theobroma cacao* L.): Que factores que deben ser considerados? *Revista de La Facultad de Agronomía*, 121(2), 1–21.
- Caron, V. C., Pereira, J., & De Camargo, P. R. (2015). Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos. In *Piracicaba: ESALQ/USP*. <https://www.esalq.usp.br/biblioteca/sites/default/files/publicacoes-a-venda/pdf/SPR58.pdf>
- Cedeño, J. L., Ardisana, E. F. H., García, A. T., Téllez, O. F. (2020). Respuestas del crecimiento y el rendimiento en pimiento (*Capsicum annuum* L.) híbrido Nathalie a un lixiviado de vermicompost bovino. *La Técnica*, 1(1), 1–10.
- Chavez, Y. N. (2021). *Evaluación de bioestimulantes de biochar+ humus en la productividad de theobromo cacao l, y en el ph del suelo* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio institucional. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/17468/1/TTUACA-2021-IA-DE00050.pdf>
- CODA. (2017). *Ficha técnica de producto: Codahumus*.
- Cruzado, D. L. (2017). *Efecto de la aplicación de bioestimulantes de origen mineral en el pH del suelo en plantaciones de cacao (Theobroma cacao), distrito de Pólvora–Tocache–San Martín* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto]. Repositorio institucional. <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/3758/1/AGRONOMIA%20-%20Deygar%20Luis%20Cruzado%20Medina.pdf>
- Cuvi, M. B., Rodríguez, Y., Elena, K. M., Asanza, M., Soria, S. (2013). *Efecto de abonos orgánicos en el cultivo de Theobroma cacao L. en vivero del “Recinto el Capricho”, Provincia de Napo, Ecuador*.

- Damiano Tinoco, H. S. (2021). *Efecto de tres bioestimulantes y dos tipos de sustratos en la obtención de plántones para patrón de Theobroma cacao L. (cacao) en vivero en Tingo María* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d3db3e46-7243-4d1b-8f27-014ac3750794/content>.
- Delgadillo, C. V. (2023). *Influencia de pre secado, frecuencia de remoción y fermentación en la calidad de granos de cacao (Theobroma cacao L.) Llochegua, Huanta 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/31bb254c-06f9-4532-8e5c-1ac7b2a753e2/content>
- Delgado, E. F. L. (2006). La importancia del carbón mineral en el crecimiento. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 9(18), 91–97.
- Delgado-Londoño, D. M. (2017). Aplicación de bioestimulantes orgánicas para la recuperación de propiedades físicas del suelo asociadas a la erosión hídrica. *Lámpsakos (Revista Descontinuada)*, 17, 77–83.
- Dionisio, E. E. (2020). *Impacto de productos biodegradables aplicados al suelo sobre la acumulación de Cadmio en Cacao (Theobroma cacao L.)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio institucional. <http://45.231.83.156/bitstream/handle/20.500.12996/4568/dionisio-flores-erick-edinson.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Di Rienzo, J. A., Balzarini, M. G., Di Rienzo, J. A., Robledo, C. W., Casanoves, F., & Tablada, E. M. (2008). *InfoStat: Manual del usuario* (Versión 2008). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba.
- Eguez, E. A., León, L. K., Loor, J. M., Pacheco, L. P. (2022). Deficiencia nutricional de macronutrientes en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* Linneo) cultivadas en solución nutritiva. *Revista de Investigación TALENTOS*, 9(1), 69–82.
- Elizarrarás-Lozano, S., Serratos-Arévalo, J. C., López-Alcocer, E., Román-Miranda, L. (2009). La aplicación de ácidos húmicos sobre características productivas de *Clitoria ternatea* L. en la región Centro-Occidente de México. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 13(3), 11–16. <https://www.redalyc.org/pdf/837/83712319002.pdf>
- Escalante, A., Pérez, G., Hidalgo, C., López, J., Campo, J., Valtierra, E., Etchevers, J. D. (2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Terra Latinoamericana*, 34(3), 367–382.

- Espejo, J. C. (2010). *Efecto de diferentes sustratos en la producción de plántones del Theobroma cacao L "cacao criollo" - en el sector de Jacintillo-Tingo María* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/671ec5ce-6fa8-40b2-8645-434aa1f63b2d/content>
- Espinosa-Antón, A. A., Hernández-Herrera, R. M., González-González, M. (2020). Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. *Biotecnología Vegetal*, 20(4), 257–282. <http://scielo.sld.cu/pdf/bvg/v20n4/2074-8647-bvg-20-04-257.pdf>
- Estrada, W. J., Romero, X. G., Moreno, J. A. (2011). *Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas*. Confederación de Federaciones de La Reforma Agraria Salvadoreña. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/43753673/Estrada_et_al_Guia_Tecnica_Cacao_1-libre.pdf.
- Fernández, J. C., Bohórquez, W., Rodríguez, A. (2016). Dinámica nutricional del cacao bajo diferentes tratamientos de fertilización con N, P y K en vivero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(2), 367–380. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v10n2/v10n2a17.pdf>
- Flores, G. (2024). *Caracterización morfológica de 50 accesiones de cacao silvestre procedentes de las cuencas de la Amazonía peruana* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas]. Repositorio institucional. https://repositorio.unaaa.edu.pe/bitstream/handle/UNAAA/56/FLORES_ISUIZA_GEST_I_1261202104.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Flores, M. (2021). *Determinación del contenido de metales pesados tóxicos en almendras de cacao (Theobroma cacao L.) en el distrito de Kimbiri a 739 msnm-Cusco* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/6b2d6a86-5103-43c3-a6b7-09b4dda4f388/content>
- Gallardo, A., Covelo, F., Morillas, L., Delgado, M. (2009). Ciclos de nutrientes y procesos edáficos en los ecosistemas terrestres: especificidades del caso mediterráneo y sus implicaciones para las relaciones suelo-planta. *Ecosistemas*, 18(2), 4–19. <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=600>
- Garbanzo-León, G., Molina-Rojas, E., Cabalceta-Aguilar, G. (2016). Efecto de la aplicación de bioestimulantes líquidas en el suelo y en el crecimiento de maíz bajo condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense*, 40(2), 33–52.

- García, I. (2019). *La alternativa de la agricultura orgánica con biofertilizantes*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/47761/K%2066483%20Garc%c3%ada%20Rivera%2c%20Isait.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gómez, R., García, R., Tong, F., Gonzalez, C. (2014). *Paquete tecnológico del cultivo del cacao*.
- González, E. (2022). *Guía técnica para la elaboración de viveros de café*. Anecafé. [file:///D:/PRE-Grado/Tesis/3.%20Redactado/Iv%C3%A1n%20Figueredo%20Sangama%20\(Cacao\)/Referencia_Ivan/Guia-elaboracion-viveros.pdf](file:///D:/PRE-Grado/Tesis/3.%20Redactado/Iv%C3%A1n%20Figueredo%20Sangama%20(Cacao)/Referencia_Ivan/Guia-elaboracion-viveros.pdf)
- Gordillo, R. de J. (2005). *Cacao (Theobroma cacao L)* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”]. Repositorio institucional. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/bitstream/handle/123456789/6348/T15036%20GORDILLO%20MORENO%2C%20REYNALDO%20DE%20JESUS%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gordón-Mendoza, R., & Camargo-Buitrago, I. (2015). Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 56–63. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v26n1/a06v26n1.pdf>
- Gutiérrez, S. (2021). *Evaluación de productos bioestimulantes por etapa fenológica y determinación de áreas agroecológicas aptas para el cultivo de arándano azul en el Estado de Aguascalientes* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Aguascalientes]. Repositorio institucional. <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11317/2095/452837.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hartemink, A. E. (2005). Nutrient stocks, nutrient cycling, and soil changes in cocoa ecosystems: a review. *Advances in Agronomy*, 86(1), 227–253.
- Héctor-Ardisana, E., Torres-García, A., Fosado-Téllez, O., Peñarrieta-Bravo, S., Solórzano-Bravo, J., Jarre-Mendoza, V., Medranda-Vera, F., Montoya-Bazán, J. (2020). Influencia de bioestimulantes sobre el crecimiento y el rendimiento de cultivos de ciclo corto en Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 41(4), 2. <http://ediciones.inca.edu.cu/octubre-diciembre>
- HEIRLOOM CACAO. (2024). *Guía técnica para el manejo de viveros de cacao*. https://www.hcpcacao.org/uploads/1/3/3/5/133562027/6_25_spanish_nursery_guide_formatted.pdf
- Higa, T., Parr, J. F. (2013). Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenibles. *Maryland (USA): Centro Internacional de Investigación de*

- Agricultura Natural, Departamento de Agricultura de Los Estados Unidos*, 13(2), 128–135. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31255712/MicroorG_Benef_Efect-libre.pdf.
- Holdridge, L. R. (1978). *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7936/BVE19040225e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA]. (2018). *Manual de Vivero Coordinación de contenidos Contenido técnico*. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/40611/mod_resource/content/1/020000_Manual_de_Vivero.pdf
- Jaimez, R. E., Barragan, L., Fernández-Niño, M., Wessjohann, L. A., Cedeño-García, G., Sotomayor Cantos, I., Arteaga, F. (2022). *Theobroma cacao* L. cultivar CCN 51: a comprehensive review on origin, genetics, sensory properties, production dynamics, and physiological aspects. *PeerJ*, 10(1), 2–23. <https://doi.org/10.7717/peerj.12676>
- Jiménez, R. A. (2022). *Respuesta de dos niveles de sombra y fertilización sobre el crecimiento y crecimiento del cacao (Theobroma cacao L.); clon EETP-801 en la parroquia Los Encuentros, cantón Yantzaza* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25439/1/Rosa%20Alexandra%20Jim%C3%A9nez%20Jim%C3%A9nez.pdf>
- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., Bello-Amez, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *IDESIA*, 24(1), 49–61.
- Justo, L. E. (2019). *Caracterización botánico-agronómica de seis clones de cacao (Theobroma cacao L.) de la colección mendis paredes en Castillo Grande* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/947eadc8-af45-481a-a253-2f6fe2336e4e/content>
- LLiuya, V. (2015). *Fertilización orgánica en el crecimiento vegetativo de los patrones de cacao (Theobroma cacao L.) en un suelo inceptisols en fase de vivero, en el distrito de Nuevo Progreso, Tocache, San Martín* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/3b7f3d6a-6387-40df-a56c-3370eb00745a/content>
- Loli, O. (2012). *Análisis de suelos y fertilización en el cultivo de cacao*. <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/010-b-cacao.pdf>
- López, J. (2010). *Manual de vivero*. https://www.jircas.go.jp/sites/default/files/publication/manual_guideline/manual_guideline-_40.pdf

- López, J. (2021). *Efecto de bioles en el crecimiento de plántones de cacao (Theobroma cacao L.) en vivero* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/0bd43c6d-40a1-4769-87b1-a663fbc8893e/content>
- López, K. E. (2024). *Importancia de los bioestimulantes en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.)* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio institucional. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/16069/E-UTB-FACIAG-AGRON-000144.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López, R. (2023). *Importancia de los ácidos húmicos en el cultivo de cacao de la provincia de Mariscal Cáceres, San Martín* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto]. Repositorio institucional. <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/5648/1/FCA%20Roky%20Lopez%20Pinchi.pdf>
- Macavilca, L. A. (2023). *Caracterización morfológica, agronómica y sensorial de tres clones promisorios de Theobroma Cacao L. en la Zona de Rio Tambo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio institucional. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/10377/T010_75209407_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Martínez, A. (1984). *La sombra para el cacao: revisión de literatura y bibliografía anotada*. Bib. Orton IICA/CATIE.
- Martínez, E. (2005). Errores frecuentes en la interpretación del coeficiente de determinación lineal. *Anuario Jurídico y Económico Escurialense*, XXXVIII, 315–332.
- Mata-Quirós, A. (2006). *Establecimiento de un sistema de propagación vegetativa de genotipos superiores de cacao (Theobroma cacao L.) por medio de ramillas en el CATIE*. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA; Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/441/Propagacion%20vegetativa%20de%20cacao.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Melo-Lozano, H. A., Afanasjeva, N. (2023). Efecto de la aplicación de biochar en la actividad microbiana en suelos: Revisión. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 21(2), 193–209.
- Merino, E. G. (2013). *Efecto de la aplicación de abonos procesados con microorganismos eficientes en la producción de plántones de Cacao (Theobroma cacao L.) clon CCN-51*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ae13fb3c-bf95-4f30-80e7-8c73b7d066cd/content>

- Meza-Calderón, M. A., Moya-Menjívar, X. M., Parada-Berrios, F. A., Vásquez-Osegueda, E. A. (2019). Nutrición de portainjertos de cacao (*Theobroma cacao* L.) utilizando diferentes dosis de fórmula 15-15-15 y su influencia en el prendimiento de cuatro tipos de injerto. *Revista Minerva*, 2(1), 63–78. file:///C:/Users/ASUS/Downloads/27-Texto+del+art%C3%ADculo-126-1-10-20191115.pdf
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. (2008). *Estudio de caracterización del potencial genético del cacao en el Perú*. https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/estudio_caracterizacion.pdf
- Miranda-Sotomayor, L., Posos-Ponce, P., Vera, J., Álvarez-Rodríguez, G. (2021). Efecto del CTA-Humus® en la obtención de posturas de *Rhizophora mangle* para la rehabilitación de zonas degradadas por la minería. *Hombre, Ciencia y Tecnología*, 25(2), 85–90. <https://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/441/4412286010/4412286010.pdf>
- Monty's Plant Food. (2024). *Carbón líquido de Monty*.
- Morales, O., Borda, A., Argandoña, J. A., Farach, R., García, L. F., & Lazo, K. J. M. (2015). *La Alianza Cacao Perú y la cadena productiva del cacao fino de aroma*. Universidad ESAN.
- Muñoz, M. J. (2021). *Efecto de biochar y fertilizantes sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, crecimiento radical y componentes de rendimiento en arroz* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria]. Repositorio institucional. <https://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/1543/TTA27D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Murillo-Montoya, S. A., Mendoza-Mora, A., Fadul-Vásquez, C. J. (2020). La importancia de las bioestimulantes orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 7(1), 58–68.
- Nieto-Romero, J. I. (2023). Análisis de producción de cacao ccn 51 convencional vs cacao ccn 51 con certificación orgánica. *Polo Del Conocimiento*, 85(9), 1752–1758. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i9.6144>
- Noboa, F. J. (2019). *Efecto de la aplicación de tres productos a base de ácidos húmicos y fúlvicos sobre el crecimiento y crecimiento de plántulas de cacao (Theobroma cacao L.) en la zona de Valencia, Provincia de Los Ríos*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio institucional. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/8608b6c1-893b-4f6d-bd4a-5033bba43acb/content>
- Noles, M. J. (2020). *Evaluación de bioestimulantes orgánicas: efectos en la producción y fitosanidad del cacao (theobroma cacao l.) cultivar ccn-51* [Tesis de pregrado,

- Universidad Técnica de Machala]. Repositorio institucional. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16142/1/TTUACA-2020-IA-DE00025.pdf>
- Ojeda-Morales, M. E., Córdova-Bautista, Y., Álvarez-Ramírez, J. G., López-Lázaro, J. de los S., Martínez-Pereyra, G., Morales-Bautista, C. M. (2023). Remediación de suelos contaminados con hidrocarburos empleando sustancias húmicas de vermicomposta. *Terra Latinoamericana*, 41(1), 1–18.
- Oliva, M., Vacalla, F., Pérez, D., Tucto, A. (2017). *Vivero forestal para producción de plántones de especies forestales nativas: experiencia en Molinopampa, Amazonas-Perú*. Chachapoyas. <https://repositorio.iiap.gob.pe/bitstream/20.500.12921/348/1/Oliva-doctec-2014d.pdf>
- Olmo, M. (2015). *Efecto del biocarbón sobre el crecimiento y producción de un cultivo de trigo en condiciones de campo* [Tesis de maestría, Universidad de Córdoba]. Repositorio institucional. <https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/12795/Manuel%20Olmo%20Prieto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Paredes, M. (2003). *Manual de cultivo del cacao*. Ministerio de Agricultura-Programa Para El Crecimiento de La Amazonia (PROAMAZONIA). <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54692403/215-libre.pdf>.
- Parra, C. I. (2016). *Efecto de la aplicación de ácido húmico sobre las propiedades físicas de un suelo cultivado con trigo en la Región de la Araucanía* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio institucional. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/150900/Efecto-de-la-aplicacion-de-acido-humico-sobre-las-propiedades-fisicas-de-un-suelo-cultivado-con-trigo-en-la-Region-de-La-Araucania.pdf>.
- Paz, R., Jara, C., Nazar, P. (2013). Economía social y agricultura familiar. La experiencia de la Feria de Villa Río Hondo (Argentina). *Cayapa. Revista Venezolana de Economía Social*, 13(25), 53–74.
- Pérez, F. (2017). *Fisiología vegetal. Nutrición Mineral*.
- Pérez, G. A., Freile, J. A. (2017). Adaptabilidad de clones promisorios de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.), en el cantón Arosemena Tola de Ecuador. *Centro Agrícola*, 44(2), 44–51. <http://cagricola.uclv.edu.cu>
- Puentes-Páramo, Y. J., Menjivar-Flores, J. C., Gómez-Carabalí, A., Aranzazu-Hernández, F. (2014). Absorción y distribución de nutrientes en clones de cacao y sus efectos en el rendimiento. *Acta Agronómica*, 63(2), 145–152. <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v63n2/v63n2a07.pdf>

- Puentes-Páramo, Y. J., Menjívar-Flores, J. C., Ortiz-Camacho, A. M. (2016). Eficiencia fisiológica de uso de NPK en clones autoincompatible y autocompatible de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia. *RIAA*, 7(1), 17–24.
- Puentes-Páramo, Y., Menjivar-Flores, J., Aranzazu-Hernández, F. (2014). Eficiencias en el uso de nitrógeno, fósforo y potasio en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Bioagro*, 26(2), 99–106.
- RedAgricola. (2017). *La importancia del uso de fuentes de materias orgánicas de calidad*.
- Repoma, D. N. (2022). *Efecto de la enmienda líquida orgánica avibiol y el carbón monty en la mitigación y control del cd en el suelo y en las almendras de cacao* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/fe4bc7bd-8371-449e-9dc2-cdf0ee30da57/content>
- Reyes-Pérez, J. J., Rivero-Herrada, M., Solórzano-Cedeño, A. E., Carballo-Méndez, F. de J., Lucero-Vega, G., Ruiz-Espinoza, F. H. (2021). Aplicación de ácidos húmicos, quitosano y hongos micorrízicos como influyen en el crecimiento y crecimiento de pimiento. *Terra Latinoamericana*, 39(1), 1–13. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v39/2395-8030-tl-39-e833.pdf>
- Rodríguez, E. V. (2001). *Fisiología de la producción de los cultivos tropicales*. Editorial Universidad de Costa Rica.
- Rodríguez, M. D., Venegas, J., Angoa, P., Montañez, J. L. (2010). Extracción secuencial y caracterización fisicoquímica de ácidos húmicos en diferentes compost y el efecto sobre trigo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(2), 133–147.
- Rodriguez-Arrobo, T., Cajamarca-Crespo, K., Barrezueta-Unda, S., Luna-Romero, A., Villaseñor-Ortiz, D. (2023). Efectos de bioestimulantes en el crecimiento morfológico de plántulas de cacao en etapa de vivero. *Manglar*, 20(2), 117–122. <https://doi.org/10.57188/manglar.2023.013>
- Romero, J. (2019). *Evaluación del efecto de tres bioestimulantes para la obtención de plantones de cacao (Theobroma cacao L.) Tingo María–Huánuco* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ea7c91e8-99a4-43d1-a0aa-60ae3d7b8453/content>
- Saravia, D. M. (2023). *Fuentes y niveles de materia orgánica en la cantidad y actividad de los organismos en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.), Aucayacu* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional.

<https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d1b5b932-bde5-4478-9686-ad3195714e0c/content>

- Seguel, O., Parra, C., Homer, I., Kremer, C., Beyá-Marshall, V. (2019). Efecto del ácido húmico sobre las propiedades físicas de un Haplohumult cultivado con trigo. *AGROSUR*, 47(3), 27–38.
- Sornoza, Lady, Valencia, L., Corozo-Quiñónez, L., Sánchez, M., Salas-Macías, C., Peña, G. (2022). Recursos genéticos de cacao tipo Nacional en Ecuador: una revisión sistemática. *Revista Ciencia y Tecnología*, 15(2), 31–44.
- Thomas, E., Imán, S. A., Atkinson, R., Zavaleta, D., Rodriguez, C., Lastra, S., Murrieta, E., Farfán, A., Castro, J., Ramírez, J. (2023). *Diversidad genética de cacao en el Perú*. Bioversity International. https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/2399/1/Thomas_et-al_2023_diversidad_cacao.pdf
- Tolentino, Y. (2024). *Efecto de diferentes dosis de bocashi en el crecimiento de Theobroma cacao L. durante la fase de vivero, Tingo Maria* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/eb5d923f-e3c3-4400-b306-45c5a79ea048/content>
- Torres-Guerrero, C. A., Etchevers, J. D., Fuentes-Ponce, M. H., Govaerts, B., León-González, F. De, & Herrera, J. M. (2013). Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo. *Terra Latinoamericana*, 31(1), 71–84.
- Vademecum, C. (2024). *Portal Tecnoagricola*.
- Vallejo, G., Lozano, L. M., Seco, G. V. (2006). Modelos de análisis para los diseños multivariados de medidas repetidas. *Psicothema*, 18(2), 293–299. www.psicothema.com
- Vargas, P. I., Tenesaca, W. A., Centanaro, P. H., Peña, C. A. (2024). Efecto de tres sustratos y dos fórmulas de fertilizantes en el crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), Naranjal, provincia del Guayas. *SATHIRI*, 19(2), 164–177. <https://revistasdigitales.upec.edu.ec/index.php/sathiri/article/view/1287/3716>
- Vásquez, P. L. (2018). *Efecto del biofermento del estiércol de vacuno en el crecimiento de plantones de cacao (Theobroma cacao L.)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/9fe293f6-4dc9-48af-96bd-f5f5aa4ec0f8/content>
- Vázquez, J., Alvarez-Vera, M., Iglesias-Abad, S., Castillo, J. (2020). La incorporación de bioestimulantes orgánicas en forma de compost y vermicompost reduce los efectos negativos del monocultivo en suelos. *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 105–112. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.12>

- Vázquez, P. E. (2013). Uso en la agricultura de sustancias húmicas. In *Centro de Investigación en Químicas Aplicada. Saltillo, Coahuila, México*. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/416/1/Pedro%20Elias%20Vazquez%20Vazquez.pdf>
- Vázquez, P. E. (2015). *Efectividad de Sustancias Húmicas de Leonardita en la Calidad de Plántula de Melón (Cucumis Melo L.)* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio institucional. <https://oai.uaaan.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/5416/T19243%20VAZQUEZ%20VAZQUEZ%2C%20PEDRO%20ELIAS%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vega-Celedón, P., Canchignia, H., González, M., Seeger, M. (2016). Biosíntesis de ácido indol-3-acético y promoción del crecimiento de plantas por bacterias. *Cultivos Tropicales*, 37(1), 33–39.
- Veobides-Amador, H., Guridi-Izquierdo, F., Vázquez-Padrón, V. (2018). Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. *Cultivos Tropicales*, 39(4), 102–109. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v39n4/ctr15418.pdf>
- Villalaz-Pérez, J. A., Villarreal-Núñez, J. E., Santo-Pineda, A., Gutiérrez-Lezcano, A. (2022). Dinámica de nutrimentos en el cultivo de cacao bajo un sistema orgánico. *Ciencia Agropecuaria*, 1(34), 64–90.
- Villanueva, 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 pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8891a036-26db-479e-91bd-f4f3ee242eb3/content>
- Villanueva, N. A., Villanueva, R. R. (2020). *El Biochar como enmienda para suelos agrícolas: Propiedades y efectos; Revisión Sistemática* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/74266/Villanueva_MNA-Villanueva_MRR-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Zanor, A., López-Pérez, M. E., Martínez-Yáñez, R., Ramírez-Santoyo, L. F., Gutiérrez-Vargas, S., León-Galván, M. F. (2018). Mejoramiento de las propiedades físicas y químicas de un suelo agrícola mezclado con lombricompostas de dos efluentes de biodigestor. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 19(4), 1–10. <https://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v19n4/1405-7743-iit-19-04-e036.pdf>

ANEXOS

Tabla 17. Evaluación de altura de los plántones de cacao a los 30 días

Repet.	Plantas	Evaluaciones de altura (cm), a los 30 días									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
R1	P ₁	19,00	21,00	22,50	19,50	22,00	23,00	18,50	19,00	20,50	21,00
	P ₂	18,00	22,00	20,50	21,50	21,50	19,00	22,00	19,50	21,00	19,50
	P ₃	17,50	20,00	21,00	22,00	21,50	20,00	20,00	20,00	22,00	22,50
	P ₄	16,50	22,50	19,50	22,00	21,50	21,00	22,00	20,00	21,00	20,00
	P ₅	17,80	21,50	21,00	19,50	21,00	21,50	18,40	20,50	19,50	20,00
	P ₆	17,50	18,50	23,00	19,00	20,50	20,00	20,20	19,50	19,50	19,50
R2	P ₁	21,00	21,60	19,00	20,50	18,50	22,00	19,80	22,00	19,00	21,50
	P ₂	19,00	20,00	17,00	19,00	19,50	19,50	20,50	20,00	19,50	19,70
	P ₃	20,00	20,50	19,00	16,50	16,00	20,50	18,40	9,00	21,50	18,00
	P ₄	21,00	19,00	19,00	20,00	17,50	21,50	19,80	20,00	19,00	21,50
	P ₅	20,00	17,50	18,70	18,00	16,70	19,50	21,00	18,50	20,00	22,50
	P ₆	20,00	19,00	21,00	17,00	17,50	19,50	18,50	18,50	21,00	18,00
R3	P ₁	15,00	18,50	18,50	22,00	17,50	18,00	21,50	19,50	20,00	20,00
	P ₂	14,50	17,50	20,50	19,00	16,00	21,50	20,00	21,50	23,00	19,50
	P ₃	16,00	17,50	18,00	17,50	16,50	20,00	21,50	18,50	19,50	18,50
	P ₄	17,00	19,00	18,50	21,50	18,50	19,00	21,50	19,50	22,00	22,00
	P ₅	17,00	17,50	17,50	18,50	16,00	20,50	21,00	18,00	23,00	21,00
	P ₆	17,50	17,50	20,00	20,50	17,50	21,00	19,50	19,20	23,00	19,50
R4	P ₁	17,80	20,50	21,00	18,50	18,00	19,00	18,50	19,50	19,50	20,50
	P ₂	18,00	20,00	20,50	16,50	17,00	19,50	17,50	20,50	20,00	23,00
	P ₃	22,00	20,00	21,50	20,00	16,00	18,00	17,50	21,00	22,00	23,00
	P ₄	20,60	21,50	21,50	18,00	18,00	21,00	17,50	20,50	20,00	19,50
	P ₅	19,50	20,50	19,00	16,00	16,50	18,00	19,00	20,50	21,00	20,00
	P ₆	19,90	18,50	21,00	16,50	17,00	16,50	18,00	20,50	19,00	20,50

Tabla 18. Evaluación de altura de los plántones de cacao a los 60 días

Repet.	Plantas	Evaluaciones de altura (cm), a los 60 días									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
R1	P ₁	20,50	22,00	24,30	20,60	24,50	26,70	21,00	23,80	22,20	26,00
	P ₂	19,00	25,00	22,00	24,50	22,00	23,50	24,00	23,20	27,70	23,40
	P ₃	19,50	22,50	24,00	29,00	22,30	21,00	21,50	25,00	27,70	31,50
	P ₄	17,50	24,00	21,50	27,60	23,00	27,60	24,80	24,50	24,00	25,00
	P ₅	18,50	22,50	24,60	25,60	22,50	30,00	22,00	22,60	23,60	24,00
	P ₆	18,30	23,00	25,50	19,00	23,00	23,00	21,50	22,40	25,00	21,70
R2	P ₁	26,50	21,30	24,70	22,60	20,50	27,60	22,00	26,00	22,20	24,20
	P ₂	23,50	21,70	19,60	18,60	22,80	25,80	24,00	24,00	26,00	23,80
	P ₃	25,40	22,00	22,00	19,50	17,00	21,80	21,00	23,00	24,40	20,40
	P ₄	21,00	20,60	19,40	21,30	19,70	24,70	21,00	23,50	24,00	25,00
	P ₅	22,50	19,00	19,40	20,50	18,60	24,60	25,00	21,00	24,00	26,00
	P ₆	24,50	9,70	25,30	19,80	20,00	22,00	24,70	20,30	22,50	20,50
R3	P ₁	17,00	22,60	19,50	21,70	20,00	19,00	23,60	29,40	24,80	21,00
	P ₂	15,70	22,40	25,50	22,80	19,40	26,00	25,30	23,00	26,20	19,50
	P ₃	18,70	22,40	19,00	19,70	18,90	22,00	23,70	20,50	21,00	19,00
	P ₄	18,40	29,60	20,40	27,00	20,60	26,40	23,70	22,80	24,60	22,00
	P ₅	17,40	27,90	18,70	22,50	16,60	27,60	22,80	19,20	26,50	19,50
	P ₆	19,10	20,20	21,30	22,70	23,30	27,70	21,40	22,40	26,60	19,00
R4	P ₁	20,50	22,00	23,40	28,40	19,00	22,50	20,90	22,30	20,60	24,60
	P ₂	19,00	25,40	24,00	19,50	19,40	22,50	21,20	22,70	20,60	26,50
	P ₃	26,00	22,50	23,80	26,70	17,40	24,00	18,50	26,80	23,00	25,80
	P ₄	22,60	26,70	22,50	22,80	19,20	28,00	18,50	26,60	26,60	24,20
	P ₅	20,60	24,80	20,50	18,30	17,60	22,30	23,00	23,20	24,70	25,00
	P ₆	21,00	24,40	22,80	19,40	19,20	19,30	19,60	22,00	25,60	24,30

Tabla 19. Evaluación de altura de los plantones de cacao a los 90 días

Repet.	Plantas	Evaluaciones de altura (cm), a los 90 días									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
R1	P ₁	23,70	31,60	29,00	24,60	26,70	35,50	28,50	29,00	28,50	29,40
	P ₂	23,00	34,60	25,60	32,10	23,50	33,40	27,70	28,20	34,00	30,50
	P ₃	27,50	30,50	30,00	35,40	26,70	29,80	25,70	34,00	32,20	34,70
	P ₄	17,70	29,90	24,70	34,00	24,50	32,00	33,40	30,50	29,60	28,70
	P ₅	21,40	29,40	29,00	35,30	27,60	32,30	28,50	28,60	28,60	31,00
	P ₆	21,00	32,00	36,70	23,00	25,90	26,60	30,50	27,00	34,80	25,80
R2	P ₁	35,00	30,00	28,60	26,00	24,00	32,00	24,70	29,00	25,20	27,00
	P ₂	24,00	29,00	23,00	23,00	28,00	29,30	33,00	29,00	31,00	29,00
	P ₃	34,30	25,00	30,00	19,00	18,60	23,00	34,30	33,00	27,70	23,00
	P ₄	31,00	24,60	20,00	23,30	20,00	36,00	27,50	28,00	29,80	31,00
	P ₅	28,50	24,60	21,60	28,00	25,50	33,00	27,00	30,00	29,00	36,00
	P ₆	28,00	19,00	33,00	23,00	23,00	32,50	31,00	30,00	24,00	25,00
R3	P ₁	24,00	22,00	21,70	32,00	27,70	21,00	26,30	30,00	31,00	25,12
	P ₂	18,40	26,60	35,70	27,20	24,00	30,50	34,80	33,80	30,00	30,00
	P ₃	26,00	31,00	21,30	27,20	20,00	27,00	30,00	28,00	28,20	25,00
	P ₄	22,00	26,00	21,40	30,50	29,00	27,40	29,60	30,00	24,00	34,00
	P ₅	20,00	23,00	23,70	20,30	21,50	33,00	28,20	32,50	35,30	31,00
	P ₆	20,00	26,00	29,70	27,20	22,00	35,00	27,80	32,30	32,60	24,00
R4	P ₁	29,00	24,70	25,50	20,50	29,00	29,00	26,00	30,00	22,00	27,00
	P ₂	22,60	31,00	34,60	30,50	30,00	29,00	29,00	28,40	22,90	36,50
	P ₃	27,60	27,50	27,70	24,00	26,00	31,00	21,60	44,00	27,50	33,00
	P ₄	28,70	39,50	26,00	24,00	22,00	33,00	21,20	34,80	31,30	35,00
	P ₅	25,40	30,50	21,40	23,80	22,00	26,00	27,00	29,00	30,50	31,00
	P ₆	25,20	30,50	28,00	30,00	23,40	26,00	23,00	29,00	29,00	30,60

Tabla 20. Evaluación de altura de los plantones de cacao a los 120 días

Repet.	Plantas	Evaluaciones de altura (cm), a los 120 días									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
R1	P ₁	27,00	33,30	33,00	37,50	29,00	40,00	31,00	32,50	30,50	31,30
	P ₂	32,00	39,00	30,00	35,00	26,00	36,60	32,50	29,50	38,00	35,00
	P ₃	34,60	34,00	33,50	36,00	30,50	33,50	30,50	36,00	33,50	38,00
	P ₄	24,40	31,00	28,00	34,50	26,40	44,40	34,00	35,00	32,00	31,50
	P ₅	26,00	32,00	33,30	36,50	29,70	34,00	31,00	33,00	31,00	33,00
	P ₆	24,00	33,00	40,80	25,50	28,00	29,20	34,00	30,50	38,00	28,00
R2	P ₁	38,10	33,50	31,00	30,00	25,50	35,60	26,00	31,60	31,80	29,00
	P ₂	28,50	34,00	26,60	26,00	28,30	29,50	36,40	32,70	33,00	35,70
	P ₃	37,00	36,00	34,00	21,00	20,00	24,00	25,50	33,60	28,40	23,50
	P ₄	37,60	30,00	25,30	25,40	26,00	29,00	35,00	29,40	32,00	36,00
	P ₅	31,00	27,00	24,50	30,00	28,00	34,00	31,00	34,30	32,00	37,20
	P ₆	31,00	25,30	36,00	26,00	25,00	34,00	34,60	32,40	26,50	32,20
R3	P ₁	28,00	29,80	25,50	33,00	29,00	24,00	27,00	43,00	33,00	25,00
	P ₂	22,60	31,00	39,40	35,00	26,30	32,80	39,50	35,00	34,00	27,60
	P ₃	30,50	29,00	24,00	29,60	29,00	29,70	32,00	29,50	30,50	35,00
	P ₄	24,00	35,00	25,50	33,00	32,40	35,00	32,00	35,00	37,00	30,50
	P ₅	23,00	36,00	31,00	35,00	24,00	38,60	30,50	24,00	39,30	26,40
	P ₆	22,00	7,00	32,00	41,00	22,00	37,60	31,60	38,00	36,20	33,50
R4	P ₁	30,60	27,40	45,00	24,00	30,30	29,50	27,00	31,00	27,00	30,00
	P ₂	28,20	36,00	29,00	32,40	31,60	31,50	33,60	31,00	26,50	40,50
	P ₃	32,70	36,30	28,40	28,00	27,40	33,10	23,40	45,40	28,00	33,80
	P ₄	30,30	41,00	30,00	38,00	25,60	34,60	25,00	36,00	35,00	37,60
	P ₅	28,50	32,00	28,00	37,00	32,60	28,00	32,00	34,00	31,50	35,00
	P ₆	30,50	34,00	30,20	32,40	26,70	29,00	24,40	31,00	30,80	33,00

Tabla 21. Evaluación de altura de los plantones de cacao a los 150 días

Repet.	Plantas	Evaluaciones de altura (cm), a los 150 días									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
R1	P ₁	32,00	34,00	40,00	40,00	46,00	31,00	42,00	40,00	46,00	47,00
	P ₂	28,00	36,00	35,00	47,00	40,00	26,00	42,00	42,00	48,50	46,50
	P ₃	32,00	35,50	39,00	44,50	45,60	26,00	42,00	46,00	41,50	43,00
	P ₄	27,00	35,00	34,00	39,00	45,00	27,00	41,00	47,00	47,00	48,00
	P ₅	27,00	35,00	46,00	46,00	45,00	25,50	41,50	40,40	43,50	46,00
	P ₆	32,00	38,00	46,00	41,00	44,00	28,00	42,00	41,00	45,00	48,00
R2	P ₁	24,00	40,40	41,00	42,00	42,50	32,00	35,00	44,00	42,00	46,00
	P ₂	23,00	38,50	43,70	44,00	48,00	27,00	35,00	43,50	41,00	47,00
	P ₃	27,00	40,30	43,50	45,00	44,00	30,50	31,50	41,50	40,00	47,00
	P ₄	27,00	42,00	44,00	42,00	48,60	32,40	34,50	40,00	41,70	49,00
	P ₅	30,00	41,80	40,40	46,50	48,00	28,00	30,00	40,00	39,00	42,00
	P ₆	26,00	39,50	40,00	47,00	49,00	30,00	34,00	44,00	40,00	45,50
R3	P ₁	30,00	30,50	36,00	38,00	49,00	34,60	33,40	49,00	39,00	54,50
	P ₂	31,00	30,60	39,00	40,00	43,00	31,00	34,70	48,00	40,20	54,30
	P ₃	32,00	32,40	34,00	43,40	42,00	32,00	33,50	47,00	38,30	53,00
	P ₄	31,00	34,50	38,00	39,80	45,00	31,00	33,50	45,60	42,00	52,20
	P ₅	30,00	34,50	38,00	41,00	50,00	31,00	39,70	41,00	43,00	55,00
	P ₆	30,00	34,00	37,00	40,00	48,00	32,60	38,40	46,00	40,00	54,80
R4	P ₁	27,00	45,00	48,50	40,00	50,00	34,00	38,00	49,00	42,00	44,50
	P ₂	32,00	46,50	45,00	40,00	49,00	32,00	38,00	42,00	46,00	47,90
	P ₃	28,00	43,00	49,00	34,00	41,00	29,00	38,70	44,00	41,00	45,50
	P ₄	28,00	41,00	51,00	39,00	48,00	27,00	38,00	47,50	39,50	49,00
	P ₅	29,00	40,40	43,00	42,00	48,00	30,50	38,00	49,00	44,00	45,00
	P ₆	27,00	39,00	40,00	45,00	53,00	27,00	38,00	47,00	45,00	45,40

Tabla 22. Evaluación del diámetro de tallo de los plantones de cacao a los 30 días

Repet.	Plantas	Evaluaciones del diámetro de tallo (mm), a los 30 días									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
R1	P ₁	3,48	4,00	3,25	3,54	3,57	4,11	4,14	4,28	4,36	4,44
	P ₂	3,22	3,38	3,77	3,83	3,56	4,14	4,19	4,13	4,02	3,56
	P ₃	3,30	3,75	3,80	4,00	3,70	4,02	4,05	4,09	4,68	4,02
	P ₄	3,50	3,80	3,34	4,00	3,79	4,02	3,82	4,16	3,81	4,20
	P ₅	3,40	3,50	3,67	3,82	3,66	4,34	3,53	4,38	4,14	3,71
	P ₆	3,22	3,70	3,68	3,96	3,53	3,82	3,96	4,23	3,64	4,08
R2	P ₁	3,78	4,40	3,76	4,03	3,79	4,06	3,23	4,28	4,02	4,50
	P ₂	3,85	4,08	3,42	4,00	3,94	4,19	3,18	4,04	3,86	3,90
	P ₃	3,60	4,13	4,14	3,59	3,85	4,82	3,65	3,96	3,65	3,82
	P ₄	3,48	3,66	4,00	4,00	3,62	4,58	3,87	3,55	4,16	4,48
	P ₅	3,66	3,48	4,00	3,76	3,40	4,16	4,85	4,27	3,91	4,14
	P ₆	3,75	3,82	3,60	3,83	3,39	4,73	4,27	4,12	3,75	4,10
R3	P ₁	3,47	3,45	3,83	3,81	3,62	4,09	3,95	4,00	3,62	3,52
	P ₂	3,07	3,86	3,80	3,97	3,55	4,24	3,56	3,91	3,35	4,00
	P ₃	3,26	3,65	3,90	3,75	3,24	4,50	4,51	4,10	4,06	4,00
	P ₄	3,71	3,65	3,75	3,93	3,65	3,50	3,84	4,19	3,97	3,78
	P ₅	3,58	3,65	3,40	3,35	3,36	3,73	4,20	3,60	3,90	4,32
	P ₆	4,13	3,87	3,60	3,79	3,67	3,86	3,68	4,06	3,90	3,72
R4	P ₁	3,85	3,89	3,81	3,95	4,04	4,15	3,84	3,78	3,90	3,08
	P ₂	2,43	3,90	4,20	3,44	4,08	3,75	4,01	4,16	4,36	4,07
	P ₃	3,43	3,52	4,35	4,18	3,65	3,60	4,29	3,69	4,17	3,85
	P ₄	3,64	3,78	4,01	4,09	3,48	4,20	4,10	4,09	4,05	4,00
	P ₅	3,65	3,87	3,78	3,28	3,93	4,06	4,02	4,09	4,94	4,18
	P ₆	4,11	3,95	3,75	3,84	3,71	3,95	4,65	4,05	4,11	3,91

Tabla 23. Evaluación del diámetro de tallo de los plantones de cacao a los 60 días

Repet.	Plantas	Evaluaciones del diámetro de tallo (mm), a los 60 días									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
R1	P ₁	4,83	6,00	5,05	4,90	4,85	5,78	5,42	5,55	5,52	5,67
	P ₂	4,48	5,10	5,44	5,60	4,70	5,05	5,77	5,56	5,37	4,70
	P ₃	4,29	5,55	4,81	5,55	5,36	5,24	5,55	5,23	5,63	5,78
	P ₄	4,88	5,91	4,63	5,17	5,26	5,00	4,95	5,27	4,91	5,63
	P ₅	4,61	5,22	4,42	5,10	5,09	6,07	4,92	5,33	5,38	5,22
	P ₆	4,16	5,28	4,68	5,23	5,06	5,68	4,92	5,15	4,95	5,54
R2	P ₁	5,00	5,40	4,50	5,62	5,31	6,76	5,28	5,88	5,00	6,00
	P ₂	5,88	4,62	4,88	5,00	5,42	5,15	5,56	5,18	5,84	5,15
	P ₃	5,00	4,99	5,21	4,85	5,00	6,68	5,21	5,29	6,73	5,00
	P ₄	5,61	5,93	5,21	5,50	5,44	5,80	5,36	5,00	5,27	6,20
	P ₅	5,68	5,04	5,56	5,46	4,60	5,19	6,00	5,38	5,58	5,42
	P ₆	4,78	5,01	5,55	4,93	4,50	5,88	5,21	5,53	5,44	5,02
R3	P ₁	4,84	4,50	4,90	5,75	4,42	5,28	5,32	5,45	4,80	4,71
	P ₂	4,60	5,00	4,74	5,34	5,19	6,21	4,78	5,52	4,00	5,00
	P ₃	4,75	4,71	5,35	5,30	3,84	5,55	5,20	5,24	4,92	5,09
	P ₄	5,12	4,93	4,39	5,41	5,41	4,59	5,01	5,33	5,55	4,85
	P ₅	4,49	5,64	5,20	4,93	4,62	4,51	5,88	4,89	5,13	4,55
	P ₆	5,75	5,80	5,09	5,55	5,23	5,83	4,45	4,96	5,37	4,56
R4	P ₁	5,57	5,59	5,41	4,89	5,31	5,27	5,50	5,44	5,48	5,35
	P ₂	5,88	5,66	4,75	4,90	5,17	5,03	5,08	5,20	5,17	5,77
	P ₃	6,00	4,93	5,58	6,26	4,69	4,72	5,78	5,22	5,05	5,88
	P ₄	5,02	5,51	5,23	5,02	4,66	5,15	5,26	5,41	5,12	4,70
	P ₅	5,55	5,70	5,70	4,65	4,67	5,13	4,99	5,38	5,05	6,38
	P ₆	4,72	5,42	6,00	4,84	4,79	4,89	5,16	5,64	5,38	4,84

Tabla 24. Evaluación del diámetro de tallo de los plantones de cacao a los 90 días

Repet.	Plantas	Evaluaciones del diámetro de tallo (mm), a los 90 días									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
R1	P ₁	6,69	6,64	5,40	5,58	6,74	6,72	6,13	6,21	6,65	6,44
	P ₂	5,05	5,83	6,23	6,17	6,12	6,22	7,03	6,10	6,65	5,23
	P ₃	4,98	5,88	5,98	6,35	6,43	6,61	5,85	5,91	6,70	6,67
	P ₄	5,60	5,79	5,27	6,29	6,45	6,44	6,25	6,39	6,00	6,42
	P ₅	5,19	5,63	5,79	6,08	6,28	6,98	6,35	6,91	6,49	5,99
	P ₆	5,02	6,17	5,91	6,05	6,80	7,35	6,09	5,70	6,00	6,24
R2	P ₁	5,88	6,04	5,88	6,36	5,81	5,56	5,22	6,31	6,28	5,55
	P ₂	5,50	5,50	6,17	6,54	7,57	5,48	5,50	6,82	5,65	4,69
	P ₃	4,88	6,08	5,62	6,60	6,29	5,20	5,64	5,88	6,37	5,32
	P ₄	5,75	6,62	5,82	6,44	5,37	5,51	5,98	5,56	5,99	6,03
	P ₅	6,49	6,01	6,06	6,89	5,48	6,00	5,90	5,52	5,50	5,44
	P ₆	5,88	7,59	7,00	5,52	6,63	5,63	5,14	5,87	6,00	5,97
R3	P ₁	6,27	5,66	6,47	6,24	7,57	6,74	6,17	6,02	6,08	6,20
	P ₂	6,08	6,12	6,54	6,79	5,72	6,01	6,26	5,54	5,64	6,42
	P ₃	5,67	6,74	5,97	6,13	6,84	5,71	5,75	6,04	6,36	6,32
	P ₄	7,02	5,52	5,11	7,00	6,68	5,70	6,27	5,87	5,74	5,51
	P ₅	6,17	5,80	6,49	7,43	6,16	5,81	5,79	5,84	6,44	6,00
	P ₆	5,70	6,48	6,62	5,75	6,86	4,50	5,76	6,09	5,85	6,31
R4	P ₁	6,51	5,74	5,59	5,82	6,22	5,74	6,20	5,80	5,73	5,55
	P ₂	5,90	5,98	6,17	5,48	5,44	6,73	5,81	5,87	5,17	6,49
	P ₃	6,03	6,36	6,16	5,06	5,68	5,83	5,83	5,81	6,63	6,74
	P ₄	5,50	5,82	6,26	5,64	4,95	6,04	6,23	5,73	5,54	5,48
	P ₅	6,40	6,49	5,50	5,91	5,70	5,96	6,01	5,97	7,75	7,31
	P ₆	6,33	5,66	6,14	5,62	5,23	5,52	6,95	6,11	5,30	5,28

Tabla 25. Evaluación del diámetro de tallo de los plantones de cacao a los 120 días

Repet.	Plantas	Evaluaciones del diámetro de tallo (mm), a los 120 días									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
R1	P ₁	6,08	6,71	6,70	5,84	6,36	8,03	6,58	8,09	7,08	7,69
	P ₂	5,72	6,55	6,45	7,56	6,58	7,38	7,90	7,62	7,08	6,77
	P ₃	5,13	6,90	6,20	7,45	7,09	7,58	677,00	7,15	6,95	7,15
	P ₄	6,03	6,61	5,65	7,09	6,75	6,33	7,72	7,59	6,56	7,13
	P ₅	5,63	6,21	6,44	6,59	7,28	7,76	743,00	7,78	7,37	7,60
	P ₆	5,52	7,01	6,58	6,67	749,00	7,86	6,70	7,10	7,08	7,41
R2	P ₁	6,68	6,39	7,58	7,21	7,43	7,62	7,58	7,73	7,11	7,65
	P ₂	6,06	6,86	6,29	6,99	7,56	7,01	7,09	7,65	6,79	6,17
	P ₃	6,05	6,30	6,79	6,41	6,72	7,65	7,06	7,77	8,10	6,39
	P ₄	6,85	7,16	6,12	6,46	6,15	7,59	8,26	7,77	6,87	7,32
	P ₅	7,66	7,72	6,72	6,75	6,90	7,66	7,70	6,59	6,60	6,62
	P ₆	7,06	5,88	7,53	6,42	5,90	8,05	6,81	7,55	6,71	6,97
R3	P ₁	6,06	6,28	6,83	6,21	5,95	6,58	6,93	6,85	7,45	6,55
	P ₂	5,47	5,90	7,15	6,45	6,68	7,47	5,96	7,37	6,80	6,14
	P ₃	6,21	5,93	6,64	6,65	6,19	7,36	7,74	7,38	7,12	6,24
	P ₄	6,51	6,29	5,57	6,65	5,90	7,21	7,32	7,28	6,93	6,80
	P ₅	6,43	6,30	6,75	5,82	6,23	6,06	7,77	7,60	6,80	7,54
	P ₆	6,83	675,00	7,30	7,21	6,80	7,06	4,48	8,00	7,68	7,44
R4	P ₁	8,33	6,92	6,48	6,62	7,62	7,10	7,83	7,77	6,60	6,45
	P ₂	6,97	7,41	7,11	7,15	5,88	7,63	7,68	6,28	5,58	7,65
	P ₃	7,55	6,65	6,58	6,49	7,01	6,92	6,67	7,74	8,11	7,49
	P ₄	7,03	7,70	6,48	6,64	6,03	6,82	6,20	6,25	6,47	7,30
	P ₅	8,40	7,00	6,51	6,90	6,34	6,99	7,51	6,83	7,25	8,55
	P ₆	7,52	7,33	7,30	7,69	6,36	5,95	8,34	7,47	7,35	5,87

Tabla 26. Evaluación del diámetro de tallo de los plantones de cacao a los 150 días

Repet.	Plantas	Evaluaciones del diámetro de tallo (mm), a los 150 días									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
R1	P ₁	5,82	7,58	8,52	7,84	8,97	7,47	5,70	9,34	8,66	9,67
	P ₂	6,13	7,21	9,35	7,62	8,56	7,89	8,54	8,63	9,49	9,40
	P ₃	6,19	8,23	8,11	7,93	9,16	7,55	8,31	9,26	8,43	8,61
	P ₄	6,88	7,66	8,93	7,09	8,40	7,08	8,30	8,22	7,70	9,94
	P ₅	7,44	8,26	8,77	8,41	8,51	7,31	7,95	7,90	7,88	9,75
	P ₆	7,01	7,68	7,64	8,46	9,87	8,76	8,05	8,70	8,12	8,30
R2	P ₁	9,75	8,47	9,27	7,70	9,03	9,52	8,24	9,13	9,72	9,95
	P ₂	8,06	7,66	8,02	8,88	8,79	7,12	6,45	8,96	8,00	8,41
	P ₃	7,45	7,07	8,79	7,78	8,55	7,16	7,10	9,00	7,56	9,97
	P ₄	6,20	7,72	7,79	8,80	9,97	6,05	8,50	8,77	9,80	9,03
	P ₅	8,63	8,07	8,21	7,76	9,54	7,64	8,81	8,51	7,52	9,47
	P ₆	6,72	8,12	9,98	6,92	8,41	9,35	8,25	8,22	8,56	9,98
R3	P ₁	8,15	7,72	8,51	8,29	8,71	6,09	7,75	8,35	8,44	8,48
	P ₂	6,97	8,84	7,39	7,48	8,79	7,31	8,25	8,62	7,19	9,09
	P ₃	7,34	7,53	7,52	7,83	9,09	7,21	7,53	8,82	8,79	8,39
	P ₄	7,84	6,89	8,55	8,08	9,96	8,81	7,61	8,49	8,70	9,03
	P ₅	7,50	7,73	9,44	8,35	7,56	8,66	7,97	8,70	9,25	9,99
	P ₆	7,56	8,00	8,68	8,74	8,60	8,44	7,79	9,30	7,63	8,80
R4	P ₁	9,16	7,42	8,25	8,80	9,00	8,56	9,38	9,58	8,37	8,87
	P ₂	7,52	8,14	7,74	9,28	9,05	8,86	7,70	8,85	8,71	8,98
	P ₃	7,56	7,79	9,06	9,12	8,68	8,23	9,20	7,78	9,03	9,85
	P ₄	6,45	8,65	8,56	8,28	9,05	8,53	6,92	8,38	7,77	8,60
	P ₅	7,54	8,36	8,80	8,67	9,33	6,00	8,79	8,30	7,74	9,30
	P ₆	8,09	9,05	8,81	6,48	7,27	8,57	8,06	9,48	9,21	9,87

Tabla 27. Evaluación del número de hojas de los plantones de cacao a los 30 días

Repet.	Plantas	Evaluaciones del número de hojas a los 30 días									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
R1	P ₁	4	7	6	7	7	6	5	6	4	6
	P ₂	4	6	6	7	7	6	5	6	6	5
	P ₃	4	6	6	5	7	6	6	6	7	5
	P ₄	4	7	5	6	6	6	5	5	6	6
	P ₅	5	6	5	5	7	5	5	5	5	6
	P ₆	5	4	5	6	7	5	6	5	6	6
R2	P ₁	7	5	6	7	7	5	6	4	5	6
	P ₂	6	6	6	7	7	7	7	5	5	6
	P ₃	6	5	6	5	6	5	5	5	6	4
	P ₄	6	6	7	7	5	6	7	6	7	6
	P ₅	6	6	6	7	5	5	6	6	7	4
	P ₆	6	6	6	6	6	6	7	6	6	6
R3	P ₁	6	6	6	6	5	5	7	5	5	5
	P ₂	6	6	6	7	5	7	6	5	4	5
	P ₃	5	6	6	6	5	6	7	6	6	6
	P ₄	5	6	7	6	5	6	6	6	7	6
	P ₅	6	6	5	5	4	6	7	6	5	5
	P ₆	6	6	7	7	5	7	6	6	5	4
R4	P ₁	6	6	7	6	6	6	5	6	6	6
	P ₂	5	6	7	6	6	7	6	6	5	6
	P ₃	6	6	7	7	5	5	6	6	6	6
	P ₄	7	7	6	6	7	5	7	5	6	6
	P ₅	6	5	7	6	6	5	6	5	6	6
	P ₆	7	6	7	5	5	6	7	6	6	5

Tabla 28. Evaluación del número de hojas de los plantones de cacao a los 60 días

Repet.	Plantas	Evaluaciones del número de hojas a los 60 días									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
R1	P ₁	6	8	6	8	10	9	7	10	8	9
	P ₂	5	6	7	8	9	9	8	8	9	8
	P ₃	5	7	8	10	9	8	6	9	11	10
	P ₄	5	9	5	9	10	10	8	9	8	9
	P ₅	5	6	8	9	10	9	7	8	8	9
	P ₆	6	5	8	8	10	9	7	5	8	9
R2	P ₁	10	7	9	8	9	7	10	6	7	7
	P ₂	9	8	8	9	9	10	10	7	8	7
	P ₃	8	7	9	9	6	7	8	8	9	5
	P ₄	9	7	7	9	7	9	8	7	12	7
	P ₅	6	7	9	10	7	7	10	8	9	7
	P ₆	9	8	8	8	7	8	10	9	6	7
R3	P ₁	6	6	9	7	8	7	10	9	7	10
	P ₂	6	7	7	7	6	8	7	10	7	9
	P ₃	6	6	8	7	8	10	9	6	9	8
	P ₄	9	9	7	7	7	9	10	6	8	8
	P ₅	7	9	6	8	4	7	9	6	6	8
	P ₆	7	5	9	8	5	7	7	9	8	9
R4	P ₁	8	9	8	8	9	8	8	8	7	8
	P ₂	7	9	10	7	9	10	8	8	5	8
	P ₃	9	9	7	10	7	8	8	8	8	8
	P ₄	8	9	8	9	8	8	9	8	9	8
	P ₅	8	7	7	9	6	9	6	7	10	10
	P ₆	9	7	7	9	9	9	10	8	10	7

Tabla 29. Evaluación del número de hojas de los plantones de cacao a los 90 días

Repet.	Plantas	Evaluaciones del número de hojas a los 90 días									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
R1	P ₁	10	14	10	15	11	13	12	14	13	15
	P ₂	8	11	9	13	9	13	11	14	13	12
	P ₃	9	13	11	16	11	11	10	14	16	13
	P ₄	6	13	10	13	4	10	12	15	13	13
	P ₅	9	9	10	16	15	12	10	11	9	14
	P ₆	9	13	10	11	13	12	13	11	11	12
R2	P ₁	17	12	12	13	14	11	13	12	11	11
	P ₂	10	13	9	13	15	14	14	9	15	11
	P ₃	10	10	12	10	8	11	12	14	13	6
	P ₄	14	13	8	14	5	13	12	12	15	13
	P ₅	13	11	12	16	12	11	10	11	11	14
	P ₆	12	7	11	10	9	13	14	13	6	11
R3	P ₁	10	12	11	15	11	10	13	13	10	7
	P ₂	9	13	12	12	10	8	15	11	9	11
	P ₃	10	11	13	11	8	14	13	11	11	10
	P ₄	13	9	11	11	13	13	13	13	12	13
	P ₅	10	13	14	10	12	15	11	13	10	12
	P ₆	14	12	13	10	14	11	11	8	11	12
R4	P ₁	15	14	13	9	15	13	14	10	13	10
	P ₂	10	13	13	13	13	12	12	12	12	11
	P ₃	11	15	10	10	14	11	11	14	11	13
	P ₄	13	15	10	11	11	12	13	14	15	14
	P ₅	11	16	11	10	12	12	10	10	15	13
	P ₆	12	13	12	16	9	12	11	13	14	11

Tabla 30. Evaluación del número de hojas de los plantones de cacao a los 120 días

Repet.	Plantas	Evaluaciones del número de hojas a los 120 días									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
R1	P ₁	11	14	12	19	11	14	13	16	13	16
	P ₂	10	15	11	13	11	15	16	15	16	15
	P ₃	11	15	13	16	16	13	14	17	14	16
	P ₄	10	14	12	11	11	18	13	17	15	17
	P ₅	12	15	12	16	19	12	12	14	11	12
	P ₆	12	10	13	15	14	16	16	12	14	13
R2	P ₁	18	14	13	17	17	14	14	15	11	20
	P ₂	14	16	10	15	12	17	15	11	21	14
	P ₃	12	12	14	10	11	18	13	14	13	11
	P ₄	13	16	11	12	12	15	20	12	14	16
	P ₅	12	13	14	13	12	11	13	13	13	16
	P ₆	14	13	16	14	10	16	19	16	10	16
R3	P ₁	15	15	14	19	15	13	15	17	13	12
	P ₂	13	12	12	17	14	19	20	14	14	11
	P ₃	13	13	14	15	14	15	18	18	14	13
	P ₄	16	13	15	15	13	13	15	13	15	14
	P ₅	14	14	18	12	11	20	16	16	14	12
	P ₆	15	13	14	12	12	16	16	12	14	14
R4	P ₁	14	16	16	10	13	14	16	10	15	12
	P ₂	12	15	15	14	17	14	16	13	18	10
	P ₃	13	14	12	13	10	13	18	14	16	13
	P ₄	17	16	12	10	12	13	14	15	21	16
	P ₅	15	12	15	14	14	14	11	12	14	13
	P ₆	14	16	15	16	12	13	15	13	14	13

Tabla 31. Evaluación del número de hojas de los plantones de cacao a los 150 días

Repet.	Plantas	Evaluaciones del número de hojas a los 150 días									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
R1	P ₁	8	15	22	15	23	16	17	19	19	19
	P ₂	11	18	20	21	19	15	15	23	22	23
	P ₃	24	18	24	22	22	16	16	20	20	23
	P ₄	11	16	20	21	18	15	19	22	21	22
	P ₅	24	15	18	18	21	17	20	18	15	22
	P ₆	18	20	14	18	20	17	21	20	18	16
R2	P ₁	16	19	17	20	17	25	20	21	23	17
	P ₂	15	18	23	17	19	20	21	22	16	26
	P ₃	15	14	15	20	18	15	11	18	20	22
	P ₄	21	15	26	16	21	11	20	16	17	24
	P ₅	17	16	17	17	19	15	19	23	16	15
	P ₆	11	24	16	21	25	12	15	17	21	19
R3	P ₁	16	18	20	16	19	19	16	20	25	22
	P ₂	13	15	18	17	16	16	20	18	13	21
	P ₃	16	19	15	20	20	16	17	18	19	20
	P ₄	14	13	20	18	18	19	18	18	22	24
	P ₅	10	19	24	21	26	16	16	21	18	24
	P ₆	18	17	17	16	22	11	16	21	16	20
R4	P ₁	19	15	23	17	11	17	18	20	22	19
	P ₂	14	14	18	13	22	18	17	21	22	23
	P ₃	17	19	26	16	19	16	23	17	13	25
	P ₄	14	19	21	25	20	16	11	16	15	22
	P ₅	18	19	13	20	21	18	16	21	21	20
	P ₆	17	17	17	19	27	15	19	23	20	25

Tabla 32. Evaluación de la longitud de raíces de los plantones de cacao a los 150 días

Repet.	Plantas	Evaluaciones de longitud de raíces (cm), a los 150 días									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
R1	P ₁	17,20	19,00	19,00	19,70	20,40	16,00	18,80	26,00	15,70	26,00
	P ₂	14,30	13,60	21,80	17,90	25,70	15,50	17,10	13,80	22,50	21,80
	P ₃	15,00	15,00	21,50	17,90	20,40	16,00	17,10	26,00	22,50	21,80
	P ₄	16,20	19,15	19,15	20,45	21,40	15,71	18,75	26,76	15,71	26,76
	P ₅	15,29	14,46	21,99	17,09	26,24	15,71	16,12	14,74	22,01	21,99
	P ₆	15,65	15,65	21,97	17,09	21,40	15,71	16,12	26,76	22,01	21,99
R2	P ₁	18,20	17,80	26,30	19,00	37,70	14,60	12,60	35,40	21,00	20,00
	P ₂	14,70	16,00	18,50	18,50	22,80	18,00	21,50	17,40	20,80	35,00
	P ₃	13,50	17,80	20,00	18,00	21,00	16,00	20,00	19,00	20,80	30,00
	P ₄	17,60	16,93	27,22	19,15	37,70	15,49	12,63	34,65	21,84	20,91
	P ₅	15,55	15,71	18,16	18,16	22,08	17,25	21,97	16,41	21,73	34,57
	P ₆	14,30	16,93	20,91	17,25	21,84	15,71	20,91	19,15	21,73	29,01
R3	P ₁	12,00	14,20	14,00	21,50	22,50	13,50	18,00	17,00	18,50	18,50
	P ₂	13,10	17,80	22,00	15,50	25,40	17,80	17,50	25,50	23,00	27,20
	P ₃	13,10	13,50	22,00	17,20	25,40	13,50	17,50	17,00	17,00	27,20
	P ₄	11,46	15,20	14,99	21,97	22,01	14,30	17,25	16,04	18,16	18,16
	P ₅	13,61	16,93	21,99	15,71	25,66	16,93	16,52	25,86	22,15	28,08
	P ₆	13,61	14,30	21,99	16,20	25,66	14,30	16,52	16,04	16,04	28,08
R4	P ₁	14,20	21,20	20,40	18,10	25,00	15,60	17,40	24,50	16,60	27,00
	P ₂	16,10	14,00	19,00	23,00	26,10	17,60	18,30	20,80	21,00	29,00
	P ₃	16,10	16,00	20,00	17,00	24,00	15,00	21,00	20,80	20,00	25,00
	P ₄	15,20	21,91	21,40	17,42	24,87	15,71	16,41	23,91	15,82	27,96
	P ₅	15,72	14,99	19,15	22,15	26,92	16,65	17,78	21,73	21,84	28,34
	P ₆	15,72	15,71	20,91	16,04	23,09	15,65	21,84	21,73	20,91	24,87

Tabla 33. Evaluación del volumen de raíces de los plántones de cacao a los 150 días

Repet.	Plantas	Evaluaciones del volumen de raíces (cm ³) a los 150 días									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
R1	P ₁	44,08	55,48	75,68	64,41	71,41	48,75	64,28	80,70	68,08	80,71
	P ₂	44,08	62,55	68,48	71,41	81,41	47,55	57,63	71,02	80,68	71,08
	P ₃	44,08	48,55	68,48	64,41	71,41	48,08	64,28	61,02	68,08	80,71
	P ₄	44,95	56,52	69,81	82,65	82,27	55,81	61,65	59,70	59,68	71,95
	P ₅	44,95	67,56	52,69	80,28	82,27	50,01	46,81	50,72	68,95	59,71
	P ₆	44,95	56,52	69,52	65,28	72,28	48,95	65,21	72,05	59,68	71,95
R2	P ₁	46,08	57,55	51,69	65,75	71,41	41,49	62,95	84,70	67,95	72,02
	P ₂	50,08	41,85	68,08	82,64	82,28	48,48	70,63	70,48	68,53	75,71
	P ₃	55,08	58,41	75,68	64,41	71,41	41,49	63,08	70,48	68,08	72,02
	P ₄	41,64	56,81	70,14	68,24	82,72	50,28	73,64	52,71	73,68	73,05
	P ₅	46,41	55,57	59,68	65,21	80,70	52,48	63,95	71,52	69,34	81,70
	P ₆	41,64	57,55	69,81	65,28	72,28	50,28	59,63	71,52	86,95	73,05
R3	P ₁	44,08	56,68	68,75	63,08	80,72	44,58	63,08	80,70	69,41	71,08
	P ₂	45,15	68,56	75,68	70,88	71,41	48,62	60,08	57,70	68,08	73,75
	P ₃	40,75	56,68	68,75	59,88	80,72	50,08	59,80	70,08	80,68	75,73
	P ₄	44,95	63,57	70,81	63,95	72,41	48,95	63,95	59,70	70,28	71,95
	P ₅	41,46	70,36	81,00	54,94	82,72	47,67	59,63	81,71	59,68	73,42
	P ₆	45,81	57,36	69,81	64,94	72,41	48,95	60,95	70,95	86,95	80,42
R4	P ₁	35,64	56,15	57,71	64,41	70,75	50,75	64,41	70,62	68,35	82,41
	P ₂	45,02	48,75	70,75	65,75	75,70	40,75	70,08	75,70	68,88	72,41
	P ₃	40,02	57,48	69,41	80,65	70,75	57,70	65,08	70,75	75,68	80,50
	P ₄	42,64	41,57	65,40	65,28	81,70	42,50	65,28	71,67	69,34	82,73
	P ₅	50,46	75,42	70,42	65,42	85,40	48,40	56,41	81,71	80,94	80,70
	P ₆	46,05	57,42	60,70	65,41	71,81	50,42	65,41	71,81	69,81	73,28

Tabla 34. Evaluación del peso fresco de raíces de los plántones de cacao a los 150 días

Repet.	Plantas	Evaluaciones del peso fresco de raíces (g) a los 150 días									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
R1	P ₁	7,70	15,60	17,30	13,30	21,10	9,50	15,50	11,20	14,10	16,10
	P ₂	12,10	9,20	14,60	13,40	15,50	12,50	11,80	20,10	14,40	21,20
	P ₃	7,70	10,50	14,60	13,40	21,10	9,50	11,80	20,10	14,10	21,20
	P ₄	8,69	15,71	16,30	13,97	21,88	9,42	15,71	10,22	15,10	15,72
	P ₅	11,65	9,42	15,49	14,14	15,71	12,43	11,11	21,05	15,37	21,91
	P ₆	8,69	9,62	15,49	14,14	21,88	9,42	11,11	21,05	15,10	21,91
R2	P ₁	10,10	11,90	19,80	19,10	28,40	13,00	14,00	22,70	22,30	24,90
	P ₂	11,10	13,50	19,80	16,00	19,30	9,60	11,00	23,00	13,90	24,60
	P ₃	11,10	12,50	19,80	17,50	23,40	10,00	13,00	22,80	22,30	23,50
	P ₄	9,47	11,28	20,61	19,35	28,27	13,42	14,99	22,05	22,00	24,67
	P ₅	10,11	14,30	20,61	15,71	19,74	9,43	10,00	22,15	14,87	24,09
	P ₆	10,11	12,43	20,61	16,52	22,41	9,46	13,42	22,08	22,00	22,50
R3	P ₁	9,50	16,30	15,50	11,20	10,50	13,90	16,50	21,60	21,20	28,10
	P ₂	12,90	11,80	18,00	19,30	30,20	10,80	8,90	20,00	13,80	21,40
	P ₃	10,40	11,80	18,00	15,50	30,20	11,20	16,50	20,00	13,80	28,10
	P ₄	9,42	15,74	15,71	10,22	9,62	14,87	15,79	21,98	21,91	28,27
	P ₅	13,23	11,11	17,25	19,74	29,26	9,82	9,40	20,91	14,74	21,96
	P ₆	9,57	11,11	17,25	15,71	29,26	10,22	15,79	20,91	14,74	28,27
R4	P ₁	11,40	13,30	29,10	28,80	30,30	14,20	21,30	15,50	21,40	28,60
	P ₂	14,70	19,40	18,50	16,60	19,90	15,60	17,90	26,70	19,30	31,10
	P ₃	12,80	17,60	17,80	16,60	23,70	16,40	20,30	26,00	20,20	29,60
	P ₄	10,48	13,97	28,37	28,30	29,40	15,20	21,94	15,71	21,96	28,28
	P ₅	15,55	19,92	18,16	15,82	20,77	15,71	17,09	27,70	19,74	30,79
	P ₆	13,03	16,65	16,93	15,82	22,71	15,76	21,29	26,76	21,18	28,63

Tabla 35. Evaluación del peso seco de raíces de los plantones de cacao a los 150 días

Repet.	Plantas	Evaluaciones del peso seco de raíces (g) a los 150 días									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
R1	P ₁	2,70	4,50	5,00	3,60	6,50	2,70	3,70	3,70	4,60	5,70
	P ₂	3,90	2,50	4,50	4,30	5,30	4,50	3,80	6,40	3,90	7,30
	P ₃	2,70	3,80	4,50	3,60	6,50	2,70	3,80	6,40	3,90	7,30
	P ₄	2,27	5,48	5,96	4,04	6,28	2,27	4,23	4,23	5,59	6,25
	P ₅	4,59	1,90	5,48	5,22	6,13	5,48	4,41	6,28	4,59	6,45
	P ₆	2,27	4,41	5,48	4,04	6,28	2,27	4,41	6,28	4,59	6,45
R2	P ₁	4,60	4,70	6,70	5,90	9,40	4,30	3,80	7,10	7,00	11,10
	P ₂	3,00	3,50	6,90	5,00	6,60	3,60	4,50	7,30	4,60	5,10
	P ₃	3,50	3,50	6,00	5,50	6,40	3,30	4,20	7,00	7,00	5,10
	P ₄	5,59	5,70	6,30	6,27	9,38	5,22	4,41	6,37	6,34	12,09
	P ₅	2,86	3,85	6,32	5,96	6,29	4,04	5,48	6,45	5,59	6,03
	P ₆	3,85	3,85	6,28	6,21	6,28	3,46	5,07	6,34	6,34	6,03
R3	P ₁	3,00	5,40	3,80	3,40	2,80	4,70	5,00	6,70	6,40	8,40
	P ₂	4,10	3,50	6,60	5,50	8,90	3,50	2,50	5,70	4,10	5,80
	P ₃	4,00	3,50	5,50	5,50	8,50	3,90	5,00	5,50	4,10	8,40
	P ₄	2,86	6,17	4,41	3,66	2,47	5,70	5,96	6,30	6,28	7,55
	P ₅	4,92	3,85	6,29	6,21	8,40	3,85	1,90	6,25	4,92	6,26
	P ₆	4,76	3,85	6,21	6,21	7,70	4,59	5,96	6,21	4,92	7,55
R4	P ₁	3,40	3,60	8,30	6,10	9,30	3,90	8,30	4,80	6,20	9,90
	P ₂	4,10	5,50	5,90	5,50	5,50	4,90	4,40	8,60	5,70	10,10
	P ₃	3,90	6,50	6,50	5,30	6,90	4,50	4,40	8,50	6,00	10,00
	P ₄	3,66	4,04	7,40	6,28	9,18	4,59	7,40	5,80	6,28	10,36
	P ₅	4,92	6,21	6,27	6,21	6,21	5,88	5,35	7,87	6,25	10,73
	P ₆	4,59	6,28	6,28	6,13	6,32	5,48	5,35	7,70	6,28	10,54

Tabla 36. Evaluación del peso fresco foliar de los plantones de cacao a los 150 días

Repet.	Plantas	Evaluaciones del peso fresco foliar (g) a los 150 días									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
R1	P ₁	14,10	28,10	36,70	21,70	41,30	29,20	33,90	37,70	31,80	48,20
	P ₂	26,70	26,30	30,70	43,90	40,30	19,70	27,00	40,00	32,70	40,90
	P ₃	14,10	26,60	36,70	21,70	40,30	19,70	29,00	40,00	31,80	48,10
	P ₄	13,10	27,93	37,54	21,41	41,74	30,00	33,29	37,70	31,43	49,08
	P ₅	25,70	25,38	31,36	43,98	39,79	18,95	26,04	39,25	31,74	40,96
	P ₆	13,10	25,61	37,54	21,41	39,79	18,95	29,66	39,25	31,43	48,93
R2	P ₁	25,50	39,90	57,20	46,00	61,20	27,30	40,20	49,30	53,20	64,20
	P ₂	26,50	29,60	50,90	29,60	56,40	46,60	31,30	56,70	50,70	80,60
	P ₃	25,50	35,00	50,90	46,00	50,00	30,80	39,00	56,00	51,00	80,00
	P ₄	25,14	39,09	56,59	45,10	62,20	26,47	39,60	50,12	52,99	63,22
	P ₅	25,52	30,57	50,31	30,57	56,55	46,10	31,42	56,55	50,28	81,48
	P ₆	25,14	35,43	50,31	45,10	50,26	31,38	38,04	56,52	50,33	80,99
R3	P ₁	36,00	28,70	46,70	34,60	46,10	50,00	29,60	35,30	33,50	21,80
	P ₂	21,00	33,40	36,40	36,40	48,80	20,60	40,40	51,20	43,60	64,80
	P ₃	21,50	33,40	46,50	34,60	48,80	20,60	29,60	45,50	40,50	60,90
	P ₄	36,99	29,11	46,29	34,64	45,25	50,26	30,57	35,98	32,63	21,61
	P ₅	20,16	32,48	37,36	37,36	49,79	19,62	39,97	50,40	43,97	63,88
	P ₆	21,03	32,48	45,92	34,64	49,79	19,62	30,57	44,50	40,17	61,84
R4	P ₁	26,90	40,20	43,50	43,80	58,60	32,90	39,10	33,70	51,80	72,60
	P ₂	36,50	37,20	49,60	37,80	47,20	39,00	40,50	54,00	44,40	44,20
	P ₃	36,50	37,20	42,00	40,00	50,00	36,00	40,00	50,00	40,00	43,00
	P ₄	25,92	39,60	43,96	43,98	57,71	31,90	38,11	32,94	50,80	72,94
	P ₅	37,43	37,68	50,22	37,70	47,28	38,04	40,17	54,56	43,99	43,98
	P ₆	37,43	37,68	42,92	39,25	50,26	36,99	39,25	50,26	39,25	43,83

Tabla 37. Evaluación del peso seco foliar de los plantones de cacao a los 150 días

Repet.	Plantas	Evaluaciones del peso seco de raíces (g) a los 150 días									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
R1	P ₁	8,40	12,60	11,20	9,90	14,30	9,90	12,20	12,10	8,20	18,20
	P ₂	9,70	6,60	12,30	11,50	16,20	8,90	10,10	16,10	15,00	14,60
	P ₃	9,50	10,60	12,70	11,00	12,50	9,20	10,00	14,40	12,20	14,50
	P ₄	7,88	13,60	11,40	9,01	14,14	9,01	13,13	12,99	7,86	19,00
	P ₅	8,74	7,55	13,26	11,98	15,32	8,03	9,32	15,18	14,24	14,15
	P ₆	8,50	10,21	13,69	11,00	13,50	8,23	9,16	14,14	13,13	14,15
R2	P ₁	10,60	13,80	18,50	16,90	15,90	10,30	16,10	18,10	19,40	19,80
	P ₂	10,80	10,20	13,90	12,50	18,50	11,40	10,50	17,40	12,50	24,80
	P ₃	10,70	10,50	15,00	16,80	18,40	10,50	14,00	16,50	13,00	20,50
	P ₄	10,21	14,13	19,44	16,53	14,92	9,66	15,18	18,83	20,25	20,38
	P ₅	10,61	9,49	14,13	13,50	19,44	11,79	10,02	17,52	13,50	25,75
	P ₆	10,41	10,02	14,24	16,34	19,30	10,02	14,14	15,80	13,91	20,42
R3	P ₁	14,90	10,30	12,70	16,00	7,20	11,30	17,60	16,00	11,30	16,10
	P ₂	8,00	13,50	15,10	11,70	23,50	9,80	10,20	14,00	16,20	16,60
	P ₃	9,90	12,00	14,00	12,00	13,00	11,40	10,50	14,00	14,30	16,50
	P ₄	14,21	9,66	13,69	15,04	7,81	11,60	17,92	15,04	11,60	15,18
	P ₅	7,85	14,09	14,28	12,35	23,44	8,87	9,49	14,14	15,32	15,97
	P ₆	9,01	12,84	14,14	12,84	13,91	11,79	10,02	14,14	14,14	15,80
R4	P ₁	7,60	16,00	13,10	14,40	18,30	11,00	13,50	11,90	12,50	25,30
	P ₂	12,70	11,00	16,40	12,60	15,60	12,80	11,80	20,40	14,00	15,00
	P ₃	10,50	11,90	15,00	12,00	17,00	12,50	13,00	15,40	14,80	17,90
	P ₄	7,85	15,04	13,96	14,14	19,15	11,00	14,09	12,69	13,50	26,29
	P ₅	13,69	11,00	15,63	13,60	14,61	13,77	12,52	20,42	14,14	14,24
	P ₆	10,02	12,69	14,24	12,84	16,72	13,50	13,91	14,45	14,18	18,48

**Figura 26.** Semillas de dos variedades de cacao: a. Clon CMP-15 y b. Clon CCN-51



Figura 27. Llenado de bolsas para el experimento



Figura 28. Semillas: a. selección de semillas germinadas y a. Siembra de semillas en las bolsas



Figura 29. Semillas sembradas en proceso de crecimiento.



Figura 30. Visita del asesor (M. Sc. Giannfranco Egoávil Jump) al campo experimental



Figura 31. Evaluación de la altura de plantones de cacao



Figura 32. Evaluación del diámetro de tallo de plantones de cacao



Figura 33. Evaluación del número de hojas de plántones de cacao



Figura 34. Control de malezas



Figura 35. Riego a los plántones de cacao



Figura 36. Preparación de la solución de bio estimulante: a. Medida del producto y b. Mezcla de la solución.



Figura 37. Aplicación del producto a los plantones de cacao



Figura 38. Supervisión al campo experimental del presidente Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano y asesor M. Sc. Giannfranco Egoávil Jump



ANÁLISIS DE SUELOS



1. DATOS

SOLICITANTE:	IVÁN FIGUEREDO SANGAMA	MUESTREADO POR:	IVÁN FIGUEREDO SANGAMA
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	18/10/2023
PROVINCIA:	LEONCIO PRADO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	19/10/2023
DISTRITO:	RUPA RUPA	FECHA DE REPORTE:	19/04/2024
CENTRO POBLADO:	TINGO MARÍA	RECIBO O FACTURA:	24021746
FUNDO:	VIVERO F.A.	OBSERVACION:	RESULTADO PARCIAL

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS CODIGO DEL LAB.	ANÁLISIS MECÁNICO				pH	CE dS/cm	M.O.	N	C	P		K	Ca	Mg	K	Na	AL	H	CICe	Bases Cambiables %	Acides Cambiable %	Saturación de aluminio %
		Arena	Arcilla	Limo	Clase textural						disponible												
		%	%	%							ppm	ppm											
1	S0392	33	38	29	Franco arcilloso	4,77	0,21	2,68	0,13	1,30	6,30	75,39	6,86	5,28	1,58	0,00	0,00	1,57	1,05	9,48	72,38	27,62	16,56

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.
Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
[Signature]
Mg. CLAUDIO MELTZER TRUJILLO
Profesor del nivel central de estudios de Suelo, Agua y Ecotoxicología



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
[Signature]
Dr. HUGO ALFREDO HUAMANÍ YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

Figura 39. Análisis de suelo inicial



ANÁLISIS DE SUELOS



1. DATOS

SOLICITANTE:	IVÁN FIGUEREDO SANGAMA	MUESTREO POR:	IVÁN FIGUEREDO SANGAMA
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	18/10/2023
PROVINCIA:	LEONCIO PRADO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	19/10/2023
DISTRITO:	RUPA RUPA	FECHA DE REPORTE:	19/04/2024
CENTRO POBLADO:	TINGO MARÍA	RECIBO O FACTURA:	24011748
FUNDO:	VIVERO F.A.	OBSERVACION:	RESULTADO PARCIAL

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS CODIGO DEL LAB.	ANÁLISIS MECÁNICO				pH 1:1	CE dS/cm 1:1	M.O. %	N %	C %	P K		CIC	Ca	Mg	K	Na	AL	H	CICe	Bases Cambiables	Acidos Cambiable	Saturación de aluminio
		Arena	Arcilla	Limo	Clase textural						disponible										%	%	%
		%	%	%							ppm	ppm											
1	S0492	36	35	29	Franco arcilloso	5,75	0,21	2,92	0,15	1,33	6,24	65,93	5,96	4,75	0,71	0,43	0,07	—	—	—	100,00	0,00	0,00
2	S0493	36	37	27	Franco arcilloso	6,27	0,26	2,93	0,15	1,50	8,65	104,93	6,00	4,79	0,70	0,40	0,11	—	—	—	100,00	0,00	0,00
3	S0494	36	35	29	Franco arcilloso	6,41	0,28	3,08	0,15	1,70	8,53	109,92	6,06	4,80	0,71	0,47	0,08	—	—	—	100,00	0,00	0,00
4	S0495	36	37	27	Franco arcilloso	6,57	0,32	3,49	0,17	2,66	7,46	117,43	5,11	4,34	0,35	0,34	0,08	—	—	—	100,00	0,00	0,00
5	S0496	43	33	24	Franco arcilloso	6,66	0,33	3,58	0,18	2,86	8,77	127,94	5,19	4,38	0,35	0,38	0,08	—	—	—	100,00	0,00	0,00
6	S0497	36	38	26	Franco arcilloso	5,97	0,21	2,94	0,15	1,87	6,30	70,44	5,69	4,52	0,70	0,37	0,10	—	—	—	100,00	0,00	0,00
7	S0498	36	37	27	Franco arcilloso	6,59	0,28	3,08	0,15	2,09	8,51	107,92	5,79	4,56	0,71	0,44	0,08	—	—	—	100,00	0,00	0,00
8	S0499	36	37	27	Franco arcilloso	6,63	0,28	3,35	0,17	2,36	8,48	108,44	5,96	4,78	0,72	0,38	0,08	—	—	—	100,00	0,00	0,00
9	S0500	36	37	27	Franco arcilloso	6,87	0,29	3,87	0,19	2,67	8,97	115,43	5,54	4,39	0,71	0,36	0,08	—	—	—	100,00	0,00	0,00
10	S0501	33	38	29	Franco arcilloso	6,93	0,30	3,88	0,19	2,90	9,50	117,97	5,39	4,05	1,08	0,19	0,07	—	—	—	100,00	0,00	0,00

Los Resultados presentados son válidos unicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.
 Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Tingo María

 Dr. CARLOS MELITÓN MESA TRUJILLO
 Profesor del Laboratorio de Suelos de Suelos, Agua y Ecotoxicología



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Tingo María

 Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
 Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

Figura 40. Análisis de suelo final