

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



**EFFECTO DE UNA ENMIENDA LIQUIDA EN EL CRECIMIENTO DE PLANTONES**  
**DE *Theobroma cacao* (CACAO) EN VIVERO, TINGO MARÍA**

**TESIS**

**Para optar el título de:**  
**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR**  
**EVA GUERRERO HERRERA**

**Asesor**  
**JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO**

**Tingo María – Perú**  
**2024**



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](mailto:fagro@unas.edu.pe).

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA  
CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Nº 012-2024-FA-UNAS

BACHILLER : EVA GUERRERO HERRERA

TÍTULO : "EFECTO DE UNA ENMIENDA LIQUIDA EN EL  
CRECIMIENTO DE PLANTONES DE *Theobroma cacao*  
(CACAO) EN VIVERO TINGO MARÍA"

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI

VOCAL : M.Sc. LUIS GERMAN MANSILLA MINAYA

VOCAL : M.Sc. JAIME JOSSEPH CHAVEZ MATIAS

ASESOR : Dr. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 10/06/2024

HORA DE SUSTENTACIÓN : 10:00 A.M.

LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA AUDIVISUAL DE LA F.A

CALIFICATIVO : BUENO

RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 12 DE JUNIO DEL 2024

.....  
Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI  
PRESIDENTE

.....  
M.Sc. LUIS GERMAN MANSILLA MINAYA  
VOCAL

.....  
M.Sc. JAIME JOSSEPH CHAVEZ MATIAS  
VOCAL

.....  
Dr. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO  
ASESOR



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 330 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación 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% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Agronomía

Tipo de documento:

Tesis  - X Trabajo de Suficiencia Profesional

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EFFECTO DE UNA ENMIENDA LIQUIDA EN EL CRECIMIENTO DE PLANTONES DE <i>Theobroma cacao</i> (CACAO) EN VIVERO, TINGO MARÍA	EVA GUERRERO HERRERA	<b>22 %</b> <b>Veintidós</b>

Tingo María, 21 de noviembre de 2024

  
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN  
-----  
Dr. Tomas Menacho Mallqui  
JEFE  
C.C. Archivo

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



**EFFECTO DE UNA ENMIENDA LIQUIDA EN EL CRECIMIENTO DE PLANTONES  
DE *Theobroma cacao* (CACAO) EN VIVERO, TINGO MARÍA**

**Autor** : Eva Guerrero Herrera

**Asesor** : Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano

**Área de Investigación** : Suelos y fertilizantes

**Línea (s) de Investigación** : Fertilidad, clasificación, biología, manejo y conservación de suelos

**Eje temático de investigación** : Enmienda orgánica líquida en cacao

**Lugar de Ejecución** : Vivero de la Facultad de Agronomía - UNAS

**Duración** : 7 meses

**Financiamiento** : 4 897,00 soles

**Tingo María – Perú. Setiembre, 2024**

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

#### REGISTRO DE TESIS

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva  
Facultad : Facultad de Agronomía  
Proyecto de Tesis : Efecto de una enmienda líquida en el crecimiento de  
plantones de *Theobroma cacao* (Cacao) en vivero, Tingo  
María

Autor : Eva Guerrero Herrera  
DNI : 47925758  
Correo : eva.guerrero@unas.edu.pe  
Asesor : Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano

Escuela Profesional : Agronomía  
Area de Investigación : Suelos y fertilizantes  
Línea (s) de Investigación : Fertilidad, clasificación, biología, manejo y conservación  
de suelos  
Eje temático de investigación : Enmienda orgánica líquida en cacao  
Lugar de Ejecución : Vivero de la Facultad de Agronomía - UNAS  
Duración : 7 meses  
Fecha de Inicio : Enero del 2020  
Término : Julio del 2020  
Financiamiento : 4 005,10 soles  
FEDU : No  
Propio : Si  
Otros : No

**Tingo María – Perú. Setiembre 2024.**

## **DEDICATORIA**

A Dios quien me da fortaleza, me guía por el buen camino, para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban.

A mis padres, por ser un ejemplo para mí, por su apoyo constante y su inmenso cariño.

A mis queridos hermanos, por su cariño y apoyo moral.

## **AGRADECIMIENTO**

- A La Universidad Nacional Agraria de la Selva y a todo el personal que la conforman, por su apoyo y confianza, en especial a los docentes de la Facultad de Agronomía que contribuyeron en mi formación profesional.
- Al Dr. José Wilfredo Zavala Solorzano en calidad de asesor, por la revisión académica de redacción, por sus enseñanzas, consejos sugerencias, apoyo académico científica, así como en la supervisión de la tesis. Por el apoyo en la redacción según las normas de redacción.
- A Los miembros del jurado, Dr. Hugo Huamani Yupanqui en su calidad de presidente, al M.Sc. Jaime Joseph Chávez Matías e M.Sc. Luis Mansilla Minaya por sus recomendaciones y sugerencias en la ejecución y labor del informe de tesis.

## ÍNDICE GENERAL

Página

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	Generalidades del cultivo de cacao.....	3
2.1.1.	Origen .....	3
2.1.2.	Requerimientos de clima y altura .....	3
2.1.3.	Requerimientos de suelo.....	4
2.1.3.1.	Características físicas del suelo.....	4
2.1.3.2.	Características químicas del suelo .....	4
2.1.3.3.	Características biológicas del suelo .....	5
2.2.	Propagación sexual .....	5
2.2.1.	Selección de árboles élités.....	5
2.2.2.	Selección del fruto o mazorca .....	5
2.2.3.	Selección de las semillas .....	6
2.2.4.	Preparación y tratamiento de la semilla.....	6
2.3.	Propagación asexual .....	6
2.4.	Clones del cacao .....	7
2.4.1.	CCN-51.....	7
2.4.2.	CMP-15 .....	8
2.5.	Enmienda orgánica líquida .....	9
2.5.1.	Importancia de las enmiendas orgánicas líquidas .....	10
2.5.2.	Efecto en las propiedades físicas y químicas del suelo.....	11
2.6.	Ficha técnica del producto a usar (AVIBIOL® “Enmienda orgánica líquida”).....	11
2.7.	Antecedentes del estudio .....	13
III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	16
3.1.	Lugar de ejecución.....	16
3.1.1.	Materiales, herramientas y equipos .....	16
3.1.2.	Análisis químico de suelo inicial.....	17
3.1.3.	Componentes en estudio.....	17

3.1.4.	Tratamientos .....	18
3.1.5.	Diseño experimental .....	18
3.1.6.	Análisis de varianza.....	19
3.1.7.	Características del campo experimental .....	19
3.1.8.	Croquis de experimento.....	20
3.1.9.	Metodología.....	20
3.1.9.1.	Extracción de la tierra y preparación de sustrato .....	20
3.1.9.2.	Llenado y acomodo de las bolsas.....	21
3.1.9.3.	Obtención y pre germinado de las semillas .....	21
3.1.9.4.	Siembra de las semillas en las bolsas.....	21
3.1.9.5.	Aplicación de la enmienda orgánica líquida (AVIBIOL) .....	22
3.1.9.6.	Labores culturales .....	22
3.1.10.	Variables registradas .....	22
3.1.10.1.	Altura, diámetro y número de hojas.....	22
3.1.10.2.	Peso fresco y peso seco.....	23
3.1.10.3.	Volumen de raíces.....	23
3.1.10.4.	Análisis de beneficio/costo (B/C) .....	23
3.1.10.5.	Análisis final del sustrato.....	23
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1.	Análisis físico químico del sustrato.....	25
4.2.	Altura de plántones de cacao .....	28
4.3.	Diámetro de tallo de plántones de cacao .....	34
4.4.	Número de hojas .....	38
4.5.	Peso fresco y seco de plántones.....	42
4.6.	Volumen de raíces de plántones de cacao .....	46
4.7.	Análisis económicos de los tratamientos .....	49
V.	CONCLUSIONES .....	52
VI.	PROPUESTAS A FUTURO .....	53
VII.	REFERENCIAS .....	54
	ANEXOS .....	66

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
1. Tratamiento en estudio.....	18
2. Esquema del análisis de varianza (ANVA).....	19
3. Análisis físico químico final de los sustratos de cada tratamiento.....	26
4. Cuadrado medio del análisis de varianza ( $\alpha = 0,05$ ) de la altura de plántones de cacao, evaluado a los 30, 60, 90 y 120 días .....	30
5. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) de la altura de plántones de cacao evaluado a los 30, 60, 90 y 120 días en dos cultivares de cacao.....	30
6. Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) de la altura de plántones de cacao evaluado a los 30, 60, 90 y 120 días por efecto de dosis de enmiendas orgánicas líquidas .....	30
7. Cuadrado medio del análisis de varianza ( $\alpha=0,05$ ) del diámetro de plántones de cacao, evaluado a los 30, 60, 90 y 120 días .....	35
8. Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) del diámetro de plántones de cacao evaluado a los 30, 60, 90 y 120 días en dos cultivares de cacao.....	35
9. Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) del diámetro de plántones de cacao evaluado a los 30, 60, 90 y 120 días por efecto de dosis de enmiendas orgánicas líquidas .....	35
10. Cuadrado medio del análisis de varianza ( $\alpha = 0,05$ ) del número de hojas de plántones de cacao evaluado a los 30, 60, 90 y 120 días.....	40
11. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) del número de hojas de plántones de cacao evaluado a los 30, 60, 90 y 120 días en dos cultivares de cacao.....	40
12. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) del número de hojas de plántones de cacao evaluado a los 30, 60, 90 y 120 días por efecto de dosis de enmiendas orgánicas líquidas..	40
13. Cuadrado medio del análisis de varianza ( $\alpha = 0,05$ ) del peso fresco y seco de plántones de cacao, evaluado a los 120 días .....	43
14. Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) del peso fresco y seco de plántones de cacao evaluado a los 120 días en dos cultivares de cacao .....	44
15. Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) del peso fresco y seco de plántones de cacao evaluado a los 120 días por efecto de dosis de enmiendas orgánicas líquidas .....	44
16. Análisis de varianza ( $\alpha = 0,05$ ) para volumen de raíces de plántones de cacao, evaluado a los 120 días después de la instalación.....	46
17. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para factorial principal dosis de enmiendas orgánicas líquidas evaluado a los 120 días después de la instalación. ....	47

18.	Análisis de beneficio y costo de la producción de dos cultivares de cacao por efecto de dosis de enmiendas orgánicas líquidas .....	50
19.	Altura de plántones a los 30 días de evaluación .....	67
20.	Altura de plántones a los 60 días de evaluación .....	67
21.	Altura de plántones a los 90 días de evaluación .....	68
22.	Altura de plántones a los 120 días de evaluación .....	68
23.	Diámetro de plántones a los 30 días de evaluación.....	69
24.	Diámetro de plántones a los 60 días de evaluación.....	69
25.	Diámetro de plántones a los 90 días de evaluación.....	70
26.	Diámetro de plántones a los 120 días de evaluación.....	70
27.	Número de hojas de plántones a los 30 días de evaluación .....	71
28.	Número de hojas de plántones a los 60 días de evaluación .....	71
29.	Número de hojas de plántones a los 90 días de evaluación .....	72
30.	Número de hojas de plántones a los 120 días de evaluación .....	72
31.	Peso fresco y seco de plántones de cacao. ....	73
32.	Peso fresco y seco de plántones de cacao. ....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Ubicación del campo experimental.....	16
2. Croquis de los tratamientos en estudio.....	20
3. Croquis de unidad experimental de un tratamiento.....	20
4. Líneas de tendencia de la altura de plántones de cacao por efecto de dosis de enmienda orgánica líquida a los 120 días después de la instalación en dos cultivares de cacao.....	32
5. Línea de tendencia del diámetro de plántones de cacao por efecto de dosis de enmienda orgánica líquida a los 120 días después de la instalación en dos cultivares de cacao.....	37
6. Línea de tendencia del número de hojas de plántones de cacao por efecto de dosis de enmienda orgánica líquida a los 120 días después de la instalación en dos cultivares de cacao .....	41
7. Líneas de tendencia de peso fresco y seco de plántones de cacao por efecto de dosis de enmienda orgánica líquida a los 120 días en dos cultivares de cacao .....	45
8. Volumen de raíces de plántones de cacao por efecto de dosis de enmienda orgánica líquida a los 120 días en dos cultivares de cacao .....	49
9. Llenado de bolsas.....	73
10. Siembra de semillas germinadas en bolsas .....	74
11. Evaluación de altura de plántones.....	74
12. Evaluación de diámetro de plántones.....	75
13. Visita de la tesis por el asesor. Dr. José W. Zavala Solórzano .....	75

## RESUMEN

El estudio llevado a cabo en el vivero "El Agrónomo" de la Facultad de Agronomía (UNAS) en Leoncio Prado - Huánuco - Perú, se centró en analizar el efecto de la enmienda orgánica líquida "Avibiol" en el desarrollo de plántones de cacao, empleando las variedades CMP-15 y CCN-51 y tres dosis de Avibiol (750, 1 500 y 3 000 mL). Se aplicó un diseño estadístico completamente al azar (DCA) con arreglo factorial de dos factores (A y B), con dos niveles en el factor A y cuatro en el factor B, generando ocho tratamientos en total, cada tratamiento se replicó tres veces, totalizando 24 unidades experimentales. Los resultados indicaron que la aplicación de Avibiol mejoró significativamente el contenido de nutrientes del suelo, destacándose la dosis de 3 000 mL que demostró un notable aumento en ambos cultivares de cacao, asimismo, esta dosis se asoció con un mayor crecimiento en altura, diámetro del tallo y número de hojas, especialmente en CMP-15, en relación al peso de los plántones y al volumen de raíces, nuevamente la dosis de 3 000 mL de Avibiol presentó los mejores resultados, beneficiando principalmente a CCN-51. Desde un punto de vista económico, los tratamientos T<sub>2</sub> y T<sub>6</sub> fueron los más rentables, con relaciones beneficio-costo de 1,82 y 2,13 soles respectivamente, resaltando una rentabilidad económica de utilizar Avibiol en el cultivo de cacao.

**Palabras claves:** Cultivares, Crecimiento, Rentabilidad, Sustrato

## ABSTRACT

The study conducted at the "El Agrónomo" nursery of the Faculty of Agronomy (UNAS) in Leoncio Prado - Huánuco - Peru, focused on analyzing the effect of the liquid organic amendment "Avibiol" on the development of cocoa seedlings, using the CMP-15 and CCN-51 varieties and three doses of Avibiol (750, 1 500, and 3 000 mL). A completely randomized statistical design (CRD) with a factorial arrangement of two factors (A and B) was applied, with two levels in factor A and four levels in factor B, resulting in eight treatments in total; each treatment was replicated three times, totaling 24 experimental units. The results indicated that the application of Avibiol significantly improved the soil nutrient content, with the 3,000 mL dose showing a notable increase in both cocoa cultivars. Additionally, this dose was associated with greater growth in height, stem diameter, and leaf number, especially in CMP-15. Regarding the weight of the seedlings and the volume of roots, once again the 3 000 mL dose of Avibiol showed the best results, benefiting mainly CCN-51. From an economic standpoint, treatments T<sub>2</sub> and T<sub>6</sub> were the most profitable, with benefit-cost ratios of 1,82 and 2,13 soles respectively, highlighting the economic viability of using Avibiol in cocoa cultivation.

**Keywords:** Cultivars, Growth, Profitability, Substrate

## I. INTRODUCCIÓN

La investigación de métodos sostenibles y eficaces para potenciar el crecimiento de los cultivos es una prioridad innegable en el ámbito agrícola. En este contexto, nos complace en presentar un estudio de investigación que se enfoca en la aplicación de dosis de una enmienda orgánica líquida en el desarrollo de plantones de dos clones de *Theobroma cacao* (cacao) en entorno de vivero. El objetivo primordial es impulsar el crecimiento y la fortaleza de los plantones de cacao al tiempo que se promueven prácticas respetuosas con el medio ambiente. Con esta investigación, se busca elevar la calidad y la productividad de un cultivo que es ampliamente valorado a nivel global.

El cacao ha adquirido una significativa importancia en Perú, generando oportunidades de empleo para las familias que se dedican a la agricultura en la región amazónica. Perú se destaca como uno de los principales productores de cacao fino y es el segundo mayor productor de cacao orgánico en el mundo. Además, el cacao se ha convertido en una alternativa valiosa a los cultivos ilícitos, en particular después del café, contribuyendo a los esfuerzos para reducir dichas prácticas ilegales. La Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas (DEVIDA) informa que se han recuperado tierras previamente utilizadas para el cultivo de coca, y se planea expandir aún más la producción de cacao. No obstante, es importante destacar que, a pesar de que Perú cuenta con 140 mil hectáreas plantadas de cacao según el censo agrario de 2012, no todas están actualmente en producción, lo que podría explicar el creciente enfoque en este cultivo.

Sin embargo, es crucial considerar el rendimiento actual, que se encuentra en un promedio de 800 kg/h. En líneas generales, la producción de plantones de cacao se lleva a cabo sin un manejo técnico adecuado y sin garantías de rendimiento, lo que hace imperativa la sustitución de estos plantones por ejemplares de alta calidad, vigorosos y libres de enfermedades. Por lo tanto, es esencial el enfoque en la etapa crítica de gestión de este cultivo en el vivero, con el propósito de obtener plantones de cacao que alcancen un crecimiento óptimo y aseguren una producción exitosa.

El núcleo central de esta tesis consistió en analizar el impacto de la enmienda orgánica líquida (Avibiol) en el desarrollo de plantones pertenecientes a dos clones de cacao a nivel de vivero, con el fin de minimizar al máximo la necesidad de utilizar productos químicos. En base a las consideraciones previamente mencionadas, se definieron los siguientes objetivos en el marco de esta investigación.

**Objetivo general**

Determinar el efecto de la aplicación de dosis de la enmienda orgánica líquida (Avibiol) en el crecimiento y obtención de plántones de cacao.

**Objetivos específicos**

1. Evaluar el contenido nutricional del sustrato por efecto de las dosis de enmienda orgánica
2. Determinar la mejor dosis que influye en el crecimiento y obtención de dos cultivares de plántones de cacao (altura, diámetro y número de hojas).
3. Evaluar el peso de plántones y volumen de raíces de dos cultivares de cacao por efecto de la enmienda orgánica líquida Avibiol.
4. Efectuar el análisis de rentabilidad o beneficio costo de los tratamientos en estudio.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Generalidades del cultivo de cacao

#### 2.1.1. Origen

El cacao, conocido científicamente como *Theobroma cacao* L., tiene una rica historia que se remonta a las civilizaciones antiguas de América del Sur. Su origen se encuentra en la cuenca alta del río Amazonas, en una región que engloba partes de Colombia, Ecuador y Perú. Fue en este lugar donde las civilizaciones precolombinas iniciaron el cultivo y consumo de cacao hace miles de años (Fernando et al., 2012). Este cultivo utilizó un papel esencial en la vida de estas culturas, incluyendo a los mayas y los aztecas en Centroamérica. Lo consideraron una bebida sagrada y lo emplearon en ceremonias religiosas y festivales. Los aztecas, en particular, eran conocidos por su aprecio por el cacao y preparaban una bebida densa y amarga llamada "chocolatl", que incluía cacao, chiles y otras especias (Ordoñez y El Salous, 2019). La llegada de Cristóbal Colón a América en 1492 marcó el inicio de un nuevo capítulo en la historia del cacao. Los conquistadores españoles, al descubrir el cacao, quedaron impresionados por su sabor y sus propiedades. Lo importaron a Europa, donde adaptaron la bebida añadiendo azúcar y vainilla para hacerla más agradable al paladar europeo. La popularidad del chocolate se expandió rápidamente por toda Europa y, con el tiempo, llegó a otras partes del mundo (Marroquín, 2011). El cacao se convirtió en un cultivo comercial significativo en las colonias europeas, especialmente en África, donde las condiciones climáticas eran ideales para su cultivo a gran escala. A medida que la demanda de chocolate creció en todo el mundo, el cultivo de cacao se expandió y se convirtió en un componente esencial de la industria alimentaria (Quintero et al., 2004).

En la actualidad, el cacao se cultiva en regiones tropicales de todo el mundo, y su procesamiento ha experimentado avances significativos. Se utiliza en una amplia variedad de productos, que van desde chocolates, bebidas calientes, hasta productos de repostería y artículos de belleza. La historia del cacao es un testimonio de cómo un cultivo nativo de América del Sur se convirtió en un fenómeno global que continúa siendo querido y apreciado en todo el mundo (Centro de Comercio Internacional UNCTAD/OMC, 2001).

#### 2.1.2. Requerimientos de clima y altura

El cacao, una planta de origen tropical, prospera óptimamente en altitudes que se extienden desde el nivel del mar hasta los 900 m. Su crecimiento se ha favorecido por temperaturas que oscilan entre 22 y 30 °C, con variaciones diurnas y nocturnas de menos de 9 °C. Condiciones climáticas extremas por encima de los 38° o por debajo de los 15° tienen un impacto negativo en la planta, las regiones que reciben entre 1 500 y 2 500 mm de lluvia

anualmente, con una distribución regular, resultan ideales para su cultivo, pero en áreas con menos precipitación y períodos de sequía prolongados, es necesario recurrir al riego. La humedad relativa del aire debe mantenerse en al menos el 70 – 80 %, y no es recomendable el cultivo en zonas ventosas, para lo cual se recomienda la plantación de barreras rompevientos con árboles frondosos (De La Cruz et al., s/a; Quiroz y Mestanza, 2012; Lutheran, 2013).

### **2.1.3. Requerimientos de suelo**

La productividad de las parcelas de cacao se encuentra estrechamente ligada a la calidad del suelo, que puede categorizarse en tres dimensiones fundamentales: características físicas, químicas y biológicas, las propiedades físicas, tales como la textura del suelo y su capacidad de retención de agua, son cruciales para garantizar un suministro adecuado de humedad, por otro lado, las características químicas, que abarcan aspectos como el pH del suelo, la disponibilidad de nutrientes y la posible presencia de elementos dañinos, ejercen una influencia significativa en la salud y el rendimiento del cacao, potencialmente demandando ajustes y aplicaciones de fertilizantes; finalmente, las características biológicas, incluyendo la vida microbiana en el suelo, desempeñan un papel vital en el procesamiento de materia orgánica y la liberación de nutrientes, subrayando la importancia de mantener un equilibrio saludable en el suelo para asegurar el éxito de la cosecha (De La Cruz et al., s/a; Quiroz y Mestanza, 2012; Lutheran, 2013).

#### **2.1.3.1. Características físicas del suelo**

Debe ser profundo, permitiendo que las raíces alcancen 1,5 m de profundidad, evitando capas compactas de arcilla que obstaculicen el flujo de aire y la penetración de raíces, se busca una textura media que equilibre la arena y la arcilla, las arcillas de colores pegajosos, como gris, azul, verde o amarillo, no son adecuadas, mientras que las arcillas negras con matices rojizos son beneficiosas al permitir la entrada de aire y contener materia orgánica, los suelos con capas profundas de arena no son adecuados debido a la falta de nutrientes y la rápida pérdida de agua en verano; un suelo óptimo para el cacao debe contar con un sistema de drenaje eficiente para evitar el encharcamiento (Lutheran, 2013).

#### **2.1.3.2. Características químicas del suelo**

Las características químicas del suelo son esenciales para su fertilidad, y se pueden modificar con abonos orgánicos o químicos para satisfacer las necesidades del cacao, que requieren una alta cantidad de nutrientes (Loli, 2012). El nitrógeno (N) es esencial para el desarrollo de troncos, ramas y hojas, pero un exceso puede perjudicar la producción de cacao. El fósforo (P) fortalece la resistencia de los plantones a plagas y sequías y contribuye al desarrollo de las raíces. El potasio (K) estimula la floración y el desarrollo de

las mazorcas y se encuentra en cenizas de leña y madera. Además, otros elementos secundarios y oligoelementos son necesarios en pequeñas cantidades para la salud de los plantones. Los abonos NPK minerales y orgánicos son esenciales para mantener el suelo adecuado para el cultivo sostenible de cacao (Lutheran, 2013).

### **2.1.3.3. Características biológicas del suelo**

La eficiencia productiva y la capacidad de mantener un cultivo de cacao a lo largo del tiempo están intrínsecamente vinculadas a la calidad del suelo y la presencia de organismos descomponedores en dicho suelo (Paredes, 2003). Estos microorganismos se nutren de la materia orgánica en análisis, convirtiéndola en nutrientes vitales que los plantones aprovechan para su crecimiento y producción (Pedraza et al., 2010). Los suelos que poseen un contenido más elevado de materia orgánica albergan una actividad biológica más intensa, lo que facilita el procesamiento de la materia orgánica recién caída y la formación de humus, liberando nutrientes esenciales que los plantones pueden absorber (Lutheran, 2013).

## **2.2. Propagación sexual**

La reproducción sexual del cacao es el método más común y sencillo y se basa en el uso de semillas seleccionadas de los árboles considerados los más destacados. Estos árboles se conocen como "árboles élite", "árboles madre" o "árboles productores de semillas" debido a sus excelentes atributos en términos de vigor, desarrollo, producción y su resistencia a enfermedades y plagas (Batista, 2009; Echeverri, 2013; Lutheran, 2013).

### **2.2.1. Selección de árboles élites**

Un árbol élite se caracteriza por su sólida estructura, incluyendo altura, tallo resistente, una horqueta bien definida y ramas principales fuertes; además, se espera que tenga al menos cinco años de producción continua y un rendimiento que se evalúa durante este período, considerándose excelente si produce más de 200 mazorcas al año (Estupiñán-Nieves y Montaña-Angulo, 2017). La resistencia a plagas y enfermedades es otra cualidad esencial. A través de observaciones y registros a lo largo de varios ciclos de desarrollo y producción, se verifica la escasa o nula incidencia de plagas y enfermedades en el árbol élite (Lutheran, 2013).

### **2.2.2. Selección del fruto o mazorca**

La selección de mazorcas para el cacao consiste en optar por las más grandes situadas en las ramas principales y que hayan alcanzado su plena madurez, la madurez se determina a través de cambios en la coloración, los cuales varían dependiendo del tipo de cacao en la región, en el caso de cacaos híbridos, se observa una variación de color más notable en comparación con los cacaos puros, como el Trinitario y el Criollo (Heredia-Gómez et al.,

2020). Las mazorcas pueden cambiar de morado a anaranjado o de verde a amarillo, y ocasionalmente, las mazorcas verdes pueden presentar pequeños puntos amarillos o volverse de color café oscuro cuando han alcanzado la madurez; además, se puede confirmar la madurez golpeando la mazorca; si emite un sonido hueco al hacerlo, se certifica que está lista para la recolección (Lutheran, 2013).

### **2.2.3. Selección de las semillas**

Para seleccionar las semillas, se eligen aquellas que son más grandes y robustas, que suelen estar ubicadas en la parte central de la mazorca, las semillas que se encuentran en los extremos de la mazorca, que a menudo son pequeñas y presentan defectos, se descartan (Lutheran, 2013).

### **2.2.4. Preparación y tratamiento de la semilla**

Una vez que se han elegido las semillas, se deben someter a un proceso específico: en primer lugar, se debe eliminar el mucílago o la sustancia gelatinosa que rodea cada semilla, lo cual se logra frotándolas entre las manos con cal o aserrín (Villa-Uvidia et al., 2020). Posteriormente, las semillas se desinfectan mediante el uso de un fungicida a base de cobre, como el caldo sulfocálcico, una vez que las semillas están limpias y desinfectadas, se mezclan con aserrín húmedo y se almacenan en bolsas de plástico, lo que da inicio al proceso de pregerminado, que comienza tres días después de haber sido empacadas (Lutheran, 2013).

## **2.3. Propagación asexual**

La reproducción asexual del cacao implica la utilización de tejidos vegetativos de plantones élite o clones, como yemas, ramas o estacas, para generar nuevos plantones de cacao (Camarena et al., 2012). El método más complejo aplicado en este proceso es el injerto; en el injerto, se aprovechan las cualidades de una planta cuidadosamente seleccionada por su alta productividad y calidad para que crezca sobre otra planta diferente, conocida como la planta base o patrón. Además de la productividad y calidad, se considera la capacidad de resistencia a condiciones físicas y enfermedades del suelo que deben tener los plantones base o patrón. La injertación se ha convertido en el método predominante de reproducción asexual del cacao, ya que busca obtener árboles que sean genéticamente idénticos al árbol del cual se obtuvo el tejido, lo que evita las amplias variaciones en el rendimiento que suelen presentarse en la propagación a través de semillas (Gárate et al., 2020). En este proceso, las yemas desempeñan un papel crucial, ya que son pequeños brotes que surgen en la base de las hojas y tienen la capacidad de replicar fielmente las características de la planta original (FAO, 2011; FEDECACAO, 2004; Lutheran, 2013).

## 2.4. Clones del cacao

### 2.4.1. CCN-51

El clon CCN-51 (Colección Castro Naranjal - número 51) fue desarrollado en Ecuador por el agrónomo Homero Castro a mediados del siglo XX como respuesta a los grandes desafíos que enfrentaba la industria del cacao en América Latina, especialmente debido a enfermedades devastadoras como la moniliasis del cacao (*Moniliophthora roreri*) y la pudrición negra (*Phytophthora palmivora*) que, a lo largo de las décadas de 1960 y 1970, provocaron pérdidas significativas en la producción afectando a agricultores y grandes productores; con el objetivo de crear un cacao con alto rendimiento, resistencia a enfermedades y adaptabilidad a diversas condiciones climáticas y de suelo, Castro llevó a cabo un extenso trabajo de hibridación y selección, resultando en la creación del clon CCN-51 que se ha convertido en una solución efectiva ante los problemas que afectaban al sector cacaotero (García, 2010; Gómez, 2017).

Este clon puede alcanzar rendimientos superiores a 2 toneladas por hectárea, destacándose como una opción rentable para los productores, gracias a su notable tolerancia a enfermedades como la Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) y la Escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*), lo que reduce las pérdidas y los costos de manejo fitosanitario (Parco et al., 2021). Su capacidad para adaptarse a diferentes climas y suelos, incluso aquellos con baja fertilidad, facilita su expansión en varias regiones cacaoteras, morfológicamente, el CCN-51 es un árbol vigoroso con buena estructura, que produce mazorcas grandes, de cáscara gruesa, pudiendo alcanzar hasta 100 granos en condiciones óptimas, y presenta una floración y fructificación continua, permitiendo múltiples cosechas anuales (Loli, 2012). Aunque su perfil de sabor puede ser más amargo y astringente, con notas ácidas que lo hacen menos valorado en el mercado de chocolates finos, su uso es común en la producción de cacao convencional, para alcanzar su máximo potencial productivo, el cultivo del CCN-51 requiere un manejo agronómico eficiente, incluyendo fertilización adecuada y poda, posicionándolo como una de las variedades más cultivadas por su combinación de alto rendimiento, resistencia y versatilidad (Florida et al., 2021).

Las semillas del clon CCN-51 presentan características distintivas en términos físicos y químicos que las diferencian de otras variedades de cacao, son de tamaño mediano a grande, con una longitud promedio de 2 a 2,5 cm, y su forma es elipsoidal u ovalada, con bordes ligeramente marcados. Su cotiledón de color púrpura intenso a violeta oscuro indica una alta concentración de antocianinas y compuestos fenólicos, que contribuyen a su perfil de sabor amargo y astringente, contienen entre un 50 % y 55 % de manteca de cacao, un contenido

elevado apreciado en la industria chocolatera, aunque con un perfil de sabor menos delicado que las variedades finas (Delgadillo, 2023), es conocido por su sabor fuerte, con notas amargas, astringentes y ácidas debido a su alto contenido de polifenoles, lo que lo hace menos apreciado en chocolates finos de aroma, pero ampliamente utilizado en chocolates convencionales y mezclas, además, estas semillas tienen una alta capacidad de fermentación, facilitando el desarrollo de sabores característicos del cacao, y un buen rendimiento en peso seco, con menor pérdida después del secado (Burga, 2016). Nutricionalmente, son ricas en proteínas, carbohidratos, minerales como magnesio, cobre, hierro y zinc, y antioxidantes naturales como polifenoles y flavonoides, que, aunque aportan beneficios para la salud, también contribuyen a su sabor amargo, las semillas de CCN-51 muestran una alta tasa de germinación y vigor inicial, facilitando su establecimiento en campo, y son tolerantes a suelos pobres y diversas condiciones climáticas, favoreciendo su adaptabilidad en diferentes regiones cacaoteras, lo que las convierte en una opción popular para la producción de cacao convencional y chocolates de mezcla (Yanasupo, 2021).

Se utilizan comúnmente para producir plantones que sirven como portainjertos para el injerto de otras variedades de cacao, gracias a sus características favorables, como su alta tasa de germinación y vigor inicial, que aseguran plantones fuertes y saludables, este clon es reconocido por su resistencia a enfermedades como la Moniliasis y la Escoba de bruja, proporcionando una base robusta para los injertos y aumentando la longevidad y el éxito de las plantas injertadas (Mendoza, 2013), es altamente adaptable a diversas condiciones climáticas y de suelo, lo que lo hace adecuado como portainjerto en diferentes regiones productoras de cacao, donde otras variedades podrían no prosperar igual de bien, su compatibilidad con múltiples variedades permite combinar su vigor y resistencia con las características deseadas del material injertado, como un mejor sabor o calidad de grano, convirtiéndolo en una opción estratégica para mejorar la productividad y resistencia de los cultivos de cacao (Acuña et al., 2020).

#### **2.4.2. CMP-15**

El VRAE-15 recibió su nombre por haber surgido en plantación de agricultor en la región de VRAE (Valle de los ríos Apurímac y Ene). Ha sido introducido en Huánuco y Ucayali también bajo el nombre CMP-15, pero este es genéticamente idéntico al VRAE-15 sugiriendo que se trata de una copia del mismo tomado posteriormente (Thomas et al., 2023). El material genético evaluado consistió de clones de cacao, pertenecientes a la Colección Mendis Paredes (CMP), colectados de Palmapampa / Ayacucho sembrados en el

fundo “Alborada” del distrito de Castillo Grande (Justo, 2019). El clon es una prometedora variedad de cacao tipo forastero, identificada en las principales áreas del VRAEM y seleccionada para un jardín clonal, este clon ha demostrado ser adaptable tanto a condiciones húmedas como secas de la selva, y se caracteriza por su mazorca que cambia de un tono rojizo durante la maduración a un color rojizo/naranja cuando está lista para la cosecha, después de la postcosecha, sus almendras pesan aproximadamente 1.3 gramos, clasificándose como de tamaño mediano, además, se considera que tiene una forma de semilla alargada (elíptica) y almendras aplanadas, con frutos grandes y moderadamente lisos, este clon es resistente a enfermedades como la moniliasis (*Moniliophthora roreri*), la escoba de bruja (*Crinipellis pernicioso*), y la pudrición parda (*Phytophthora palmivora*), plantado a una alta densidad de 2,5 metros por 1 m y bajo manejo adecuado, puede alcanzar un rendimiento de hasta 4 000 kg/ha, produciendo cacao fino de aroma (Angulo, 2020).

La caracterización morfológica de clones de cacao se basa en la identificación de características cualitativas y cuantitativas que permiten discriminar entre individuos, utilizando descriptores específicos como el color, forma y tamaño de la mazorca y la semilla, pigmentación floral y otros atributos morfológicos que son menos influenciados por el ambiente, como las flores y frutos (Prado, 2019).

## **2.5. Enmienda orgánica líquida**

Los beneficios de aplicar enmiendas orgánicas en la agricultura son ampliamente reconocidos a nivel global, aunque existe una escasez de estudios que aborden los contenidos nutricionales y la actividad biológica de estos fertilizantes orgánicos (Pérez, et al., 2008). Los microorganismos que residen en el suelo desempeñan un papel esencial en los ciclos de la mayoría de los nutrientes, con especial énfasis en el ciclo del carbono, nitrógeno, azufre y fósforo, en el caso del ciclo del carbono, estos microorganismos son responsables de la descomposición de residuos orgánicos y la degradación de compuestos orgánicos contaminantes presentes en el suelo, lo que a menudo requiere la aplicación de biofertilizantes como enmiendas orgánicas para estimular su actividad o repoblar el suelo. (Ros et al., 2010).

Según Brady y Weil (1999), el uso de enmiendas orgánicas, tal como se aplicó en los dos tratamientos durante tres años, contribuye a mejorar la estabilidad de los agregados del suelo, disminuyendo su plasticidad, cohesión y pegajosidad, lo que resulta en suelos más manejables y con una mayor capacidad de retención de agua; además, los ácidos húmicos presentes en las enmiendas orgánicas participan en el tratamiento de minerales del suelo,

acelerando la liberación de nutrientes esenciales, como cationes intercambiables. También influyen en la actividad biológica del suelo al proporcionar alimento a los organismos del mismo.

La materia orgánica del suelo se divide en tres fracciones: activa, lenta y pasiva, la fracción activa es crucial para la fertilidad del suelo, ya que al descomponerse libera minerales que los plantones utilizan como nutrientes, aunque esta fracción se descompone y volatiliza rápidamente, desempeña un papel fundamental; por otro lado, las fracciones lentas y pasivas son esenciales para la formación de agregados y la estructura del suelo, así como para la permeabilidad del agua. Estas fracciones proporcionan la base para el intercambio de cationes y aniones, así como el secuestro de carbono. En este proceso, los microorganismos descomponen los residuos de los plantones para generar humus, que actúa como un reservorio de nutrientes y agua, contribuyendo a la fertilidad y estabilidad del suelo (Sánchez, 2016).

### **2.5.1. Importancia de las enmiendas orgánicas líquidas**

Las enmiendas orgánicas son una herramienta esencial en la agricultura y la gestión de suelos, ya que proporcionan numerosos beneficios que influyen directamente en la calidad del suelo y la productividad de los cultivos, en primer lugar, su capacidad para retener una mayor cantidad de agua que las plantones pueden aprovechar es crucial en regiones con fluctuaciones de precipitación, esto garantiza que las plantones tengan acceso a la humedad necesaria durante períodos secos, lo que es especialmente importante para el crecimiento óptimo de los cultivos (Murillo-Montoya et al., 2020). Además, la mejora de la aireación del suelo en la zona de las raíces contribuye a una mejor estructuración del suelo, esto significa que el suelo es menos propenso a la compactación, lo que puede ocurrir debido al tránsito de maquinaria agrícola, la compactación del suelo puede ser perjudicial, ya que reduce la capacidad de retención de agua y dificulta el crecimiento de las raíces, lo que afecta negativamente la productividad del suelo (Alconada et al., 2015).

Otro beneficio importante es la promoción de un intercambio de calor más eficiente entre el suelo y la atmósfera. Esto fomenta la actividad biológica en el suelo y el reciclaje de micronutrientes, lo que a su vez mejora las características químicas y nutricionales del suelo. La actividad biológica es esencial para la descomposición de la materia orgánica y la liberación de nutrientes para los plantones (Rodríguez et al., 2019). También, la materia orgánica desempeña un papel fundamental en el equilibrio de los cuatro componentes físicos del suelo: temperatura, agua, aire y resistencia mecánica. Esto garantiza que el suelo tenga las condiciones adecuadas para el crecimiento de los plantones y la salud del suelo en general (Julca-Otiniano et al., 2006). Por último, las enmiendas orgánicas también impulsan un proceso de reactivación microbiológica. Esto involucra el reciclaje de micronutrientes, lo que en última instancia mejora la salud y la calidad del

suelo. En resumen, las enmiendas orgánicas son esenciales para mantener y mejorar la fertilidad y la sostenibilidad de los suelos agrícolas (FAO, 2000).

### **2.5.2. Efecto en las propiedades físicas y químicas del suelo**

Pueden tener un impacto significativo en las propiedades físicas y químicas del suelo; estas enmiendas son ricas en materia orgánica y microorganismos beneficiosos, lo que mejora la estructura del suelo al aumentar la agregación de partículas, promoviendo una mayor porosidad y capacidad de retención de agua, esto facilita la aireación del suelo y el desarrollo de raíces, lo que puede ser particularmente beneficioso en suelos compactados o con baja fertilidad (Julca-Otiniano et al., 2006). Aumentan el contenido de nutrientes disponibles, como nitrógeno, fósforo y potasio, debido a la descomposición de la materia orgánica y la actividad microbiana, también contribuyen a la mejora del pH del suelo, neutralizando suelos ácidos o alcalinos, y aumentan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), lo que permite que el suelo retenga más nutrientes esenciales y los haga disponibles para las plantas, además, estas enmiendas ayudan a reducir la lixiviación de nutrientes, mejorando así la eficiencia del uso de fertilizantes y reduciendo la necesidad de insumos químicos adicionales (Serantes, 2022).

Tienen un impacto positivo en las propiedades biológicas del suelo, estas enmiendas aportan una rica fuente de materia orgánica y microorganismos beneficiosos, como bacterias, hongos, y actinomicetos, que incrementan la actividad microbiana del suelo, esta actividad microbiana es esencial para la descomposición de la materia orgánica, liberando nutrientes esenciales que las plantas pueden absorber, como nitrógeno, fósforo y potasio (Murillo-Montoya et al., 2020). Además, el uso de enmiendas orgánicas líquidas puede incrementar la diversidad microbiana, promoviendo un equilibrio más saludable en el microbiota del suelo, lo que puede contribuir a la supresión de patógenos del suelo. Estas enmiendas mejoran la formación de agregados en el suelo, estabilizan la estructura del suelo, y aumentan la retención de agua y nutrientes, lo cual es beneficioso para las plantas. Por ejemplo, la aplicación de té de compost ha demostrado aumentar la biomasa microbiana del suelo y la actividad de enzimas clave, como la fosfatasa y la dehidrogenasa, que son indicadores de la salud del suelo. Asimismo, estos productos pueden mejorar la resistencia de las plantas al estrés abiótico y biótico, promoviendo un crecimiento más vigoroso y sostenible en el tiempo (Ramos y Terry, 2014).

## **2.6. Ficha técnica del producto a usar (AVIBIOL® “Enmienda orgánica líquida”)**

### **2.6.1. Composición mineral garantizada**

- Macro elementos

▪ N	5000 ppm
▪ P	1 500 ppm
▪ K	1 50000 ppm
▪ Ca	1 500 ppm
▪ S	1 500 ppm
▪ Mg	1 500 ppm
- Micro elementos	
▪ Hierro	1 500 ppm
▪ Mn	200 ppm
▪ Zc	1 500 ppm
▪ Co	10 ppm
▪ B	1 500 ppm
- Materia orgánica	
▪ M.O. total	7 a 14 %
▪ Ácidos húmicos	0,3 a 1 %
▪ Ácidos fúlvicos	0,13 a 2,63 %
▪ Extracto húmico total	0,4 a 0,54 %
- Hormonas vegetales	
▪ Ácido giberélico	26,12 ppm
▪ Acido indolacético	21,5 ppm
▪ Kinetina	18,66 ppm
- Carga microbiana	
▪ Actinomycetes	
▪ Bacillus thuringiensis	
▪ Bacillus thuringiensis kurstaki	
▪ Brevibacillus invocatus	
▪ Solibacillus silvestris	

### 2.6.2. Propiedades físicas y químicas

- Ácidos orgánicos	
▪ Ácidos carboxílicos	2,86 %
▪ pH	7,4 a 8,4
▪ Altamente soluble en agua	

### 2.6.3. Descripción del producto

- Incrementa el crecimiento de la masa radicular

- Alta carga microbiana
- Estimula la división celular
- Induce la germinación de semillas

#### 2.6.4. Dosis de aplicación

- Frutales 200 a 400 Lt/ha.

### 2.7. Antecedentes del estudio

En 2014, la Universidad Privada Antenor Orrego (UPAO) en Perú, se realizó un estudio sobre la enmienda orgánica líquida "Avibiol" en cultivos como espárragos, uvas, caña de azúcar y páprika, demostrando que su uso aumenta la vida productiva de las plantas al fomentar un sistema radicular más desarrollado y eficiente en la absorción de nutrientes; además, en páprika, las plantas tratadas mostraron mayor vigor y menor incidencia de hongos en comparación con las no tratadas, lo que sugiere su potencial uso preventivo contra algunas enfermedades, se recomendó aplicar Avibiol en la fase de formación de raíces, en 3 o 4 aplicaciones, con una dosis total de 150 a 250 L/ha (León, 2014).

En 2014, en el Valle de Shanusi, Loreto, Perú, se llevó a cabo un estudio para evaluar tres métodos de aplicación del abono líquido Avibiol en la producción de plantones de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq), como parte de una tesis presentada en la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto. El objetivo fue determinar el método más efectivo para mejorar la calidad y producción de los plantones en vivero. Se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar con tres tratamientos: aplicación directa al suelo, aplicación foliar, y una combinación de ambos, cada uno con cuatro repeticiones. Los resultados indicaron que el método combinado (aplicación al suelo y foliar) fue el más eficaz, logrando un mayor número de hojas, mayor altura y diámetro del tallo, lo que sugiere una mejora significativa en el crecimiento y absorción de nutrientes de los plantones en comparación con los otros métodos evaluados (Pisco, 2014).

En 2015, Un estudio en Lima, Perú, analizó el impacto de siete fuentes de materia orgánica y dos niveles de fertilización en suelos arenosos, utilizando maíz como indicador de cultivo. Las fuentes de materia orgánica incluyen compost sin moler, compost molido, gallinaza de diferentes usos, koripacha y lombricompost, en comparación con fertilizantes minerales convencionales. los resultados indicaron que la gallinaza de primer uso al 1 % y la gallinaza de sexto uso al 2 % promovieron un mayor crecimiento de los plantones y una mayor extracción de fósforo en el maíz. Además, el compost molido al 1 % y el compost sin moler al 2 % resultaron en una mayor producción de materia seca y la extracción de nitrógeno en el maíz.

No se observaron diferencias significativas en la extracción de potasio entre las diversas fuentes de materia orgánica y niveles de fertilización. En resumen, se destacó la influencia de las fuentes de materia orgánica en el crecimiento y la nutrición de los plantones en suelos arenosos (Berríos, 2015).

En 2018, un estudio en Alto Palcazú, Perú, se evaluó el impacto de la aplicación de abono orgánico líquido mediante la técnica drench en el suelo y la producción de cacao orgánico. Se establecieron cuatro tratamientos, incluyendo un control absoluto, con diferentes cantidades de abono líquido por planta. Los resultados destacaron que el tratamiento T3, con 400 mL de abono por planta, generó el mayor rendimiento de cacao, alcanzando 1127,66 kg/ha. En resumen, la aplicación del abono líquido orgánico mejoró significativamente la producción de cacao, pero no tuvo un impacto positivo en las propiedades del suelo (Potesta, 2018).

En 2018 un estudio realizado en Tingo María, Perú, investigó los efectos de la enmienda líquida orgánica Avibiol y el carbón Monty's en la reducción del cadmio en el suelo y las almendras de cacao; la aplicación de 50 L/ha de Avibiol y 4 L/ha de Monty's resultó en una disminución significativa del contenido total de cadmio en el suelo, reduciéndolo en un 50 %. Para el cadmio disponible en el suelo, la combinación de 80 L/ha de Avibiol y 4 L/ha de Monty's logró la mayor reducción, disminuyendo el contenido en un 73,58 %. En cuanto al cadmio presente en las hojas de cacao, la aplicación de 80 L/ha de Avibiol y 2 L/ha de Monty's redujo significativamente su concentración, por último, en las almendras de cacao, la aplicación de 80 L/ha de Avibiol redujo el contenido de cadmio en un 62,96 %, estos resultados reflejan una reducción efectiva del cadmio en el suelo, las hojas y las almendras de cacao mediante la aplicación de Avibiol y Monty's (Potesta, 2018).

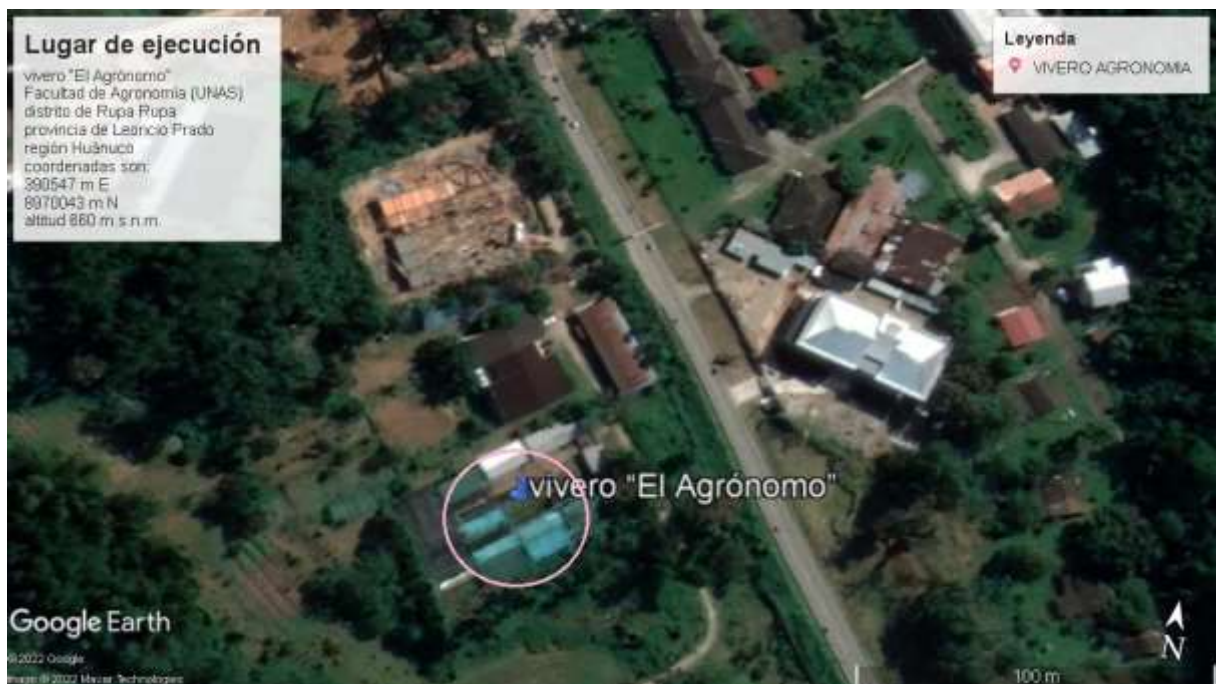
En 2018 en el Campus II de la Universidad Privada Antenor Orrego (UPAO), se realizó un estudio cuyo objetivo fue: “determinar el efecto de la aplicación del biofertilizante Avibiol en tres diferentes dosis sobre la producción de apio (*Apium graveolens* L.)”; se empleó un diseño experimental de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con cuatro tratamientos: T<sub>1</sub> (160 L/ha de Avibiol), T<sub>2</sub> (180 L/ha de Avibiol), T<sub>3</sub> (200 L/ha de Avibiol) y T<sub>4</sub> (testigo sin aplicación), las aplicaciones del biofertilizante se realizaron de manera foliar en dos ocasiones, con un intervalo de quince días entre cada una, y veinte días después del trasplante. Los resultados mostraron que el tratamiento T<sub>3</sub> (200 L/ha de Avibiol) logró los mayores beneficios, con una altura promedio de planta de 51,75 cm (8,25 cm más que el testigo), un diámetro de planta de 69,26 mm (13,02 mm más que el testigo) y una producción de 129 476,06 kg/ha, superando significativamente a los demás tratamientos y al testigo (Vites, 2018).

En 2021, AviLab, la unidad de I+D de la empresa Avibiól, realizó un estudio en condiciones controladas para evaluar el efecto del Avibiól-bioefector en el cultivo de lechuga variedad Crespa, utilizando niveles elevados de fertirrigación similares a los de la hidroponía; el estudio se diseñó con cuatro tratamientos: T<sub>1</sub> (control), T<sub>2</sub> (fertirrigación al 100 %), T<sub>3</sub> (fertirrigación al 100 % + Avibiól al 1 %), y T<sub>4</sub> (fertirrigación al 50 % + Avibiól al 1 %), aplicados en 120 unidades experimentales sobre un sustrato arenoso. Los resultados demostraron que el tratamiento T<sub>3</sub>, con fertirrigación al 100 % más Avibiól al 1 %, produjo un incremento significativo en el rendimiento de peso fresco por planta, superando al tratamiento T<sub>2</sub> en un 11 %, además, se observó un mayor contenido de nitrógeno en las plantas tratadas con T<sub>3</sub>, posiblemente debido a la actividad de microorganismos fijadores de nitrógeno o bacterias promotoras del crecimiento radicular presentes en Avibiól, aunque no se encontraron diferencias significativas en otros macro y micronutrientes, los resultados respaldan el uso de Avibiól-bioefector como un complemento eficaz para optimizar programas de fertirrigación intensiva, mejorando la rentabilidad y sostenibilidad del cultivo de lechuga (Agraria, 2022)

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

La investigación de esta tesis se llevó a cabo en el vivero "El Agrónomo" de la Facultad de Agronomía (UNAS), ubicado en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, en la región de Huánuco. Las coordenadas UTM de este lugar son 390547 mE y 8970043 mN, con una altitud de 658 metros sobre el nivel del mar. De acuerdo con la clasificación climática de Holdridge (1967), esta región se caracteriza por tener un clima de tipo Bosque Muy Húmedo pre montano Tropical (bmh - T), con una temperatura media de 25,53 °C.



**Figura 1.** Imagen Satelital del campo experimental

##### 3.1.1. Materiales, herramientas y equipos

Para llevar a cabo el experimento, se requirió una variedad de herramientas y materiales esenciales. Se obtuvieron semillas de cacao de dos cultivares diferentes, CCN-51 y CMP-15, que sirvieron como sujetos de estudio. Además, se contó con tierra agrícola de calidad para proporcionar el sustrato necesario para el crecimiento de los plantones. Una parte fundamental de la investigación fue la utilización de una enmienda orgánica líquida llamada Avibiol. Esta enmienda se utiliza para modificar las condiciones del suelo y observar su efecto en el desarrollo de los plantones de cacao.

Para realizar el experimento y proporcionar un entorno adecuado para los plantones, se emplearon bolsas de dimensiones específicas (6 x 12 x 0.02 cm), un cernidor para asegurarse de que el sustrato estuviera en condiciones óptimas, una pala y una carretilla para el manejo de tierra y materiales. Además, se utilizarán herramientas de medición, como una regla de metal y un vernier digital, para llevar un registro preciso de las observaciones. El trabajo de campo se llevó a cabo con la ayuda de una libreta de campo, marcadores y lapiceros para documentar cuidadosamente cada paso del experimento y registrar los datos relevantes. Para el riego de los plantones, se utiliza una regadora.

### 3.1.2. Análisis químico de suelo inicial

El análisis inicial de suelo (Tabla 1), revela que el pH del suelo es ligeramente alcalino, con un valor de 7,67 en la relación (1:1). La cantidad de materia orgánica (MO) es del 1,31 %, en cuanto a los nutrientes esenciales, el contenido de nitrógeno (N) fue 0,07 %, mientras que el fósforo disponible (P) es 70,01 ppm, el potasio disponible (K) es 147,50 ppm; además, se observa que el nivel de calcio (Ca) es 9,67 Cmol(+)/kg, mientras que el magnesio (Mg) es 1,66 Cmol(+)/kg, sin embargo, los niveles de potasio (K) y sodio (Na) son 0,31 y 0,14 Cmol(+)/kg. La suma de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es de 11,90 Cmol(+)/kg.

**Tabla 1.** Análisis químico inicial del suelo, realizado en el Laboratorio de Suelos, Agua y Toxicología de la Facultad de Agronomía, UNAS

<b>Características</b>	<b>Contenido</b>	<b>Símbolos</b>
pH	7,67	(1:1)
Materia orgánica (MO)	1,31	%
Nitrógeno (N)	0,07	%
Fósforo disponible (P)	70,01	ppm
Potasio disponible (K)	147,50	ppm
Calcio (Ca)	9,67	Cmol(+)/kg
Magnesio (Mg)	1,66	Cmol(+)/kg
Potasio (K)	0,31	Cmol(+)/kg
Sodio (Na)	0,14	Cmol(+)/kg
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	11,90	Suma de cationes

### 3.1.3. Componentes en estudio

En este experimento, se realizaron evaluaciones de dos componentes clave. En primer lugar, se considerarán dos clones de cacao, CCN-51 y el CMP-15, como los principales sujetos de estudio. Para comprender mejor el impacto de una enmienda orgánica

líquida en el crecimiento de estos plantones, se aplican tres dosis diferentes de la enmienda, específicamente 50, 100 y 200 Lt/ha, siguiendo las indicaciones de la ficha técnica del producto. Además de las variedades de cacao y las diferentes dosis de enmienda orgánica líquida, se incluyó un grupo de control en el experimento. Este grupo de control se mantuvo sin recibir ninguna cantidad de enmienda, sirviendo como punto de referencia para comparar los efectos de las dosis aplicadas en los otros plantones.

### 3.1.4. Tratamientos

Los datos proporcionados en la Tabla 2, muestran información relacionada con diferentes tratamientos agrícolas aplicados a dos cultivares de cacao (CCN-51 y CMP-15). Cada fila de la tabla representa un tratamiento específico.

**Tabla 2.** Tratamiento en estudio

Trat.	Cultivar	Dosis (L/ha) enmienda	Dosis (mL/3 L)	Avibiol/ planta (mL)	Dosis (mL) (solución)	Número de aplicaciones
T <sub>1</sub>	CCN-51	Testigo	0,00	0,00	0,00	0
T <sub>2</sub>	CCN-51	50	750,00	12,50	50,00	3
T <sub>3</sub>	CCN-51	100	1500,00	25,00	50,00	3
T <sub>4</sub>	CCN-51	200	3000,00	50,00	50,00	3
T <sub>5</sub>	CMP-15	Testigo	0,00	0,00	0,00	0
T <sub>6</sub>	CMP-15	50	750,00	12,50	50,00	3
T <sub>7</sub>	CMP-15	100	1500,00	25,00	50,00	3
T <sub>8</sub>	CMP-15	200	3000,00	50,00	50,00	3

### 3.1.5. Diseño experimental

En la realización de este experimento, se aplicó un diseño estadístico completamente al azar (DCA) que consistía en un arreglo factorial de dos factores (*A* y *B*), con dos niveles en el factor *A* y cuatro niveles en el factor *B*, lo que resultó en un total de ocho tratamientos. Cada tratamiento se repitió tres veces, lo que sumó un total de 24 unidades experimentales.

#### Modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

- $Y_{ijk}$  : Respuesta obtenida en la unidad experimental del *i*-ésimo factor *A* complementario con el *j*-ésimo factor *B*
- $\mu$  : Efecto de la media general.
- $\alpha_i$  : Efecto del *i*-ésimo factor *A*
- $\beta_j$  : Efecto del *j*-ésimo factor *B*

$(\alpha\beta)_{ij}$  : Efecto de la interacción del i-esimo factor A complementario con el j-esimo factor B

$\epsilon_{ijk}$  : Es el efecto aleatorio del error experimental del i-ésimo factor A con el j-ésimo factor B

Para:

i : 1, 2, clones de cacao

j : 1, 2, 3, 4 dosis de AVIBIOL

k : 1, 2, 3 repeticiones

### 3.1.6. Análisis de varianza

Para el análisis estadístico de los datos recopilados, se empleó el programa informático InfoStat, y se utilizó un nivel de significancia del 5 % (Tabla 3).

**Tabla 3.** Esquema del análisis de varianza (ANVA)

<b>Fuente de variación</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>
Modelo estadístico	Me	Me	SCMe/GLMe	CMMe/CMee
Factorial (A)	A	A	SCA/GLA	CMA/CMee
Factorial (B)	B	B	SCB/GLB	CMB//CMee
(A x B)	AxB)	(AxB)	SC(AxB)/GL(AxB)	CM(AXB)/CMee
Error experimental	ee	ee	SCee/GLee	
Total	SCT	GLT		
CV (%)				
R <sup>2</sup>				

Además, se calculó el coeficiente de variabilidad y se realizaron comparaciones entre las medias, utilizando la prueba de Duncan con un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ . Este enfoque permitió evaluar de manera precisa las diferencias estadísticas entre los tratamientos y determinar la importancia de los resultados obtenidos.

### 3.1.7. Características del campo experimental

#### a. Características de las parcelas o tratamientos

- Número de parcelas : 24
- Largo de la parcela : 0,40 m
- Ancho de la parcela : 0,30 m
- Área de la parcela : 0,12 m<sup>2</sup>
- Distancia entre parcelas : 0,20 m
- Número de plántones por parcela : 20
- Número de plántones por parcela para evaluación : 6

**b. Características de las repeticiones**

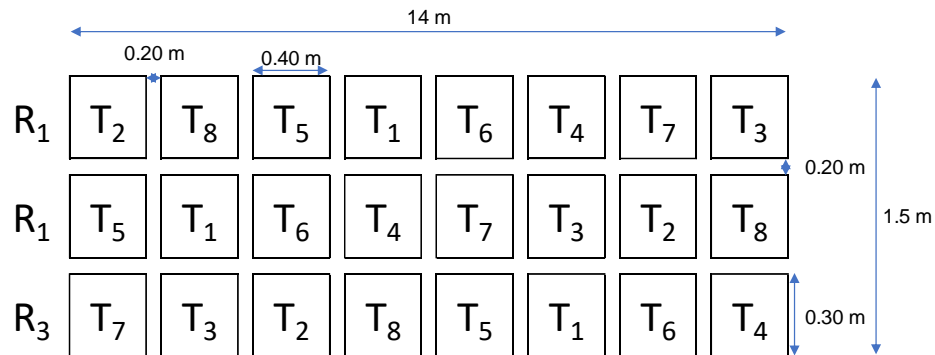
- Número de repeticiones : 3
- Número total de plantones : 480
- Número total de plantones a evaluar : 144

**c. Área experimental**

- Largo del experimento : 14 m
- Ancho del experimento : 1,5 m
- Área total : 21 m<sup>2</sup>

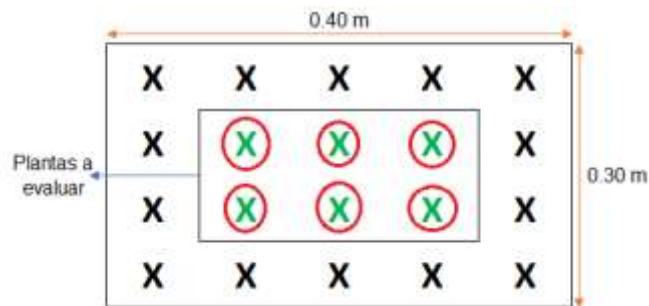
**3.1.8. Croquis de experimento**

El croquis, consta de ocho tratamientos tres repeticiones en total 24 parcelas. Además, se muestra la aleatoriedad de los tratamientos (Figura 2)



**Figura 2.** Croquis de la parcela experimental y sus tratamientos en estudio

**Unidad experimental:** está conformado por 20 plantones los cuales 6 fueron evaluadas (Figura 3).



**Figura 3.** Croquis de unidad experimental de un tratamiento

**3.1.9. Metodología**

**3.1.9.1. Extracción de la tierra y preparación de sustrato**

Para el experimento, se realizó la extracción de la tierra agrícola (del sector Papayal, del distrito de Castillo Grande). Se recolectaron alrededor de 1 500 kg. Posteriormente, se procedió a secarla bajo sombra (en el vivero “El Agrónomo” de la Facultad de Agronomía) para evitar cambios no deseados en sus propiedades. Una vez que la

tierra estuvo completamente seca, se llevó a cabo el proceso de tamizado con la malla (N° 4) para obtener una textura más fina y uniforme. Finalmente, esta tierra refinada se utilizó para llenar las bolsas que servirían como sustrato para el crecimiento de los plantones en el experimento. Este cuidadoso proceso de preparación del sustrato garantizó las condiciones ideales para llevar a cabo el estudio con precisión.

### **3.1.9.2. Llenado y acomodo de las bolsas**

Después de obtener la tierra tamizada y preparada, se realizó de manera manual el proceso de llenado de bolsas de 6x12x 0.2, utilizando un total de 480 unidades, asegurándose de que el sustrato se colocara de forma uniforme y compacta en el interior de las bolsas. Se aplicó una presión suave con los dedos para que el sustrato quede compacto y sin espacios vacíos, evitando deformaciones en la estructura.

Además, se había previsto la presencia de agujeros de 2-4 milímetros en las bolsas para permitir el drenaje adecuado. Una vez llenas, las bolsas se organizaron siguiendo el esquema previamente establecido en un croquis, lo que facilitó la organización y el seguimiento de los tratamientos en el experimento.

### **3.1.9.3. Obtención y pre germinado de las semillas**

Para obtener las semillas de cacao de los cultivares de CCN-51 y CMP-15, se seleccionaron mazorcas maduras y bien desarrolladas. Estas mazorcas se eligieron específicamente en el tercio superior del tronco, donde se encuentran las semillas más grandes y de mejor calidad. Una vez extraídas las semillas, se procedió a eliminar el mucílago que las rodea mediante una fricción cuidadosa con aserrín blanco.

Luego, se llevó a cabo el proceso de desinfección de las semillas de cacao y se procedió a la germinación de las mismas. Posteriormente, las semillas pregerminadas se depositaron en cada una de las bolsas previamente preparadas para dar inicio al experimento.

### **3.1.9.4. Siembra de las semillas en las bolsas**

Después de llevar a cabo el proceso de pre germinación de las semillas, se seleccionaron cuidadosamente 480 semillas en total, 240 del cultivar CCN-51 y 240 del cultivar CMP-15. Se eligieron aquellas semillas que mostraban mejor emisión de la radícula, indicando un buen estado de germinación. Luego, se procedió a colocar una semilla en cada una de las bolsas preparadas.

Las semillas se colocaron de manera que la radícula estuviera orientada de forma perpendicular al sustrato. Luego, se tapó completamente cada semilla con el sustrato, asegurando que quedarán cubiertas de manera adecuada para su crecimiento.

### 3.1.9.5. Aplicación de la enmienda orgánica líquida (AVIBIOL)

Se realizó mediante la aplicación foliar, donde se establecieron tres dosis de referencia: 50, 100 y 200 Lt/ha de enmienda orgánica líquida (Avibiol). Se trabajó en base a 200 Litros /ha, considerando 50 mL de la solución/planta, con un total de 60 plántulas/tratamiento, se procedió a preparar 3 L de solución para cada aplicación.

Para calcular las cantidades necesarias de enmienda orgánica líquida Avibiol, se utilizó una regla de tres simple:  $(50 \times 3) / 200$ , resultando en 0,75 L o 750 ml de enmienda en 3 litros de solución para T<sub>2</sub> y T<sub>6</sub>. Siguiendo el mismo procedimiento, con una dosis de referencia de 100 Lt/ha, el cálculo fue  $(100 \times 3) / 200$ , resultando en 1 500 mL en 3 litros de solución para cada aplicación de T<sub>3</sub> y T<sub>7</sub>. Para el tratamiento T<sub>4</sub> y T<sub>8</sub> con una dosis de referencia de 200 Lt/ha, el cálculo fue  $(200 \times 3) / 200$ , dando como resultado 3 000 mL de Avibiol para cada aplicación. Las aplicaciones se programaron de la siguiente manera: la primera tuvo lugar 15 días después de la siembra, la segunda se realizó a los 20 días después de la primera, y la tercera aplicación se llevó a cabo 30 días después de la segunda.

### 3.1.9.6. Labores culturales

**Riegos:** Esta actividad se realizó cada tres días. Conforme avanzaba el crecimiento de los plántulas, se espaciaron los riegos, realizándolos cada 8 días para adaptarse a las necesidades cambiantes de las plántulas.

**Control de malezas:** El control de malezas se efectuó de manera manual. Se llevó a cabo regularmente con el propósito de mantener las parcelas de estudio libres de malezas. Esto fue esencial para evitar la competencia entre las malezas y los plántulas de cacao, garantizando que estas últimas tuvieran un acceso adecuado a la luz, el espacio y los nutrientes que necesitaban.

**Control de plagas y enfermedades:** Para tener un control adecuado de plagas y enfermedades, se realizaron verificaciones de manera manual y periódica. Se realizaron evaluaciones visuales de los tratamientos cada 15 días, lo que permitió detectar cualquier signo temprano de plagas o enfermedades y tomar medidas necesarias para su control. Estos trabajos culturales contribuyeron al cuidado y al buen desarrollo de los plántulas de cacao a lo largo del experimento.

### 3.1.10. Variables registradas

#### 3.1.10.1. Altura, diámetro y número de hojas

La evaluación de las características de los plántulas, incluyendo su altura, diámetro y número de hojas, se llevó a cabo de forma periódica cada 30

días, realizando un total de cuatro evaluaciones. En cada evaluación, se seleccionó y etiquetó a seis plántulas de cada tratamiento, lo que permitió realizar un seguimiento preciso de su desarrollo a lo largo del estudio. Para medir la altura, se empleó una regla de metal para medir desde el nivel del sustrato hasta la yema terminal visible, en centímetros. El diámetro de los plántulas se midió con un vernier digital tomando la altura de la cicatriz de los cotiledones, y el recuento de hojas se realizó visualmente.

#### **3.1.10.2. Peso fresco y peso seco**

La determinación de este parámetro se realizó al concluir el experimento, que se extendió a lo largo de 120 días, evaluando seis plántulas por tratamiento. Se extrajeron muestras frescas tanto de la parte foliar como de la radicular, las cuales fueron pesadas y luego depositadas en bolsas de papel para obtener su peso en estado fresco. Posteriormente, para obtener el peso seco, las muestras se sometieron a un proceso de secado en una estufa a 75 °C durante 48 horas, hasta que alcanzaron un peso constante.

#### **3.1.10.3. Volumen de raíces**

La determinación del volumen se llevó a cabo al concluir el experimento, que se extendió durante 120 días. Se empleó el método de la probeta para esta medición. La metodología implicó sumergir la plántula hasta el nivel del cuello de la raíz en una probeta graduada que contenía agua destilada, lo que nos permitió calcular el volumen a partir de la diferencia de niveles del líquido.

#### **3.1.10.4. Análisis de beneficio/costo (B/C)**

Para evaluar el beneficio-costo de los diversos tratamientos bajo investigación, se implementó un enfoque riguroso basado en el método de "análisis comparativo de ingresos y costos de producción". Este método permitió realizar un análisis detallado de los costos asociados a la implementación de cada tratamiento en comparación con los beneficios económicos generados. Se consideraron cuidadosamente los ingresos generados por la producción, así como los costos directos e indirectos, como inversión en materiales, mano de obra y otros recursos.

#### **3.1.10.5. Análisis final del sustrato**

Al concluir el experimento, se llevó a cabo el proceso de muestreo del sustrato, en el cual se combinaron las cuatro unidades experimentales de cada tratamiento. Utilizando el método de cuarteo, se obtuvo una muestra representativa de aproximadamente 1 kg de sustrato. Esta muestra se etiquetó con un código identificativo y se trasladó al laboratorio de suelos, agua y ecotoxicología de la Facultad de Agronomía para su posterior análisis.



## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis físico químico del sustrato

En la Tabla 4, presentamos el análisis físico-químico de los sustratos al final del experimento. En lo que respecta al pH de los sustratos, se observa un aumento de este, en todas las dosis de Avibiol en comparación con el tratamiento testigo. El mayor pH se muestra en la dosis de 3 000 mL, con medidas de 7,71 y 7,76. La aplicación de abono orgánico líquido Avibiol incrementa el pH, haciéndolo más alcalino. Este aumento en el pH de los suelos podría ser el resultado de la mineralización del carbono y la consecuente producción de iones OH, así como la incorporación de catiónicos básicos como K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup> (Bohórquez, 2019).

Los tratamientos con un pH más elevado también presentan un mayor contenido de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> y K<sup>+</sup>, minerales que contribuyen al aumento del pH de los sustratos. Vargas y Pérez (2018) indican que los residuos mejoran la acidez del suelo debido a su composición alcalina y al contenido de Ca<sup>2+</sup>, un mineral que favorece el incremento del valor de pH del suelo. Además, el CaO y MgO reaccionan con el hidrógeno formando grupos oxhidrilos, lo que aumenta el pH del suelo.

También se observa que en los suelos donde se cultivó el cultivar CMP-15, se registró un mayor incremento en el pH. Esto se debe posiblemente a una mayor actividad de microorganismos y una mayor respiración, lo que lleva a la liberación de CO<sub>2</sub>. El oxígeno liberado se une con los iones hidronio, lo que genera un pH alcalino debido a la formación de hidroxilos. El agua puede encontrarse en dos especies iónicas: el hidronio (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>), que es una molécula de agua que acepta un protón y funciona como un ácido, y el hidroxilo OH<sup>-</sup>, que es la especie que queda al ceder la molécula de agua su protón, y que funciona como una base (Monte, 2016). Es probable que la incorporación de agua de riego y la aplicación de abono orgánico líquido hayan experimentado esta acción, lo que incrementa el pH y lo hace más alcalino.

Los abonos orgánicos líquidos aumentan el contenido de materia orgánica en los sustratos (INTAGRI, 2016). Se observó un mayor contenido de materia orgánica en sustratos con dosis más altas de materia orgánica líquida en comparación con el tratamiento testigo. El porcentaje más alto de materia orgánica fue del 2,45 y 1,82 %. Se notó un mayor porcentaje de materia orgánica en los plantones del cultivar CCN-51. Sin embargo, el aumento de materia orgánica fue del 0,52 %, a diferencia del sustrato con plantones del cultivar CMP-15, donde el incremento de materia orgánica fue del 1,14 % en comparación con el tratamiento testigo. Esto confirma una mayor actividad microbiana en relación con este cultivar.

**Tabla 4.** Análisis físico químico final de los sustratos de cada tratamiento

Cultivar	Dosis	(1:1)	%		ppm		CIC	Cmol(+)/kg			
		pH	MO	N	P	K		Ca	Mg	K	Na
CCN-51	Testigo	7,66	1,93	0,10	52,22	166	14,45	11,54	2,21	0,32	0,14
	750 mL	7,67	1,93	0,10	74,79	172	15,34	12,54	2,21	0,41	0,18
	1 500 mL	7,68	2,19	0,11	83,02	247	15,49	12,58	2,22	0,49	0,2
	3 000 mL	7,71	2,45	0,12	97,95	311	17,03	14,32	2,24	0,51	0,23
CMP-15	Testigo	7,67	0,68	0,03	87,8	129	9,34	7,8	1,10	0,30	0,14
	750 mL	7,71	0,99	0,05	93,41	142	13,29	10,54	2,19	0,35	0,16
	1 500 mL	7,75	1,46	0,07	89,59	147	13,88	11,12	2,19	0,38	0,19
	3 000 mL	7,76	1,82	0,09	114,66	194	18,06	15,35	2,21	0,43	0,27

Leyenda:

- T1: testigo
- T2: 750 mL de Avibiol (CCN-51)
- T3: 1 500 mL de Avibiol (CCN-51)
- T4: 3 000 mL de Avibiol (CCN-51)
- T5: Testigo
- T6: 750 mL de Avibiol (CMP-15)
- T7: 1 500 mL de Avibiol (CMP-15)
- T8: 3 000 mL de Avibiol (CMP-15)

Según Fernández (2014), los subproductos agrícolas tienden a incrementar el contenido de la materia orgánica de los suelos debido a su composición. Contribuyen a la formación del compost y humus, lo que resulta en un aumento de la materia orgánica (Bohórquez, 2019). En proporciones del contenido de P y K disponible, se determinó un incremento en los tratamientos con la aplicación de abono orgánico líquido en comparación con el tratamiento testigo. Sin embargo, se observó el mayor aumento de este, con una mayor dosis de Avibiol. El contenido más alto de fósforo (P) fue de 97,95 y 114,66 ppm, y de potasio (K) fue de 311 y 194 ppm.

Los biofermentos a base de estiércol de gallinaza son materiales que aportan no solo nitrógeno (N) sino también fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S) y algunos micronutrientes (INTAGRI, 2015). Esto explica por qué el contenido de P y K aumenta en el suelo. Además, estos materiales contribuyen a la regulación de la acidez del suelo, a la retención de minerales y a una mayor asimilación por parte de las raíces de los plantones. El sustrato con plantones de cacao del cultivar CCN-51 que recibió una aplicación de 3 000 mL de Avibiol obtuvo un mayor contenido de P y K en el suelo, con valores de 45,73 y 145 ppm en comparación con el tratamiento testigo.

En lo que respecta a la capacidad de intercambio catiónico (CIC), se observó un incremento con la aplicación de abono orgánico líquido en comparación con el tratamiento testigo. Se obtuvieron resultados destacados con dosis de 3 000 mL de Avibiol, con valores de 17,03 y 18,06 Cmol(+)/kg. Los cationes cambiables, como Ca, Mg, K y Na, aumentaron en las tres dosis y en ambos cultivares de cacao. El mayor contenido de  $\text{Ca}^{2+}$  se determinó con 3 000 mL de Avibiol, con un valor promedio de 14,32 y 15,35 Cmol(+)/kg en el sustrato de ambos cultivares de cacao. Se obtuvieron resultados similares en cuanto a Mg, K y Na, ya que el mayor contenido se registró con la aplicación de 3 000 mL de Avibiol. De acuerdo con Teneda et al. (2019), las enmiendas orgánicas líquidas son de gran utilidad en las actividades agrícolas, ya que contienen macro y microelementos.

La utilización de los residuos agrícolas mediante su transformación en enmiendas orgánicas es una estrategia útil que promueve el desarrollo de los plantones y tiene un impacto beneficioso en las propiedades del suelo (Pérez, 2022). Los biofermentos son uno de los insumos más prácticos y versátiles para proporcionar nutrición y salud al suelo y a los cultivos (Pacheco et al., 2017). Los biofermentos aportan tanto macronutrientes como micronutrientes al suelo. Su aplicación al suelo también aumenta la materia orgánica, la fertilidad y la calidad del suelo (INTAGRI, 2015). Para el desarrollo de los plantones, son especialmente importantes

el  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , Fe, Mn, Co y Zn, además de P, K y Na. Estas son las razones por las cuales se incrementó el contenido de nutrientes en el suelo en comparación con el testigo.

El Avibiol está compuesto por macro y microelementos, materia orgánica (ácidos húmicos y fúlvicos), hormonas vegetales, carga microbiana y ácidos orgánicos (Berríos, 2015). El mayor efecto de la aplicación de la enmienda se evidenció en los cambios en la estructura y abundancia de las poblaciones microbianas del suelo. Los cambios reflejados en las estructuras y abundancias de las poblaciones microbianas sugieren que esta enmienda tiene un efecto modulador sobre las comunidades presentes en el suelo, aunque estos cambios no se deben a la adición de microorganismos presentes en la enmienda orgánica (Monserrate, 2022).

Los resultados de los análisis físico-químicos de los sustratos al final del experimento revelan varios hallazgos significativos. En primer lugar, la aplicación de abono orgánico líquido Avibiol incrementa el pH del suelo, haciéndolo más alcalino, posiblemente debido a la mineralización del carbono y la incorporación de cationes básicos. Los tratamientos con un pH más elevado también presentan un mayor contenido de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{K}^+$ , lo que sugiere que los abonos orgánicos líquidos influyen en la alcalinización y la disponibilidad de estos minerales en el suelo. Además, se observó un aumento en el contenido de materia orgánica en los sustratos tratados con abonos orgánicos líquidos, especialmente en el caso del cultivar CCN-51. El incremento de P y K en el suelo se correlaciona con la aplicación de Avibiol, que contiene una variedad de nutrientes. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) también aumentó con la aplicación de estos abonos, lo que indica una mayor retención de nutrientes. La utilización de abonos orgánicos líquidos, como Avibiol, demuestra ser beneficiosa para la calidad del suelo, la alcalinización, la materia orgánica, la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana, promoviendo el desarrollo de los plántones y la sostenibilidad agrícola.

#### **4.2. Altura de plántones de cacao**

En el cuadrado medio del análisis de varianza, para la altura de los plántones de dos cultivares de cacao (CCN-51 y CMP-15) debido al efecto de tres dosis de enmienda orgánica líquida (Avibiol), evaluadas con una frecuencia de 30 días hasta los 120 días después de la siembra de las semillas (Tabla 5), no se observan diferencias estadísticas en la interacción de los factores "cultivar de cacao x enmienda orgánica líquida" en ninguna de las evaluaciones. Esto se debe a que el valor de probabilidad fue mayor al establecido ( $p < 0,05$ ). En otras palabras, en la interacción no existe una relación recíproca entre los factores "cultivar de cacao" y "enmienda orgánica líquida", lo que significa que estas variables no comparten nada en común. Por lo tanto, todas las interacciones resultan en una altura de plántones de cacao

estadísticamente similar. La razón por la cual se obtuvieron diferencias estadísticas se encuentra en los factores principales (Cultivar de cacao y Enmienda orgánica líquida) en casi todas las evaluaciones, excepto en la evaluación a los 60 días, donde el factor "cultivar de cacao" no muestra diferencias estadísticas; esto se debe a que el valor de probabilidad es menor al establecido ( $p < 0,05$ ).

El coeficiente de variación (CV) fue del 7,63, 9,60, 8,07 y 11,58 %, donde autores como Gordón y Camargo (2015), citados en Pimentel (1985), indican que, normalmente, en los ensayos agrícolas de campo, los CV se consideran bajos cuando son inferiores al 10 %, medios de 10 a 20 %, altos cuando van de 20 a 30 % y muy altos cuando son superiores al 30 %. Teniendo en cuenta esta referencia, el experimento muestra un bajo y medio CV, lo que significa que las evaluaciones de la altura de los plántones de cacao presentaron una variación baja en las unidades experimentales en las cuatro evaluaciones.

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) fue de 0,77; 0,71; 0,84 y 0,66. Según Martínez (2005), el  $R^2$  oscila entre cero y uno, y cuanto más cerca de uno esté su valor, mayor será el ajuste del modelo a la variable que estamos intentando explicar. El mayor ajuste se determinó a los 90 días de evaluación, con un 84 %, debido al efecto de los factores en estudio. El menor ajuste fue a los 120 días, ya que solo el 66 % de los resultados se debe al efecto de los factores, y el 34 % se debe a otros factores.

La prueba de Duncan en los dos cultivares de cacao (Tabla 6) muestra una mayor altura de los plántones en el cultivar CMP-15 en las cuatro evaluaciones. A los 120 días, los plántones alcanzaron una altura de 43,59 cm. La mayor altura de los plántones de cacao en el cultivar CMP-15 se debe al alto contenido de P y Ca que se muestra en el análisis de suelo (Tabla 4). Las diferencias en el tamaño de los plántones de cacao probablemente se deban a las características anatómicas y fisiológicas de cada cultivar (Ayala et al., 2010). Existen ciertas diferencias entre una variedad y otra, además de ser un indicador de las distintas variedades proporcionadas por cada clon de cacao (Larios et al., 2016). También se deben tener en cuenta las condiciones agroclimáticas entre los clones de cacao, las cuales influyen y se deben considerar al analizar las correspondencias que los cultivos mantienen y que expresan sus características en condiciones climáticas favorables (Takahashi et al., 2018). La producción celular (el número de células que se producen por unidad de tiempo), y no la expansión (aumento del tamaño de estas células), es lo que determina el tamaño final de estos órganos tan diferentes y, por lo tanto, dictamina las diferencias entre las especies (Vargas-Silva, 2019). Estos factores podrían justificar nuestros resultados, ya que se observaron diferencias en el crecimiento en altura de los plántones de cacao CCN-51 y CMP15.



La prueba de Duncan para las dosis de enmienda orgánica líquida mostró una mayor altura de plántones con la dosis de 3 000 mL de Avibiol (Tabla 7). Los resultados del análisis de sustrato (Tabla 4) indican un mayor incremento nutricional y de materia orgánica con dosis de 3 000 mL de Avibiol. Es probable que los plántones hayan aprovechado este aumento de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y la capacidad de intercambio catiónico (CIC), lo cual se refleja en su crecimiento. De acuerdo con Guanopatín (2012), dosis altas de biol incrementan el contenido nutricional del suelo y favorecen un mayor desarrollo de los plántones. El biol utilizado, a base de estiércol de gallinaza, es considerado un material con un buen aporte de N, P, K, Ca, Mg, S y algunos micronutrientes (INTAFRI, 2015). Estas características del sustrato benefician el crecimiento de los plántones de cacao.

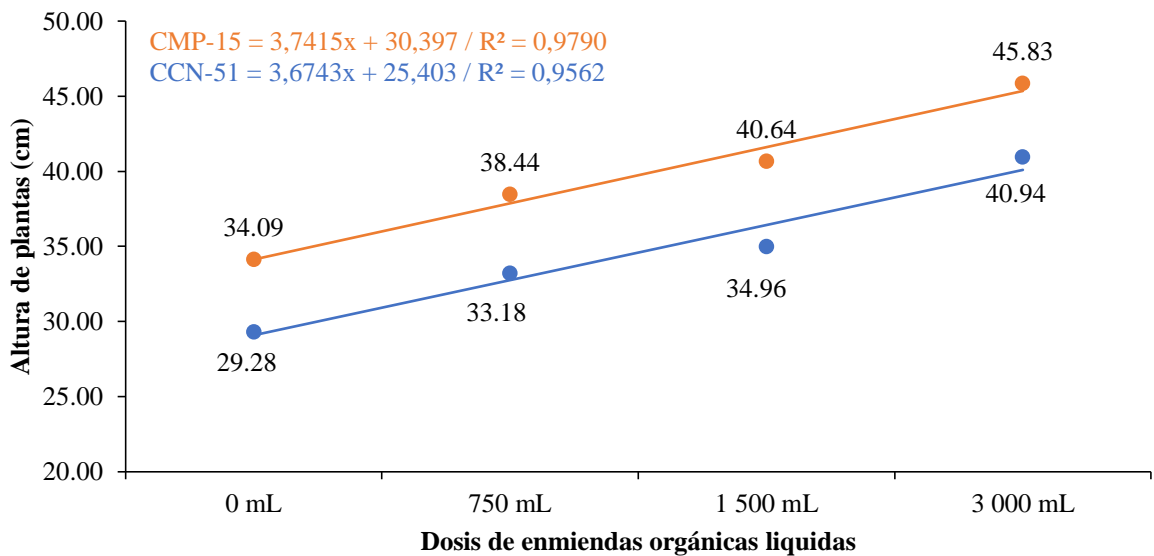
A los 30 días de evaluación, se observó una mayor altura en los plántones con una dosis de 3 000 mL de Avibiol, con una altura promedio de 17,76 cm, la cual fue estadísticamente diferente a las otras dosis. En segundo lugar, se observaron alturas similares en las dosis de 1 500 y 750 mL de Avibiol, con alturas promedio de 15,45 y 14,62 cm, respectivamente. Ambas dosis fueron estadísticamente iguales pero diferentes al tratamiento testigo, que mostró una altura promedio de 13,44 cm, siendo la menor altura de plántones de cacao.

A los 60 días de evaluación, se observó una mayor altura en los plántones con dosis de 3 000 y 1 500 mL de Avibiol, con alturas promedio de 23,46 y 22,14 cm, respectivamente. Estas dos dosis fueron estadísticamente iguales y diferentes a la dosis de 750 mL de Avibiol y al testigo, que presentaron alturas promedio de 19,28 y 17,28 cm, respectivamente, siendo estas las menores alturas de plántones.

A los 90 días de evaluación, se observó una mayor altura en los plántones con una dosis de 3 000 mL de Avibiol, con un valor promedio de 30,91 cm, lo cual fue estadísticamente diferente a los demás tratamientos. En segundo lugar, se observó una mayor altura en los plántones con una dosis de 1 500 mL de Avibiol, con un valor promedio de 27,97 cm, siendo estadísticamente diferente a la dosis de 750 mL de Avibiol y al testigo. La dosis de 750 mL de Avibiol mostró un valor promedio de 25,24 cm, siendo estadísticamente diferente al testigo, que tuvo un valor promedio de 22,23 cm y representó la menor altura de plántones.

A los 120 días de evaluación, se observó una mayor altura en los plántones con una dosis de 3 000 mL de Avibiol, con una altura promedio de 43,39 cm, lo cual fue estadísticamente diferente a los demás tratamientos. En segundo lugar, se observaron alturas similares en las dosis de 1 500 y 750 mL de Avibiol, con alturas promedio de 37,80 y 35,81 cm, respectivamente. Ambas dosis fueron estadísticamente iguales pero diferentes al testigo, que obtuvo una altura promedio de 31,691 cm, siendo la menor altura de plántones de cacao.

Los resultados muestran un efecto positivo cuando se aplicó enmienda orgánica líquida, ya que se obtuvo una mayor altura en los plántones de cacao en comparación con el tratamiento testigo. Los mejores resultados se obtuvieron con dosis más altas de enmienda orgánica líquida. La enmienda orgánica líquida mejora la estructura del suelo, incrementa la capacidad de retención de agua y nutrientes, aporta elementos minerales necesarios para los plántones, y favorece el desarrollo de la actividad biológica del suelo (Pérez, 2022). El Avibiol, a base de gallinaza, es un excelente fertilizante si se utiliza correctamente, ya que es un material con un buen aporte de N, P, K, Ca, Mg, S y algunos micronutrientes que benefician el desarrollo de los plántones (Cantarero y Martínez, 2002). El suelo debe contener todos los nutrientes necesarios para el crecimiento de los plántones, así como una estructura que las mantenga firmes y derechas. La estructura del suelo debe garantizar un adecuado suministro de aire y agua a las raíces de la planta, al tiempo que debe evitarse el exceso de agua mediante un buen sistema de drenaje (BrecheLt, 2004). Todas estas condiciones son favorables para el crecimiento óptimo de los plántones.



**Figura 4.** Líneas de tendencia de la altura de plántones de cacao por efecto de dosis de enmienda orgánica líquida a los 120 días después de la instalación en dos cultivares de cacao

La Figura 4, destaca que los plántones del cultivar de cacao CMP-15 presentan una altura considerablemente superior en comparación con los plántones del cultivar CCN-51 en todas las dosis de enmiendas orgánicas líquidas (Avibiol). Estos hallazgos indican que a medida que se incrementa la cantidad de Avibiol aplicada, los plántones logran una mayor

altura, con una mejora del 97,90 % en el caso del cultivar CMP-15 y un aumento del 95,62 % en el caso del cultivar CCN-51. Las diferencias en el crecimiento de los plantones se atribuyen a las distintas características genéticas de cada cultivar. Guizado (2015) señala en su trabajo sobre la propagación de clones de cacao por estacas que cada clon presenta características únicas y que estas diferencias se basan en una mejor calidad, lo que resulta en plantones vigorosas con un crecimiento rápido, lo que a su vez mejora el rendimiento y la calidad de los frutos. Es probable que las diferencias en altura entre los cultivares de cacao sean atribuibles a factores genéticos (Ramos et al., 2020). Sin embargo, es importante destacar que la aplicación de enmiendas orgánicas líquidas es fundamental para el desarrollo de los plantones, ya que aporta nutrientes esenciales utilizados por los plantones en su desarrollo fisiológico, lo que, por consiguiente, mejora el tamaño de los plantones (Delgado, 2017). La mayor altura de los plantones se observa en las dosis de 3 000 mL de Avibiol, con alturas promedio de 40,95 cm y 45,83 cm en los cultivares de cacao CCN-51 y CMP-15, respectivamente. En el crecimiento de los plantones de ambos cultivares de cacao, la dosis más alta de la enmienda orgánica líquida (Avibiol) resultó ser determinante.

La incorporación de enmiendas orgánicas en el suelo tiene efectos positivos en sus características físicas y químicas (Vázquez et al., 2020). La adición de biomasa de cultivos mejora los niveles de contenido de humus del suelo, carbono orgánico, fósforo, magnesio y micronutrientes (Julca-Otiniano et al., 2006). El aumento de la materia orgánica en el suelo suele ir acompañado de un incremento de la biomasa fúngica (Insolia, 2020). Los suelos cultivables albergan una diversidad de hongos, que pueden verse estimulados por enmiendas orgánicas, y el grado de estimulación depende de la calidad de las enmiendas (Vázquez et al., 2020). La fracción líquida de las enmiendas orgánicas es rica en nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) soluble (Pérez et al., 2022). Esto confirma que las enmiendas orgánicas líquidas aportan nutrientes al suelo, los cuales son absorbidos por las raíces de los plantones y utilizados en el crecimiento en altura de los plantones de cacao (Pérez, 2017).

La acción de la enmienda orgánica líquida Avibiol permite una mayor actividad fisiológica y, como resultado, una mayor actividad fotosintética, lo que facilita el aumento en la altura de los plantones (Vites, 2018). La aplicación de Avibiol favorece el crecimiento en altura de los plantones debido a su contenido de ácidos húmicos y fúlvicos, así como de macro y micro nutrientes como N, P, K, Ca, Mg, Zn, Mn, Co, B, S, entre otros (Méndez, 2018). Se utiliza con el propósito de mejorar la fertilidad física, química y biológica del suelo (Pisco, 2014). La aplicación de enmiendas con microelementos en el cultivo de maracuyá demuestra que estos productos estimulan el crecimiento en altura de los plantones, siendo más favorable

en dosis altas (Peña y Cruz, 2020). Las enmiendas orgánicas incrementan la altura de los plántones de arveja en hasta un 4,2 % (Hoyos, 2019). La aplicación de ácidos húmicos incrementa la altura de los plántones de maíz amarillo duro (Méndez, 2018). La adición de enmiendas aumenta los niveles de nutrientes en el suelo y favorece el crecimiento de los plántones de café (Valverde-Lucio et al., 2020). Teniendo en cuenta las referencias citadas, se puede afirmar que estas respaldan nuestros resultados, ya que se determinó un mayor crecimiento en altura de los plántones con la aplicación de Avibiol en todas las dosis estudiadas, obteniendo los mejores resultados con la dosis más alta (3 000 mL de Avibiol), en gran parte debido al contenido de nutrientes, especialmente materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio del biol utilizado.

#### **4.3. Diámetro de tallo de plántones de cacao**

El análisis de varianza para el diámetro del tallo de los plántones de los dos cultivares de cacao (CCN-51 y CMP-15), bajo el efecto de tres dosis de enmienda orgánica líquida Avibiol (750, 1 500 y 3 000 mL) y medido a los 30, 60, 90 y 120 días (Tabla 8), revela que no existen diferencias estadísticas en la interacción ( $A \times B$ ). Esto se debe a que el valor de probabilidad es mayor al umbral establecido ( $p > 0,05$ ), lo que indica que los factores considerados no aportan elementos significativos para incrementar el diámetro del tallo de los plántones de cacao. En todas las evaluaciones, la combinación de factores resulta en valores estadísticamente iguales. No obstante, en lo que respecta a los tratamientos, se observan diferencias estadísticas a los 30, 90 y 120 días de evaluación. En el caso del factor principal "cultivar de cacao" las diferencias estadísticas se presentaron en los días 90 y 120 de evaluación, lo que sugiere que un cultivar puede tener un mayor diámetro, posiblemente debido a las características genéticas únicas de cada uno. Por otro lado, el factor principal "dosis de enmiendas orgánicas líquidas" muestra diferencias estadísticas en todas las evaluaciones, lo que indica que al menos una de las dosis es diferente estadísticamente.

El coeficiente de variación (CV) fue del 9,87, 15,32, 3,96 y 2,97 %. Según Pimentel (1985), los CV se consideran bajos cuando son inferiores al 10 % y medios cuando oscilan entre el 10 % y el 20 %. En este contexto, el experimento exhibe un CV bajo en las mediciones del diámetro del tallo en las unidades experimentales, lo que sugiere que las mediciones del diámetro presentan una adecuada dispersión.

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) obtuvo valores de 0,71, 0,49, 0,70 y 0,82. Siguiendo la indicación de Martínez (2005), el  $R^2$  oscila entre cero y uno, y cuanto más cerca de uno se encuentre, mayor será el ajuste del modelo a la variable que se intenta explicar. .

**Tabla 8.** Cuadrado medio del análisis de varianza ( $\alpha=0,05$ ) del diámetro de plantones de cacao, evaluado a los 30, 60, 90 y 120 días

Fuente de variación	GL	30 días		60 días		90 días		120 días	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Tratamientos	7	0,17 S	0,00	0,53 NS	0,10	0,27 S	0,00	0,62 S	0,00
CC (A)	1	0,08 NS	0,13	0,01 NS	0,83	0,28 S	0,03	0,29 S	0,04
EOL (B)	3	0,36 S	0,00	1,13 S	0,02	0,46 S	0,00	1,09 S	<0,00
(A x B)	3	0,00 NS	0,99	0,09 NS	0,77	0,08 NS	0,24	0,27 NS	0,06
Error experimental	16	0,03		0,24		0,05		0,06	
Total	23								
CV (%)		9,87		15,32		3,96		2,97	
R2		0,71		0,49		0,70		0,82	

S: Significativo

NS: No significativo

CC (A): Cultivo de cacao

EOL (B): Enmienda organica liquida

**Tabla 9.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) del diámetro de plantones de cacao evaluado a los 30, 60, 90 y 120 días en dos cultivares de cacao

Clon	30 días		60 días		90 días		120 días	
	$\bar{x} \pm EE$	Sig.	$\bar{x} \pm EE$	Sig.	$\bar{x} \pm EE$	Sig.	$\bar{x} \pm EE$	Sig.
CCN-51	1,82 $\pm$ 0,05	a	3,24 $\pm$ 0,14	a	5,86 $\pm$ 0,07	a	8,36 $\pm$ 0,09	a
CMP-15	1,71 $\pm$ 0,05	a	3,20 $\pm$ 0,14	a	5,64 $\pm$ 0,07	b	8,14 $\pm$ 0,09	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Tabla 10.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) del diámetro de plantones de cacao evaluado a los 30, 60, 90 y 120 días por efecto de dosis de enmiendas orgánicas liquidas

Dosis	30 días		60 días		90 días		120 días	
	$\bar{x} \pm EE$	Sig.	$\bar{x} \pm EE$	Sig.	$\bar{x} \pm EE$	Sig.	$\bar{x} \pm EE$	Sig.
3 000 mL	2,09 $\pm$ 0,07	a	3,72 $\pm$ 0,19	a	6,10 $\pm$ 0,10	a	8,73 $\pm$ 0,12	a
1 500 mL	1,80 $\pm$ 0,07	b	3,33 $\pm$ 0,19	a	5,81 $\pm$ 0,10	b	8,39 $\pm$ 0,12	b
750 mL	1,63 $\pm$ 0,07	c	3,15 $\pm$ 0,19	a	5,64 $\pm$ 0,10	b	8,15 $\pm$ 0,12	b
Testigo	1,53 $\pm$ 0,07	c	2,68 $\pm$ 0,19	b	5,45 $\pm$ 0,10	b	7,72 $\pm$ 0,12	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

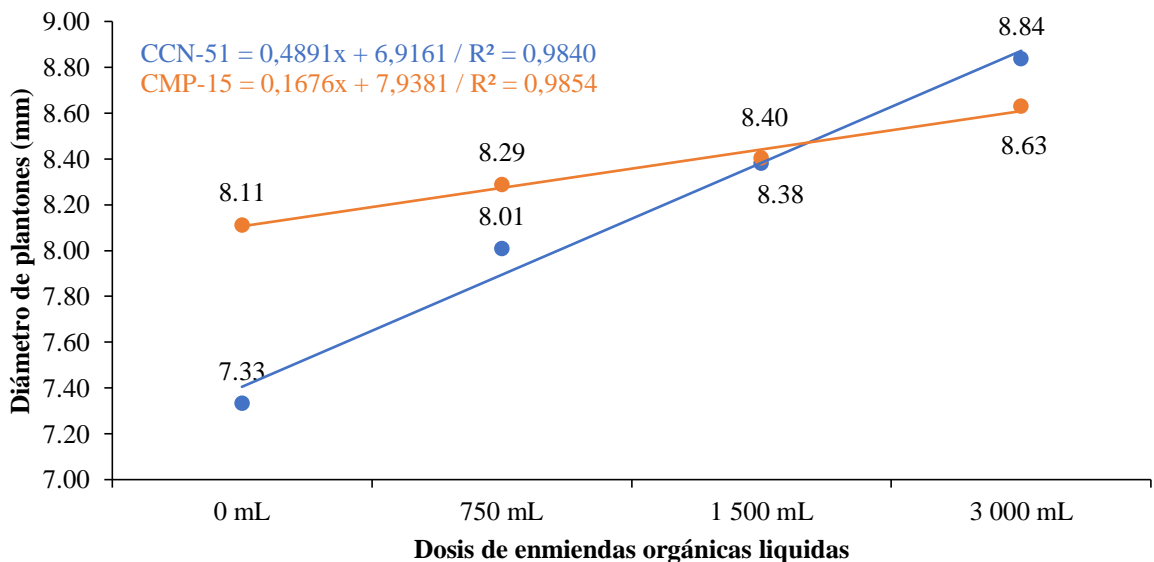
En este contexto, el mayor ajuste se produjo a los 120 días de evaluación, donde el 82 % de la variabilidad se atribuye a los factores en estudio. El menor ajuste se identificó a los 60 días, ya que menos del 50 % del diámetro de los plantones se debe a factores en estudio.

La prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) (Tabla 9) confirma la ausencia de diferencias estadísticas en las evaluaciones de 30 y 60 días, ya que comparten una letra en común, lo que sugiere que los plantones no difieren estadísticamente en cuanto al diámetro durante este período. Sin embargo, a partir de los 90 días de evaluación, el cultivar CMP-15 muestra un mayor diámetro que el cultivar CCN-51, influenciado posiblemente por el contenido de nutrientes en el sustrato (Tabla 4), especialmente en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio, así como por las diferencias genéticas entre los cultivares. En las evaluaciones de 90 y 120 días, los valores promedio de diámetro fueron 5,86 y 8,36 mm para el cultivar CMP-15, lo que difiere estadísticamente del cultivar CCN-51.

En lo que respecta al factor principal "dosis de enmiendas orgánicas líquidas" (Duncan,  $\alpha = 0,05$ ), a los 30 días de evaluación (Tabla 10), se observa un mayor diámetro en los plantones con dosis de 3 000 mL de Avibiol, con un diámetro promedio de 2,09 mm, que difiere estadísticamente de las otras dosis. En segundo lugar, se aprecia que la dosis de 1 500 mL de Avibiol tiene un diámetro promedio de 1,80 mm, lo que también difiere estadísticamente de las dosis de 750 mL y el testigo, que presentan diámetros promedio de 1,63 y 1,53 mm, representando el menor diámetro en los plantones. A los 60 días de evaluación, se observa un mayor diámetro en las tres dosis de enmiendas orgánicas líquidas, con valores promedio de 3,72, 3,33 y 3,15 mm, que resultan estadísticamente iguales pero diferentes del testigo, que muestra un diámetro promedio de 2,68 mm. A los 90 días de evaluación, se aprecia un mayor diámetro en los plantones tratados con 3 000 mL de Avibiol, con un valor promedio de 6,10 mm, que difiere estadísticamente de las dosis de 1 500 y 750 mL de Avibiol y del testigo, que presentan diámetros promedio de 5,81, 5,64 y 5,45 mm, respectivamente. A los 120 días, se observa un mayor diámetro en los plantones tratados con 3 000 mL de Avibiol, con un valor promedio de 8,73 mm, que difiere estadísticamente de las dosis de 1 500 y 750 mL de Avibiol, y del testigo, que muestra un diámetro promedio de 7,72 mm. El aumento en el diámetro es de 1,01 mm en comparación con el testigo

El Avibiol contiene ácidos húmicos, fúlvicos, macro y micro nutrientes, como N, P, K, Ca, Mg, Zc, Mn, Co, B, S, entre otros. Se utiliza con el propósito de enmendar y mejorar la fertilidad física, química y biológica del suelo (Pisco, 2014). La aplicación de enmiendas orgánicas líquidas, como el Avibiol, probablemente se debe a que los ácidos húmicos y fúlvicos, así como el conjunto de enzimas y el contenido de macro y micro nutrientes, promueven un

mayor desarrollo en el diámetro de los plántones (Vites, 2018). Las sustancias húmicas ejercen una gran influencia en el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Veobides et al., 2018). Además, mejoran la fertilidad del suelo, en particular en sus aspectos físicos, químicos y biológicos (González, 2009). Estas sustancias también estimulan el metabolismo de los plántones, aumentando su tolerancia al estrés, cambios climáticos, plagas y enfermedades, factores que influyen directamente en su crecimiento (Rodríguez, 2015).



**Figura 5.** Línea de tendencia del diámetro de plántones de cacao por efecto de dosis de enmienda orgánica líquida a los 120 días después de la instalación en dos cultivares de cacao

En la Figura 5, se observan tamaños de diámetro de tallos similares en las dosis de enmiendas orgánicas líquidas en cultivar CMP-15, aunque se muestra que a mayor dosis el incremento es casi constante con una relación de 98,54 %; no obstante el mayor diámetro de plántones se obtuvo en el cultivar CCN-51, con un valor promedio de 8,84 mm en la dosis de 3 000 mL; se nota que a medida que se incrementa la dosis de enmienda orgánica líquida, el diámetro de las plántones aumenta con una relación de 98,40 %. Además, se observa un efecto positivo en todas las dosis de enmiendas orgánicas líquidas (750, 1 500 y 3 000 mL), ya que los plántones de cacao alcanzaron un mayor diámetro en comparación con el tratamiento testigo. Las enmiendas orgánicas aportan nutrientes al suelo que son indispensables para el desarrollo de los plántones (Vázquez et al., 2020). Los síntomas de deficiencia de nutrientes en los plántones se manifiestan en forma de crecimiento lento y follaje descolorido o malformado

(INTAGRI, 2017). Dado que se sabe que el Avibiol contiene ácidos húmicos, fúlvicos, macro y micro nutrientes que se incorporan al sustrato y mejoran la fertilidad física, química y biológica del suelo (Pisco, 2014), es probable que estos componentes, junto con el conjunto de enzimas y los nutrientes, contribuyan al mayor desarrollo del diámetro de los plantones (Méndez, 2018). La aplicación de enmiendas al suelo estimula los procesos fisiológicos de los plantones, promoviendo una mayor absorción de nutrientes y, como resultado, un mayor desarrollo y aumento del diámetro del tallo (Vites, 2018). Las enmiendas orgánicas también promueven la aireación del suelo, reducen las pérdidas de nutrientes y aumentan la CIC, lo que favorece el crecimiento de los plantones (Cora et al., 2011) y, por consiguiente, el aumento del diámetro del tallo. El mayor incremento en el diámetro fue promovido por la mayor dosis de Avibiol, de 3 000 mL, lo cual concuerda con el trabajo de Vites (2018) en el que se determinó un mayor diámetro de los plantones con la dosis más alta de Avibiol (200 L/ha) en comparación con las dosis más bajas y el tratamiento testigo. El aumento del diámetro de los plantones de cacao (CCN-51 y CMP-15) está relacionado con el aumento de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y CIC debido al efecto del Avibiol, según el análisis de los sustratos (Tabla 4).

#### **4.4. Número de hojas**

El análisis de varianza ( $\alpha = 0,05$ ) para el número de hojas de dos cultivares de cacao y tres dosis de enmiendas orgánicas líquidas (Tabla 11) no muestra diferencias estadísticas en la interacción de los factores ( $A \times B$ ), ya que el valor de probabilidad es mayor al establecido ( $P > 0,05$ ). Esto indica que la interacción no influye en el número de hojas de cacao. Sin embargo, se observan diferencias estadísticas en los tratamientos en las cuatro evaluaciones, ya que el valor de probabilidad es menor al establecido ( $p < 0,05$ ). Además, se observan diferencias estadísticas en el factor principal "cultivar de cacao" en las evaluaciones de 60, 90 y 120 días, lo que sugiere que un cultivar de cacao tendrá un mayor número de hojas. En cuanto al factor principal "enmiendas orgánicas líquidas," se observan diferencias estadísticas en todas las evaluaciones, lo que indica que al menos una dosis de Avibiol resultará en un mayor o menor número de hojas. El coeficiente de variación (CV) fue del 15,59; 9,62; 5,91 y 4,62 %. Según Pimentel (1985), los CV se consideran bajos cuando son inferiores al 10 %, y medios cuando oscilan entre el 10 % y el 20 %. De acuerdo con esta referencia, el experimento muestra un CV más alto en la primera evaluación (30 días), lo que sugiere que a los 30 días de evaluación, el número de hojas de los plantones es disperso en las unidades experimentales (UE). Sin embargo, en las evaluaciones posteriores, el CV es bajo, ya que la emisión de hojas de los plantones es más lenta y uniforme. El coeficiente de determinación ( $R^2$ )

fue de 0,67; 0,73; 0,92 y 0,92. Martínez (2005) indica que el  $R^2$  oscila entre cero y uno, y cuanto más cercano a uno es su valor, mayor es el ajuste del modelo. Según esta referencia, se puede afirmar que la relación entre los factores en el número de hojas fue menor a los 30 días de evaluación y mayor en las evaluaciones de 90 y 120 días, donde se determinó una relación del 92 %, mientras que el 8% restante se debió a factores ambientales o genéticos.

En la prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) (Tabla 12), a los 30 días de evaluación, los dos cultivares de cacao muestran un número similar de hojas y son estadísticamente iguales. Sin embargo, en las evaluaciones de 60, 90 y 120 días, se observó que el cultivar CMP-15 tiene un mayor número de hojas, con valores promedios de 9,42; 14,42 y 18,33 hojas por planta, respectivamente, y esto es estadísticamente diferente al cultivar CCN-51. Es probable que el número de hojas esté influenciado por la estructura genética de cada clon mejorado (Catanesi y Villegas, 2021). Cada clon de cacao se enfoca en variables metabólicas que se encuentran en diferentes órganos de la planta (hojas, tallos, raíces, flores, semillas, tricomas) de acuerdo con su ruta biosintética y su función biológica (Quiñones-Galvez et al, 2015). En lo que respecta a la enmienda orgánica líquida (Tabla 13), en todas las evaluaciones se observa un mayor número de hojas con una mayor dosis de Avibiol (3 000 mL), mientras que el menor número de hojas corresponde a los tratamientos testigo. A los 30 días de evaluación, se determinó un mayor número de hojas en la dosis de 3 000 mL, con un valor promedio de 7,50 hojas por planta, lo cual es estadísticamente diferente a los otros tratamientos. En segundo lugar, se encuentran las dosis de 1 500 y 750 mL, que son estadísticamente iguales y diferentes al tratamiento testigo. A los 60 días de evaluación, todos los tratamientos con enmienda orgánica líquida son estadísticamente iguales y diferentes al tratamiento testigo. La similitud en el número de hojas en las primeras evaluaciones se debe a que los plántones se alimentan del contenido de nutrientes de las semillas (Gamboa, 2015). A los 90 y 120 días de evaluación, se determinó un mayor número de hojas en la dosis de 3 000 mL de Avibiol, con valores promedios de 14,83 y 19,67 hojas por planta, lo cual es estadísticamente diferente a los demás tratamientos. En segundo lugar, se observa la dosis de 1 500 mL de Avibiol con valores promedios de 13,50 y 17,67 hojas por planta, que son estadísticamente diferentes a los demás tratamientos. En tercer lugar, se observa la dosis de 750 mL de Avibiol con un promedio de hojas de 12,33 y 16,17 hojas por planta, lo cual es estadísticamente diferente al tratamiento testigo, que presenta un menor número de hojas. Es importante añadir fuentes nutricionales de N, Ca y P en la etapa vegetativa de los plántones para aumentar los contenidos relativos de clorofila en las hojas (Peña y Cruz, 2020). Por lo tanto, el enriquecimiento nutricional del sustrato con M.O, N, P, K y CIC influye en la emisión de hojas (Tabla 4).

**Tabla 11.** Cuadrado medio del análisis de varianza ( $\alpha = 0,05$ ) del número de hojas de plántones de cacao evaluado a los 30, 60, 90 y 120 días

Fuente de variación	GL	30 días		60 días		90 días		120 días	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Modelo	7	4,00 S	0,01	4,57 S	0,00	14,64 S	<0,00	15,80 S	<0,00
CC (A)	1	1,50 NS	0,21	4,17 S	0,03	54,00 S	<0,00	35,04 S	<0,00
EOL (B)	3	8,78 S	0,00	7,78 S	0,00	16,06 S	<0,00	24,38 S	<0,00
(A x B)	3	0,06 NS	0,98	1,50 NS	0,15	0,11 NS	0,90	0,82 NS	0,31
Error experimental	16	0,88		0,75		0,58		0,63	
Total	23								
CV (%)		15,59		9,62		5,91		4,62	
R <sup>2</sup>		0,67		0,73		0,92		0,92	

S: Significativo

NS: No significativo

CC (A): Cultivo de cacao

EOL (B): Enmienda organica liquida

**Tabla 12.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) del número de hojas de plántones de cacao evaluado a los 30, 60, 90 y 120 días en dos cultivares de cacao

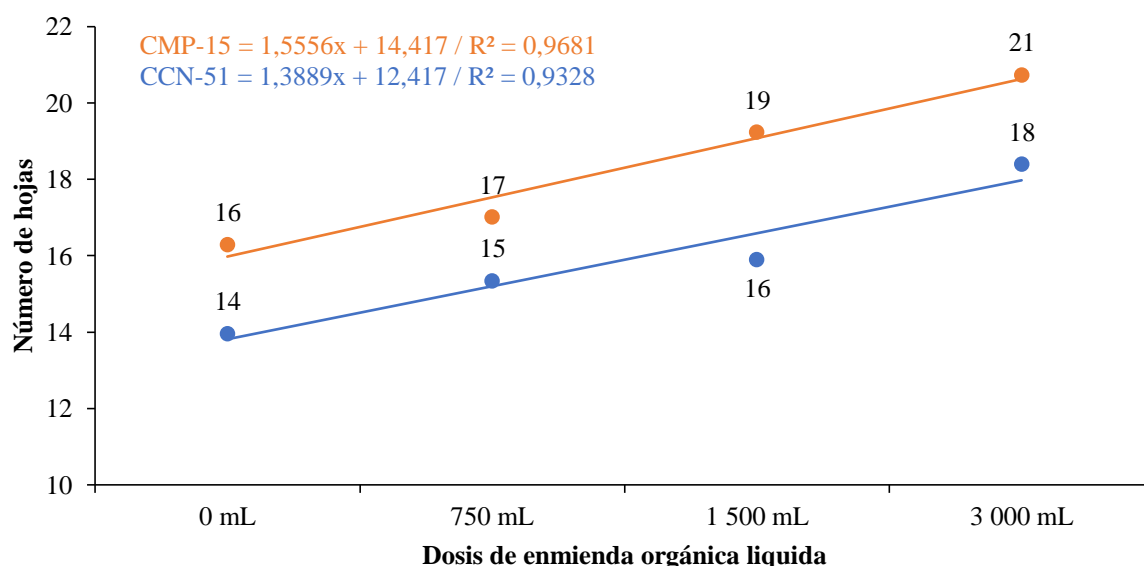
Clon	30 días		60 días		90 días		120 días	
	$\bar{x} \pm EE$	Sig.	$\bar{x} \pm EE$	Sig.	$\bar{x} \pm EE$	Sig.	$\bar{x} \pm EE$	Sig.
CMP-15	6,25 $\pm$ 0,25	a	9,42 $\pm$ 0,27	a	14,42 $\pm$ 0,21	a	18,33 $\pm$ 0,23	a
CCN-51	5,75 $\pm$ 0,25	a	8,58 $\pm$ 0,27	b	11,42 $\pm$ 0,21	b	15,92 $\pm$ 0,23	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Tabla 13.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) del número de hojas de plántones de cacao evaluado a los 30, 60, 90 y 120 días por efecto de dosis de enmiendas orgánicas líquidas

Dosis	30 días		60 días		90 días		120 días	
	$\bar{x} \pm EE$	Sig.	$\bar{x} \pm EE$	Sig.	$\bar{x} \pm EE$	Sig.	$\bar{x} \pm EE$	Sig.
3 000 mL	7,50 $\pm$ 0,35	a	10,17 $\pm$ 0,38	a	14,83 $\pm$ 0,29	a	19,67 $\pm$ 0,33	a
1 500 mL	6,33 $\pm$ 0,35	b	9,50 $\pm$ 0,38	a	13,50 $\pm$ 0,29	b	17,67 $\pm$ 0,33	b
750 mL	5,50 $\pm$ 0,35	b	8,83 $\pm$ 0,38	a	12,33 $\pm$ 0,29	c	16,17 $\pm$ 0,33	c
Testigo	4,67 $\pm$ 0,35	c	7,50 $\pm$ 0,38	b	11,00 $\pm$ 0,29	d	15,00 $\pm$ 0,33	d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

La dosis de 3,000 mL de Avibiol ha sido fundamental en el incremento del número de hojas de los plántones de cacao, ya que el contenido de N, P, K y CIC aumentó en el suelo. Estos elementos son fundamentales para el aumento de la masa aérea de los plántones (Rodríguez y Flórez, 2004), y también ayudan a aumentar la clorofila y el número de hojas (FAO, 2002). Cuando las condiciones del sustrato son adecuadas, con un contenido óptimo de nutrientes, cultivos como la lechuga, las habas, el trigo, la cebada, el arroz, entre otros, aumentan su número de hojas (Cuasapaz, 2015). La aplicación de enmiendas orgánicas líquidas es de gran importancia, ya que son bioestimulantes que influyen en el desarrollo de los plántones debido al contenido de nutrientes en su composición (Hoyos, 2019). Los ácidos húmicos desempeñan un papel importante en el desarrollo de los plántones al mejorar las propiedades del suelo, especialmente al aumentar la capacidad de intercambio catiónico (Méndez, 2018).



**Figura 6.** Línea de tendencia del número de hojas de plántones de cacao por efecto de dosis de enmienda orgánica líquida a los 120 días después de la instalación en dos cultivares de cacao

La Figura 6, ofrece una perspectiva interesante de la relación entre el número de hojas y los dos cultivares de cacao, CMP-15 y CCN-51, en particular, destaca el hecho de que el cultivar CMP-15 exhibe un mayor número de hojas en comparación con el cultivar CCN-51 con una relación de 96,81 y 93,28 %, lo que sugiere la influencia de las características genéticas únicas de cada variedad en la formación de hojas. Sin embargo, lo más notable es la observación

de que a medida que se incrementa la dosis de enmienda orgánica líquida, ambos cultivares muestran un aumento significativo en el número de hojas. Este fenómeno subraya el impacto positivo de las enmiendas orgánicas líquidas en varios aspectos del crecimiento de los plántones de cacao, no solo en el número de hojas, sino también en la altura y el diámetro del tallo.

El papel del genotipo en la formación de hojas se reconoce como un factor crucial, donde las peculiaridades genéticas de cada cultivar pueden influir en la producción y distribución de hojas. Además, la nutrición de la planta desempeña un rol fundamental en este proceso, ya que los nutrientes disponibles en el sustrato tienen un impacto directo en la capacidad de la planta para desarrollar un mayor número de hojas.

No obstante, las condiciones climáticas y ambientales también son factores clave. Aspectos como la cantidad de agua disponible, la temperatura del aire y la radiación solar pueden afectar la tasa de crecimiento y la formación de hojas en los plántones de cacao. En conjunto, estos elementos crean un escenario complejo en el cual el genotipo, la nutrición y el entorno interactúan para determinar el número de hojas que se desarrollan en los plántones de cacao.

#### **4.5. Peso fresco y seco de plántones**

Esta variable se evaluó después de 120 días del trasplante de las semillas (Tabla 14). Se determinó que no existe diferencia estadística en la interacción de los factores ( $A \times B$ ), lo que indica que la influencia de esta interacción no es recíproca. En otras palabras, para obtener mejores resultados en cuanto al peso de los plántones, ya que el valor de probabilidad es mayor al planteado ( $p > 0,05$ ), se puede decir que tanto el peso fresco como el peso seco de los plántones de los dos cultivares serán estadísticamente iguales.

No obstante, se observan diferencias estadísticas significativas en los tratamientos y factores principales en lo que respecta al peso fresco de los plántones de cacao. Esto implica que un cultivar de cacao obtendrá un mayor peso fresco que el otro. También, una dosis de Avibiol ejercerá influencia en el peso fresco de los plántones de cacao. En relación al peso seco de los plántones, los dos cultivares de cacao son estadísticamente iguales entre sí. Sin embargo, en cuanto a las distintas dosis de Avibiol, al menos una de ellas será diferente y logrará un mayor peso seco.

El coeficiente de variación (CV) fue del 8,82 y 8,18 %. Pimentel (1985) señala que normalmente, en los ensayos agrícolas de campo, los CV se consideran bajos cuando son inferiores al 10 %. Teniendo en cuenta esta referencia, podemos afirmar que las variables en estudio presentan una baja dispersión de medidas en las Unidades Experimentales (UE).

En cuanto al coeficiente de determinación ( $R^2$ ), se obtuvo un valor de 0,81 y 0,78. Según Martínez (2005), el  $R^2$  oscila entre cero y uno, y cuanto más cerca de uno se sitúe su valor, mayor será el ajuste del modelo. En este experimento, se determinó el mayor ajuste en el peso fresco, donde el 81 % de la variabilidad es explicada por los factores en estudio, mientras que el menor ajuste fue del 78 %.

**Tabla 14.** Cuadrado medio del análisis de varianza ( $\alpha = 0,05$ ) del peso fresco y seco de plántones de cacao, evaluado a los 120 días

Fuente de variación	GL	Peso fresco		Peso seco	
		CM	p-valor	CM	p-valor
Modelo estadístico	7	111,40 S	0,00	10,16 S	0,00
CC (A)	1	121,64 S	0,00	1,14 NS	0,36
EOL (B)	3	201,15 S	<0,00	21,62 S	<0,00
(A x B)	3	18,23 NS	0,22	1,70 NS	0,20
Error experimental	16				
Total	23				
CV (%)		8,82		8,18	
$R^2$		0,81		0,78	

La prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) arroja resultados significativos al comparar los cultivos de cacao, destacando que el cultivar CMP-15 exhibe un mayor peso fresco, con un valor promedio de 40,26 g, en contraste con el cultivar CCN-51, que registra un valor promedio de 35,76 g en peso fresco. Sin embargo, en el caso del peso seco, ambos cultivos muestran igualdad estadística (Tabla 15).

Las enmiendas orgánicas desempeñan un papel fundamental como estrategia para fomentar el desarrollo de los plántones y mejorar las propiedades del suelo, además de contribuir a la productividad, estas enmiendas tienen un impacto beneficioso en el suelo al restituir una serie de elementos agotados durante el proceso productivo, como señala Pérez et al. (2022). La aplicación de enmiendas orgánicas en forma de materia orgánica humificada tiene la capacidad de mejorar las características del suelo, estimulando la colonización de microorganismos que actúan como promotores del crecimiento de los plántones. Asimismo, optimiza el metabolismo de los plántones, lo que resulta esencial en situaciones de estrés, como sugiere Valero et al. (2018).

El Avibiol, una enmienda orgánica líquida específica, se ha demostrado como una herramienta eficaz para el incremento del tamaño de los plántones. Además, promueve un aumento en el rendimiento de peso fresco por planta, como se menciona en el informe de Agraria (2022). Estos resultados subrayan la relevancia de la elección de enmiendas adecuadas

en la agricultura para potenciar el crecimiento y la producción de cultivos, lo que a su vez impacta en la calidad y cantidad de la cosecha.

**Tabla 15.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) del peso fresco y seco de plantones de cacao evaluado a los 120 días en dos cultivares de cacao

Clon	Peso fresco		Peso seco	
	$\bar{x} \pm EE$	Sig.	$\bar{x} \pm EE$	Sig.
CMP-15	40,26 $\pm$ 0,97	a	14,01 $\pm$ 1,95	a
CCN-51	35,76 $\pm$ 0,97	b	13,57 $\pm$ 1,95	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

La prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para las dosis de enmienda orgánica líquida (Tabla 16) revela un mayor peso fresco en las dosis de 3 000 mL de Avibioli, con un valor promedio de 46,07 g, lo cual es estadísticamente diferente de los demás tratamientos, por otro lado, las dosis de 1 500 y 750 mL de Avibioli, junto con el tratamiento testigo, muestran igualdad estadística, obteniéndose pesos de 37,83; 35,59 y 32,55 g, respectivamente.

En lo que respecta al peso seco de los plantones, se observa un mayor peso en las dosis de 3 000 mL de Avibioli, con un valor promedio de 16,10 g, y esto resulta estadísticamente diferente de los otros tratamientos, en segundo lugar, se encuentra la dosis de 1 500 mL de Avibioli, con un valor promedio de 14,42 g, lo que también es estadísticamente diferente de los otros tratamientos, en tercer lugar, se ubican los tratamientos con dosis de 750 mL de Avibioli y el tratamiento testigo, con un peso seco de 12,91 y 11,72 g, respectivamente.

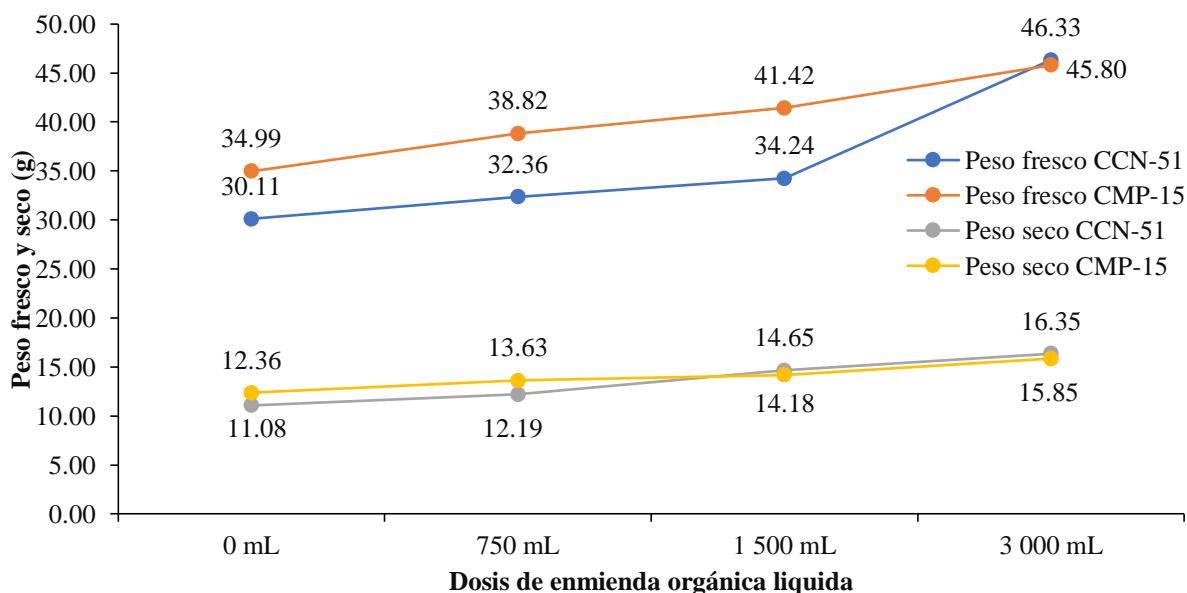
**Tabla 16.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) del peso fresco y seco de plantones de cacao evaluado a los 120 días por efecto de dosis de enmiendas orgánicas líquidas

Dosis	Peso fresco		Peso seco	
	$\bar{x} \pm EE$	Sig.	$\bar{x} \pm EE$	Sig.
3 000 mL	46,07 $\pm$ 1,37	a	16,10 $\pm$ 0,46	a
1 500 mL	37,83 $\pm$ 1,37	b	14,42 $\pm$ 0,46	b
750 mL	35,59 $\pm$ 1,37	b	12,91 $\pm$ 0,46	c
Testigo	32,55 $\pm$ 1,37	b	11,72 $\pm$ 0,46	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

A mayor dosis de enmienda orgánica líquida Avibioli, se observa un mayor peso en los plantones de cacao de ambos cultivares (Figura 7). Además, en todos los tratamientos en los que se aplicó Avibioli, se registró un mayor peso en los plantones de cacao en comparación con el tratamiento testigo. En particular, a una dosis de 3 000 mL, el clon CCN-51 obtuvo un mayor peso fresco y seco que el clon CMP-15. Esto podría estar influenciado por el contenido

de materia orgánica y fósforo, como se muestra en el análisis de los sustratos (Tabla 4). Cuando se añade una mayor dosis de un producto al suelo, se produce un incremento de nutrientes en el suelo, que son aprovechados por la planta (Delgado, 2017).



**Figura 7.** Líneas de tendencia de peso fresco y seco de plantones de cacao por efecto de dosis de enmienda orgánica líquida a los 120 días en dos cultivares de cacao

Si comparamos las dosis más bajas de 750 y 1 500 mL de Avibiol junto con el tratamiento testigo, observamos que se obtienen mejores resultados en el clon CMP-15. Esto posiblemente se deba a las diferencias filogenéticas entre los clones de cacao estudiados (Bidot et al., 2021). El mayor peso fresco y seco de los plantones del clon CMP-15 (750 mL, 1 500 mL y testigo) guarda relación con la altura, el diámetro y el número de hojas, ya que se obtuvieron los mejores resultados en los plantones de este clon (CMP-15). Además, el peso seco está relacionado con el peso fresco, ya que un mayor peso fresco resulta en un mayor peso seco. Avibiol es una enmienda orgánica líquida que contiene aminoácidos, metabolitos orgánicos, macro y micronutrientes biodisponibles de fácil absorción (Dionisio, 2020). Además, posee una carga microbiana importante de actinomicetos, bacterias y hongos saprófitos, algunos de los metabolitos secretados por esta población microbiana actúan como promotores del desarrollo de la planta (Dionisio, 2020).

Los microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PCV) conforman un grupo de diferentes especies que pueden aumentar el crecimiento y la productividad de los plantones. Entre los organismos más conocidos se encuentran las especies pertenecientes a los

géneros *Rhizobium* sp, *Pseudomonas* sp. y *Azospirillum* (González y Fuentes, 2016). Esto se debe a la presencia de nutrientes como azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos y otras pequeñas moléculas que se encuentran en los exudados de las raíces de los plantones, y que pueden constituir un tercio del carbono fijado por las mismas (Pérez-Portuondo et al., 2016). Estos componentes se detallan en la ficha técnica del producto.

#### 4.6. Volumen de raíces de plantones de cacao

El análisis de varianza muestra que no hay diferencias estadísticas en la interacción de factores, ya que el valor de probabilidad es mayor al nivel establecido ( $\alpha = 0,05$ ). Esto indica que en todas las combinaciones de factores, el volumen de raíces es estadísticamente igual (Tabla 17). Sin embargo, se observan diferencias estadísticas en el modelo estadístico y en el factor principal "dosis de enmienda orgánica líquida", ya que el valor de probabilidad es menor al nivel establecido ( $p < 0,05$ ). Esto significa que al menos una dosis de enmienda orgánica líquida difiere en cuanto al volumen de raíces de los plantones de cacao. Además, se observa que no hay diferencias estadísticas en el factor principal "cultivar de cacao", ya que el valor de probabilidad es mayor al nivel establecido ( $p > 0,05$ ). Esto indica que los dos cultivares de cacao presentan un volumen de raíces igual desde el punto de vista estadístico.

**Tabla 17.** Análisis de varianza ( $\alpha = 0,05$ ) para volumen de raíces de plantones de cacao, evaluado a los 120 días después de la instalación

Fuente de variación	SC	GL	CM		p-valor
Modelo estadístico	9516,67	7	1359,52	S	0,00
CC (A)	16,67	1	16,67	NS	0,80
EOL (B)	8483,33	3	2827,78	S	0,00
(A x B)	1016,67	3	338,89	NS	0,30
Error experimental	4066,67	16	254,17		
Total	13583,34	23			
CV (%)	17,55				
R <sup>2</sup>	0,70				

El coeficiente de variación (CV) fue del 17,55, lo que se considera una variación media según los datos utilizados por Gordón y Camargo (2015). Asimismo, el coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) es de 0,70. En este sentido, Martínez menciona que el valor de R<sup>2</sup> oscila entre cero y uno, y cuando este valor se acerca a uno, la dependencia de los factores es mayor para explicar la variable en estudio. Por lo tanto, el 70 % de los resultados en relación al

volumen de raíces se debe a los efectos de los factores en estudio, mientras que el 30 % restante se atribuye a otros factores.

La prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) revela que se observa un mayor volumen de raíces con dosis de 3 000 mL de Avibiol, con un valor promedio de 120 cm<sup>3</sup>, y es estadísticamente diferente a los demás tratamientos. Además, las dosis de 1 500 y 750 mL de Avibiol y el testigo son estadísticamente iguales (Tabla 18).

El Avibiol promueve la aireación del suelo, retiene adecuada humedad, minimiza la pérdida de nutrientes y aumenta la capacidad de intercambio catiónico (CIC); por lo tanto, incrementa el número de raíces (Vites, 2018). También, aumenta la vida productiva de los plántones, ya que su aplicación genera una base radicular más frondosa (León, 2014).

El ácido húmico estimula el crecimiento de las raíces (INFOAGRO, 2015). Según la ficha técnica del producto, contiene un contenido de M.O. total del 7 al 14 %, ácido húmico del 0,3 al 1 %, ácido fúlvico del 0,13 al 2,63 %, extracto húmico total del 0,4 al 0,54 %, entre otros componentes. Esto explica por qué se determina un mayor crecimiento de raíces con la aplicación del producto en comparación con el testigo.

**Tabla 18.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para factorial principal dosis de enmiendas orgánicas líquidas evaluado a los 120 días después de la instalación.

Dosis	X ± EE	Sig.
3 000 mL.	120,00 ± 6,51	a
1 500 mL.	91,67 ± 6,51	b
750 mL.	83,33 ± 6,51	b
Testigo.	68,33 ± 6,51	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Además, el Avibiol mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Orozco et al., 2016). Favorece el desarrollo vegetal y optimiza el crecimiento radicular. Los nutrientes como el fósforo (P) y el calcio (Ca) son importantes para el crecimiento de las raíces (Alcántara et al., 2019), lo cual respalda los resultados del experimento. De acuerdo con el análisis de sustrato (Tabla 4), se determina un incremento de P y Ca, lo que estimula el número y el volumen de raíces de los plántones de cacao.

La ficha técnica del producto lo define como un biofertilizante que mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. La condición física del suelo influye en aspectos como su rigidez, fuerza de sostenimiento, facilidad para la penetración de las raíces,

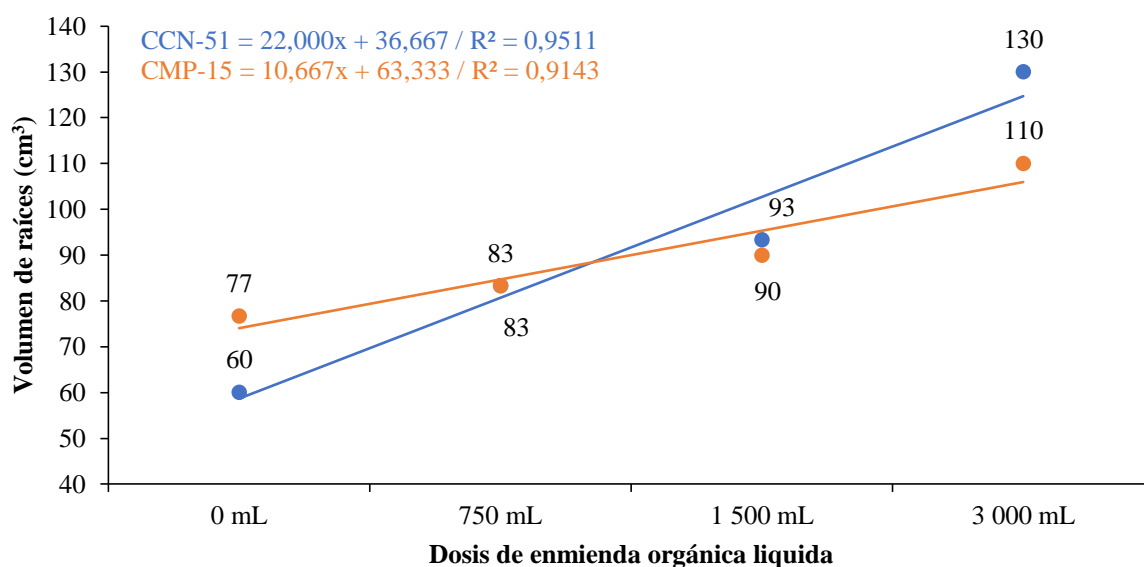
aireación, capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, plasticidad y retención de nutrientes (Rucks et al., 2004).

Al igual que las demás variables en estudio, el volumen de raíces aumentó con una mayor dosis de Avibiol, lo que resultó en un mayor volumen de raíces en los plantones del cultivar CCN-51. El incremento fue de 70 cm<sup>3</sup>, por lo que se recomienda una dosis de 3 000 mL del producto para obtener mejores resultados en cuanto al volumen de raíces.

Las enmiendas orgánicas líquidas aumentan el volumen de raíces debido a su composición mineral y microorganismos (Pérez et al., 2022). Favorecen el desarrollo de la actividad biológica del suelo y aumentan el volumen de raíces (Pérez et al., 2022). Además, provocan diversos efectos beneficiosos, como el aporte de nutrientes, la estimulación del desarrollo radicular e incorporan microorganismos beneficiosos implicados en el ciclo de diferentes nutrientes (Vázquez et al., 2020). Algunos microorganismos benéficos, como las bacterias, pueden mejorar el crecimiento de los plantones al movilizar compuestos del suelo y ponerlos a disposición de la planta como nutrientes (Alejandro, 2011).

Se sabe que la materia orgánica contribuye al aumento de la disponibilidad de fósforo (P), lo que favorece el crecimiento de las raíces (Vázquez et al., 2020). Los ácidos húmicos también aumentan el volumen radicular, lo que resulta en una mayor absorción de elementos nutritivos y un mayor desarrollo vegetativo (Veobides et al., 2018). Estos ácidos húmicos elevan la permeabilidad de la membrana celular de las raíces, lo que a su vez incrementa la toma de agua y nutrientes por la planta, ayudando al movimiento de iones metálicos transportados dentro de la planta (Gallo, 2018). La incorporación de ácidos húmicos del suelo es fundamental para la estabilidad y actividad de las enzimas, las cuales se encargan de descomponer la materia orgánica presente en el sustrato y promueven la actividad del meristemo apical (Reyes, 2019). Los ácidos orgánicos pueden actuar de manera sinérgica regulando la elongación del pelo radicular (Maldonado-Cortés et al., 2015). Todos estos factores contribuyen al mayor volumen de raíces con la aplicación del Avibiol.

El análisis detallado de la Figura 8 revela que a medida que se incrementa la dosis de enmienda orgánica líquida Avibiol, se aprecia un aumento significativo en el volumen de las raíces de los plantones de cacao de ambos cultivares. Estos resultados son especialmente notables, ya que todos los tratamientos que involucraron la aplicación de Avibiol superaron al tratamiento testigo en cuanto al peso de los plantones de cacao. Es relevante destacar que, en particular, el clon CCN-51 experimentó un aumento sustancial en el volumen de sus raíces cuando se aplicó una dosis de 3 000 mL de Avibiol



**Figura 8.** Volumen de raíces de plántulas de cacao por efecto de dosis de enmienda orgánica líquida a los 120 días en dos cultivares de cacao

Esta dosis resultó en un incremento del 95,11 % en el volumen de las raíces del clon CCN-51 en comparación con el clon CMP-15, que también mostró un aumento significativo del 91,43 %. La influencia positiva de la dosis de Avibiol en el desarrollo de las raíces podría estar relacionada con el contenido de materia orgánica y fósforo presente en los sustratos, tal como se detalla en el análisis correspondiente. Estos resultados respaldan la importancia de la dosificación adecuada de enmiendas orgánicas líquidas en el cultivo de cacao, lo que se traduce en un mayor desarrollo de las raíces y, por ende, en el crecimiento y la salud general de los plántulas (Tabla 4).

#### 4.7. Análisis económicos de los tratamientos

El costo total de los tratamientos varía desde 50,75 hasta 110,75 soles (Tabla 19), los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>5</sub> (Testigos) presentando el costo más bajo (50,75 soles) debido a la ausencia de enmiendas líquidas, mientras que los tratamientos T<sub>4</sub> y T<sub>8</sub> tienen el costo más alto (110,75 soles) por la mayor cantidad de enmienda líquida (3000 mL de Ávibiol). El costo de los plántulas también varía de 1,00 a 2,00 soles, siendo esta diferencia atribuida al tamaño de los plántulas, ya que plántulas más grandes tienen mayores costos; el tratamiento que presenta el mayor ingreso bruto es el T<sub>8</sub> (120,00 soles), ya que se mostró los plántulas más grandes, mientras que el menor ingreso bruto corresponde a los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>5</sub> y T<sub>6</sub> (60,00 soles), los cuales fueron plántulas de menor tamaño.

**Tabla 19.** Análisis de beneficio y costo de la producción de dos cultivares de cacao por efecto de dosis de enmiendas orgánicas líquidas

Trat.	Costo de producción/Tratamiento										
	Suelo	Semilla	Enmienda líquida	Labores agronómicas	Costo total	Número de plantas	Costo de plántones	Ingreso bruto	Utilidad	Beneficio costo	Índice de rentabilidad
T <sub>1</sub>	18,00	1,50	0,00	31,25	50,75	60	1,00	60,00	9,25	1,18	0,18
T <sub>2</sub>	18,00	1,50	15,00	31,25	65,75	60	1,00	60,00	-5,75	0,91	-0,09
T <sub>3</sub>	18,00	1,50	30,00	31,25	80,75	60	1,00	60,00	-20,75	0,74	-0,26
T <sub>4</sub>	18,00	1,50	60,00	31,25	110,75	60	1,50	90,00	-20,75	0,81	-0,19
T <sub>5</sub>	18,00	1,50	0,00	31,25	50,75	60	1,00	60,00	9,25	1,18	0,18
T <sub>6</sub>	18,00	1,50	15,00	31,25	65,75	60	1,50	90,00	24,25	1,37	0,37
T <sub>7</sub>	18,00	1,50	30,00	31,25	80,75	60	1,50	90,00	9,25	1,11	0,11
T <sub>8</sub>	18,00	1,50	60,00	31,25	110,75	60	2,00	120,00	9,25	1,08	0,08

**Leyenda**T<sub>1</sub> = Testigo + CCN-51T<sub>2</sub> = 750 mL de Avibiol + CCN-51T<sub>3</sub> = 1 500 mL de Avibiol + CCN-51T<sub>4</sub> = 3 000 mL de Avibiol + CCN-51T<sub>5</sub> = Testigo + CMP-15T<sub>6</sub> = 750 mL + CMP-15T<sub>7</sub> = 1 500 mL + CMP-15T<sub>8</sub> = 3 000 mL + CMP-15

En términos de utilidad, el tratamiento T<sub>6</sub> (750 mL de Ávibiol) tiene la mayor utilidad (24,25 soles), debido a un balance favorable entre el costo de producción y el ingreso obtenido, mientras que los tratamientos T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> (-20,75 soles) muestran una utilidad negativa debido a los altos costos asociados a la aplicación de enmiendas; el mayor beneficio/costo se observa en el tratamiento T<sub>6</sub> (1,37), indicando que esta dosis de enmienda líquida maximiza la relación entre ingresos y costos, mientras que el tratamiento T<sub>3</sub> (0,74) presenta el menor beneficio/costo, indicando pérdidas.

La ganancia por sol invertido, calculada a través del índice de rentabilidad, varía entre los tratamientos, de manera que el tratamiento T<sub>6</sub> (750 mL de Ávibiol) ofrece la mayor ganancia por sol invertido, con 0,37 soles, lo que indica una alta eficiencia económica en comparación con los demás tratamientos, en comparación con los tratamientos T<sub>3</sub> (1500 mL de Ávibiol) y T<sub>4</sub> (3000 mL de Ávibiol) que muestran pérdidas, con valores de -0,26 y -0,19 soles por cada sol invertido, reflejando que los costos superan los ingresos en estos casos. Otros tratamientos, como T<sub>1</sub> y T<sub>5</sub> (testigos), presentan una ganancia de 0,18 soles por cada sol invertido, mientras que T<sub>7</sub> (1500 mL de CMP-15) y T<sub>8</sub> (3000 mL de CMP-15) muestran ganancias más modestas, de 0,11 y 0,08 soles por sol invertido. Esto sugiere que, aunque algunas dosis de enmienda pueden ser rentables, la eficiencia económica depende significativamente de la cantidad utilizada y del tipo de enmienda aplicada.

La aplicación de dosis moderadas de enmiendas orgánicas puede mejorar significativamente el rendimiento de los cultivos y, al mismo tiempo, optimizar los costos de producción, siempre que las dosis no excedan un nivel en el que los beneficios adicionales de crecimiento se vean superados por el aumento de los costos (Murillo-Montoya et al., 2020). En este contexto, los resultados de la Tabla 19, indican que el tratamiento T<sub>6</sub>, con una dosis moderada de 750 mL de Ávibiol, presenta la mayor ganancia por sol invertido (0,37), lo cual concuerda con la observación de Tuesta-Pinedo et al., (2016), quienes señalaron que las dosis moderadas de enmiendas orgánicas no solo mejoran la productividad de los cultivos de cacao sino que también son económicamente más viables en comparación con dosis más altas. Esto se debe a que las dosis elevadas de enmiendas, como se observa en T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>, pueden incrementar significativamente los costos de producción sin un aumento proporcional en los ingresos, lo que resulta en índices de rentabilidad negativos, como también se evidenció en el estudio de Cerón y Caicedo (2023) donde se encontró que las aplicaciones excesivas de enmiendas orgánicas en cacao no resultaron rentables debido a la disminución de la relación beneficio-costo

## V. CONCLUSIONES

1. La aplicación de la enmienda orgánica líquida Avibiol resultó en una mejora significativa en el contenido de nutrientes del suelo en comparación con el tratamiento testigo. Específicamente, la dosis de 3 000 mL de Avibiol que logró un incremento notable de nutrientes en ambos cultivares de cacao, lo que sugiere su eficacia en enriquecer el suelo.
2. La aplicación de 3 000 mL de Avibiol también se asoció con un mayor crecimiento en términos de altura, diámetro del tallo y número de hojas en los plántones. Estos resultados fueron especialmente notorios en el cultivar de cacao CMP-15, lo que destaca la influencia positiva de esta enmienda en el desarrollo vegetativo.
3. En cuanto al peso de los plántones y el volumen de raíces, nuevamente se encontró que la dosis de 3 000 mL de Avibiol generó los mejores resultados. En este caso, el cultivar de cacao CCN-51 fue el que obtuvo el mayor beneficio de esta enmienda, lo que demuestra su capacidad para mejorar el crecimiento radicular y el peso de los plántones en este cultivo.
4. Los ingresos brutos son notables en T4 y T8 (210 y 240 soles), pero T2 y T6 son los más rentables con 81,30 y 111,30 soles. Estos dos últimos logran relaciones beneficio-costos de 1,82 y 2,13 soles, respectivamente, indicando que cada sol invertido genera un retorno de 0,82 y 1,13 soles.

## **VI. PROPUESTAS A FUTURO**

1. Realizar trabajos con enmiendas orgánicas líquidas en campo definitivo, debido que mejoren las características y mejore el desarrollo de los plántones.
2. Se recomienda hacer ensayos de enmiendas orgánicas líquidas con mayor dosis o concentración debido que a mayor dosis puede incrementar los minerales en suelo y obtener mejores plántones.
3. Se recomienda realizar bio fermentos a base de estiércol de gallinaza, debido que presenta características favorables para el cultivo.
4. Se recomienda repetir el trabajo de investigación incrementando el número de muestras y repeticiones para mejorar los resultados.

## VII. REFERENCIAS

- Abello, C. F. (2022). *Evaluación de bioestimulantes a base de aminoácidos y quitosano en el Crecimiento y rendimiento de tomate (Solanum lycopersicum L.) bajo invernadero*. [Tesis de grado, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales]. Repositorio. <https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/4990/Tesis%20de%20grado%20tomate%20Cristian%20Abello.pdf?sequence=1>.
- Acuña, M., Pizuri, J. L., Delgado, H. (2020). *Técnicas de propagación de cacao (Theobroma cacao L.)*. Dirección Regional de Agricultura San Martín.
- Agraria. (2022). *Avibiol-bioefector, más que solo raíces*. <https://agraria.pe/noticias/avibiol-bioefector-mas-que-solo-raices-27573>.
- Alcantara, J. S., Acero, J., Alcántara, J. D y Sánchez, R. M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *NOVA 17*(32), 109-129. <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>
- Alconada, M. M., Lanfranco, J. W., Pellegrini, A. E. (2015). *Suelo en el paisaje*. Universidad Nacional de la Plata. <https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar>.
- Alejandro, M. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantones: Micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. una revisión. *Divulgación Científica 14*(2), 15-31. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v14n2/v14n2a03.pdf>
- Arguello, O., Mejía, L., Palencia, C. (2000). *Tecnología para el mejoramiento de sistemas de producción de cacao, Corpoica, Bucaramanga, Colombia*. Revisado el 30 de marzo del 2023. <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3832/1/220.1.pdf>
- Batista, L. (2009). *Guía técnica el cultivo de cacao en la República Dominicana*. CEDAF. Revisado el 30 de marzo del 2023. <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/cacao.pdf>
- Berríos, J. P. (2015). *Fuentes y niveles de materia orgánica en condiciones de invernadero*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima]. Repositorio. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1631/TESIS%20JUAN%20PABLO%20BERRIOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bidot, L., Fernández, Y., Bertin, P., Marie, H., Riera, M. C., Valdés de la Cruz, M., Declerck, S y Decock, C. (2021). Diversidad morfológica, genética y fitopatología del cacao (*Theobroma cacao L.*) tradicional cubano. *Academia de Ciencias de Cuba, Cuba 11*(3), 10. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/444/4442475002/html/>

- Brady, N., Weil, R. (1999). *The nature and properties of soils*. Prentice Hall. New Jersey, NJ, USA. Revisado el 30 de marzo del 2023. [https://sofdi.com/interven/soil-heaLth/?gclid=EAIaIQobChMIyt2614SF\\_gIVz0FIAB1C4gFNEAAYASAAEgJOCfD\\_BwE](https://sofdi.com/interven/soil-heaLth/?gclid=EAIaIQobChMIyt2614SF_gIVz0FIAB1C4gFNEAAYASAAEgJOCfD_BwE)
- Brechelt, A. (2004). *Manejo ecológico del suelo*. Fundación Agricultura y Medio Ambiente. Revisado el 30 de marzo del 2023. <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/ais-2015/manejo-ecol-suelo-fama.pdf>
- Burga, E. (2016). *Influencia del índice de cosecha sobre la calidad sensorial del grano de cacao (Theobroma cacao L.) del clon CCN-51 en la provincia de Mariscal Cáceres - San Martín* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio Institucional UNSM. [https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/530/1/TFAI\\_25.pdf](https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/530/1/TFAI_25.pdf)
- Camarena, F., Chura, J., Blas, R. H. (2012). *Mejoramiento genético y biotecnológico de plantas*. Agrobanco. UNALAM. [https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/MEJORAMIENTO\\_GENETICO\\_Y\\_BIOTECNOLOGICO\\_DE\\_PLANTAS.pdf](https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/MEJORAMIENTO_GENETICO_Y_BIOTECNOLOGICO_DE_PLANTAS.pdf)
- Cantarero, R. J y Martínez, O. A. (2002). *Evaluación de tres tipos de fertilizante (gallinaza, estiércol de vacuno, y un fertilizante mineral) en el cultivo de maíz (Zea mays L.). Variedad NB-6*. [Trabajo de diplomado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio. <https://repositorio.una.edu.ni/1853/1/tnf04c229.pdf>
- Catanesi, C. I y Villegas, E. E. (2021). *Elementos de genética para estudiantes de ciencias biológicas*. Facultad De Ciencias Naturales y Museo. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/129625/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/129625/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed)
- Cedeño, S. (2011). *La revolución del cacao CCN-51*. Un ejemplo de prosperidad sostenible. Seminario. Ecuador. Revisado el 24 de noviembre del 2019. <http://appcacao.org/descargas/seminario2011>.
- Centro de Comercio Internacional UNCTAD/OMC. (2001), *Cacao guía de prácticas comerciales*. Centro de Comercio Internacional. [https://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/Cacao\\_Guia\\_de\\_practicas\\_comerciales.pdf](https://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/Cacao_Guia_de_practicas_comerciales.pdf).
- Cerón, A., Caicedo, G. (2023). Análisis comparativo de rentabilidad de los sistemas productivos de cacao orgánico y convencional en el municipio de Algeciras, Huila. *Agricolae & Habitat*, 7(1), 1-15.
- Coral, D. M., Lozano, M., Moreno, D. (2011). *Prácticas culturales y de manejo de suelos. Ante los efectos de la variabilidad climática desde la finca del productor*. Sociedad de Agricultores de Colombia. <https://sac.org.co/wp-content/uploads/2013/05/Cartilla-Suelos.pdf>

- Cuasapaz, E. R. (2015). *Evaluación de tres dosis de brasinosteroides en dos clones del cultivo de arveja (Pisum sativum Linneo), en el cantón San Pedro de Huaca provincia del Carchi*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. DSPACE. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/1059/T-UTB-FACIAG-AGR-000211.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- De La Cruz, J., Vargas, A. M., Del Ángel, O. A. (s/f). *Cacao: operaciones postcosecha*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. (FAO). Revisado el 22 de noviembre del 2019. <http://www.fao.org/3/a-au995s.pdf>.
- 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 UNSCH. <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/31bb254c-06f9-4532-8e5c-1ac7b2a753e2/content>
- Delgado, D. M. (2017). Aplicación de enmiendas orgánicas para la recuperación de propiedades físicas del suelo asociadas a la erosión hídrica. *Lámpsakos* 17(1): 77-83. <https://www.redalyc.org/journal/6139/613964504009/html/>
- Dionisio, E. E. (2020). *Impacto de productos biodegradables aplicados al suelo sobre la acumulación de cadmio en cacao (Theobroma cacao L.)*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4568/dionisio-flores-erick-edinson.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Echeverri, J. H. (2013). *Tecnología en la producción de cacao moderna. Manual para productores orgánicos*. Ministerio de Agricultura y Ganadería Costa Rica. Revisado el 22 de noviembre del 2019. [http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10551\(2\).pdf](http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10551(2).pdf).
- Estrada, W. J. M.; Romero, X. G.; Moreno, J. A. (2011). *Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas* (CATIE y CONFRAS). El Salvador. <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/01>.
- Estupiñán-Nieves, I., Montaña-Angulo, L. (2017). Prospección y caracterización de árboles promisorios de cacao (*Theobroma cacao L.*) en el río Onzole. *Dominio de las ciencias*, 3(1), 100-125.
- Federación Nacional de Cacaoteros. (2004). *Fondo Nacional del Cacao. Módulos técnicos: federación Nacional de Cooferos*
- Fernando, J., Alberto, A., Puerta, A., Mejía, R. (2012). *El cultivo de cacao*. Medellín Colombia. Revisado el 30 de marzo del 2023. [http://infocafes.com/portal/wpcontent/uploads/2016/12/paquete\\_tecnologico\\_cacao\\_cn\\_ch\\_enero\\_2012.pdf](http://infocafes.com/portal/wpcontent/uploads/2016/12/paquete_tecnologico_cacao_cn_ch_enero_2012.pdf).

- Florida Rofner, N., Navarro Vásquez, L., Rengifo Rojas, A., Nazar Cipriano, J. (2021). *Producción del cacao CCN-51 con manejo orgánico y convencional en Padre Abad, Ucayali-Perú*. Editorial EIDEC. <https://editorialeidec.com/wp-content/uploads/2021/07/PRODUCCION-DEL-CACAO-CCN-51-CON-MANEJO-ORGANICO-Y-CONVENCIONAL-EN-PADRE-ABAD-UCAYALI-PERU.pdf>.
- Gallo, C. J. (2018). *Evaluación de la producción de grano en frijol loctao (Vigna radiata L.) bajo efecto de diferentes momentos de aplicación foliar y dosis de ácido húmico. valle del medio piura. 2018.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio UNP. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1286/AGR-GAL-RUI-18.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gamboa, R. J. (2015). *Comportamiento en vivero de cuatro clones de cacao (Theobroma cacao L.) sobre diferentes patrones en Satipo.* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/949/T007354.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gárate, M. A., Paz, J. L., Delgado, H. (2020). *Técnicas de propagación de cacao (Theobroma cacao L.)*. Dirección Regional de Agricultura San Martín. 1ra ed. Perú.
- Garbanzo, M., Coto, Á. (2017). *Manual para el Establecimiento y Manejo de un Vivero de Aguacate*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. 24 de noviembre del 2019. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10905.pdf>.
- García, L. F. (1991). *Mejoramiento genético. Cultivo moderno del cacao del Perú Tingo María. Perú.* Revisado el 30 de marzo del 2023. [https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/estudio\\_caracterizacion.pdf](https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/estudio_caracterizacion.pdf)
- GÓMEZ, L. P. 2017. *Diseño de plan de producción de cacao CCN-51 sector Las Piedras para exportar.* [Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil]. Repositorio. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/23568/1/Dise%C3%B1o%20de%20plan%20de%20producci%C3%B3n%20de%20cacao%20CCN-51%20sector%20las%20piedras-%20Los%20Rios%20para%20exportar.pdf>
- González, H y Fuentes, N. (2016). Mecanismo de acción de cinco microorganismos promotores de crecimiento vegetal. *Revista de Ciencias Agrícolas* 34(1), 17-31. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v34n1/v34n1a02.pdf>
- González, H. (2009). El humus en la zona cafetera colombiana. Contenido, calidad y su relación con algunas propiedades físicas y químicas del suelo. Investigador Centro Nacional de Investigaciones de Café. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4201/1/cap1.pdf>

- Guanopatín M. R. (2012). *Aplicación de biol en el cultivo establecido de alfalfa (Medicago sativa)*. Revisado el 30 de marzo del 2023. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/969/1/Tesis\\_009agr.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/969/1/Tesis_009agr.pdf)
- Guizado, C. D. (2015). *Enraizamiento de estaca basal de los clones de cacao (Theobroma cacao L), ICS- 95, CCN-51, ICS-1, CMP-15 y PORCELANA; utilizando ácido indol butírico (AIB) en el centro poblado de Valle Esmeralda- Rio Ene*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4019/Guizado%20Ovando.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 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). Influence of biostimulants on growth and yield of short cycle crops in Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*. 41(4): 1-13. [http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v41n4/en\\_1819-4087-ctr-41-04-e02.pdf](http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v41n4/en_1819-4087-ctr-41-04-e02.pdf)
- Heredia-Gómez, J. F., Rueda-Gómez, J. P., Talero-Sarmiento, L. H., Ramírez-Acuña, J. S., Coronado-Silva, R. A. (2020). Determinación de la madurez de mazorcas de Cacao, haciendo uso de redes neuronales convolucionales en un sistema embebido. *Revista Colombiana de Computación*, 21(2), 42-55.
- Hoyos, C. M. (2019). *Efecto de tres bioestimulantes en el rendimiento de arveja (Pisum sativum L.) en Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3136/>
- Insolia, E. (2020). *Diversidad fúngica en suelos de cultivos de trigo a lo largo de Europa: interrelación con factores climáticos, edáficos y de manejo del suelo*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica,
- Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura (INTAGRI). (2017). *Diagnostico visual de deficiencias nutricionales*. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/Diagnostico-Visual-de-Deficiencias-Nutrimientales>
- Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura. (2015). *La gallinaza como fertilizante*. Revisado el 30 de marzo del 2023. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/gallinaza-como-fertilizante#:~:text=Aporte%20nutricional%20de%20la%20gallinaza&text=Es%20un%20material%20con%20buen,fertilidad%20y%20calidad%20del%20suelo.>
- Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura. (2015). *Sustancias Húmicas: Origen, Caracterización Y Uso En La Agricultura*. Revisado el 30 de junio del 2023. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/acidos-humicos-fulvicos-nutricion-vegetal.>

- Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura. (2016). *Los Abonos Orgánicos. Beneficios, tipos y contenidos nutrimentales*. Revisado el 30 de junio del 2023. <https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/los-abonos-organicos-beneficios-tipos-y-contenidos-nutrimentales>
- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., & Bello-Amez, S. (2006). *La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura*. *Idesia*, 24(1), 49-61. <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v24n1/art09.pdf>.
- Julca-Otiniano, a., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., Bello-Amez, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencias de uso en la agricultura. *IDESIA* 24(1), 49-61. <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v24n1/art09.pdf>
- Justo, L. D. (2019). *Caracterización botánico-agronómica de seis clones de cacao (Theobroma cacao L.) de la colección Mendis Paredes en Castillo Grande*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Tingo María.
- Leon, F. (2019). *Evaluación de técnicas de injertado en cinco clones de cacao (Theobroma cacao L) en el distrito de Cajaruro, provincia Utcubamba, región Amazonas*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio. <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/4683/BC-TES-3496%20LEON%20OBLITAS.pdf?>
- León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales*. Editorial Agroamérica, IICA, San José, Costa Rica.
- Loli Figueroa, O. (2012). *Guía técnica: Análisis de suelos y fertilización en el cultivo de cacao. Agrobanco*. <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/010-b-cacao.pdf>.
- Loli, O. (2012). *Análisis de suelos y fertilización en el cultivo de cacao*. Guía técnica. UNALM. <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/010-b-cacao.pdf>.
- Lutheran, C. A. (2013). *Diseño y establecimiento del cacao*. Revisado el 22 de noviembre del 2019. <http://cacaomovil.com/media/guias/guia-2.pdf>.
- Maldonado-Cortés, C. N., Beltrán-Peña, E., López-Bucio, J., Macías-Rodríguez, L. I. (2015). *Regulación genética y R fisiológica del desarrollo de los pelos radiculares*. Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, UMSNH
- Marroquin, A. M. (2011). *Estudio Agromorfológico y fisicoquímico de ecotipos de cacao cultivados en los municipios de Usulután, California y Tecapán del Departamento de Usulután en El Salvador*. [Tesis de pregrado, Universidad Dr. José Matías Delgado]. Repositorio institucional. UJMD. <https://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/04/IAL/ADTESME0001257.pdf>.

- Méndez, J. M. (2018). *Fertilización calcica y aplicación de humatos comerciales en el rendimiento de maíz amarillo duro (Zea mays L.) Híbrido PM-213; Bajo Goteo*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio, <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3719/mendez-flores-jackelyne-mercedes.pdf?sequence>
- Mendoza, C. (2013). *El cultivo de cacao: Opción rentable para la selva*. Equipo técnico del Programa Selva Central - DESCO. [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/ED8663A7B0BA4B0105257C3F007ADCAD/\\$FILE/cultivo\\_caco\\_VF.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/ED8663A7B0BA4B0105257C3F007ADCAD/$FILE/cultivo_caco_VF.pdf).
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2015). *Perú: Segundo exportador mundial de cacao*. Revisado el 4 de noviembre del 2022. <http://economy.unmsm.edu.pe/?q=noticia/segundo-exportador-mundial-de-cacao>.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2012). *Guía de buenas prácticas agrícolas para cacao*; Resolución Técnica N°. 183. Ecuador. 37 p.
- Monserrate, B. L. (2022). *Efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas líquidas sobre un sistema de producción convencional de banano Cavendish Var. Williams En Daule-Ecuador*. [Tesis de maestría, Escala Superior Politécnica del Litoral]. DSPACE. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/53182/1/T-111317%20Monserrate%20>
- Monte, I., Pellicer, A., Zamitiz, L. M. (2016). *Agua, pH y equilibrio químico: Entendiendo el efecto del dióxido de carbono en la acidificación de los océanos*. Revisado el 30 de marzo del 2023. <https://educacionmediasuperior.sep.gob.mx/work/models/sems/Resource/12235/5/images/agua-ph-ciencias.pdf>
- Mostajo, G. (2018). *Cacao se convierte en el segundo cultivo de mayor importancia en el Perú*. Ministerio de Agricultura y Riego. El comercio. Revisado el 22 de noviembre del 2022. <https://elcomercio.pe/economia/cacao-convierte-segundo-cultivo-mayor-importancia-peru-noticia-537911-noticia>
- Murillo-Montoya, S. A., Mendoza-Mora, A., & Fadul-Vásquez, C. J. (2020). *La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola*. Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales, 7(1), 58-68. <https://revistas.sena.edu.co/index.php/recia/article/view/2503/3600>.
- Murillo-Montoya, S. A., Mendoza-Mora, A., Fadul-Vasquez, C. J. (2020). *La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola*. Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales, 7(1), 58-68. <https://doi.org/10.23850/24220582.2503>

- Murillo-Montoya, S. A., Mendoza-Mora, A., Fadul-Vasquez, C. J. (2020). La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 7(1), 58-68.
- Ordoñez, R., El Salous, A. (2019). *Historia ancestral del cacao*. 1ra ed. Ediciones Grupo Compás. [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7884664/mod\\_resource/content/1/Imprenta%20Libro%20Cacao.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7884664/mod_resource/content/1/Imprenta%20Libro%20Cacao.pdf).
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2002). *Los fertilizantes y su uso*. Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (IFA). <https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2000). *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. boletín de tierras y aguas*. Revisado el 30 de marzo del 2023. <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/ais-2015/manual-pract-integradas.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2011). *Cacao: Operaciones poscosecha. INPho – compendio poscosecha*. Revisado el 30 de marzo del 2023. <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/03/a-au995s.pdf>
- Pacheco, F., Borrero, G. P., Villalobos, M. (2017). *Evaluación de la calidad bioquímica resultante de biofermentos agrícolas para uso de familias productoras orgánicas*. Revisado el 30 de marzo del 2023. <https://www.ina.ac.cr/AcercaINA/Documentos%20compartidos/Documentos%20Didacticos/4dic2.pdf>
- Parco, M., Camacho, A. A., Parco, J. A., Dionisio, F. E. (2021). *Caracterización de un jardín clonal de cacao (Theobroma cacao L.) en la Amazonía peruana*. INIA. [https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/1948/1/Parco-et-al\\_2021\\_Jard%c3%adn\\_clonal\\_cacao.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/1948/1/Parco-et-al_2021_Jard%c3%adn_clonal_cacao.pdf).
- Paredes, M. (2003). *Manual de cultivo del cacao*. Ministerio de Agricultura. Programa Para el Desarrollo de la Amazonia. <https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/372/1/cacao%20-%20copia.pdf>.
- Pedraza, R., Teixeira, K., Fernández, A., García, I., Baca, B., Azcón, R., Baldani, V., Bonilla, R. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11 (2), 155-164.
- Peña, R y Cruz, A. (2020). *Aplicación de bioestimulantes con microelementos en el cultivo de maracuyá (Passiflora edulis f. flavicarpa Deg.): Rendimiento, calidad y rentabilidad económica*. Manglar 17(1): 39-46. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2020.007>

- Pérez, A., Céspedes, C., Núñez, P. (2008). Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en república dominicana. *República Dominicana Plant Nutr.* 8 (4) 10-29.: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcsuelo/v8n3/art02.pdf>.
- Pérez, F. (2017). Fisiología vegetal. Parte III, nutrición mineral. <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3201/000026082L.pdf>
- Pérez, W., Arévalo, Y., Palomino, L., Quintanilla, J., Ortiz, L. F., Duarte, S. (2022). *Manual de producción de enmiendas orgánicas para restablecer la fertilidad del suelo*. Ministro de Desarrollo Agrario y Riego. Revisado el 30 de marzo del 2023. <https://repositorio.inia.gob.pe>
- Pérez-Portuondo, I., Meriño-Reyes, L., Ábalos-Rodríguez, A y Pérez-Silva, R. M. (2016). *Revista Cubana de Química* 29(1), 73-88. <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v29n1/ind06117.pdf>
- Pisco, C. H. (2014). *Métodos de aplicación del abono líquido en plántones de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq) en Valle de Shanusi, Loreto* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto]. Repositorio Institucional CORE. <https://core.ac.uk/download/pdf/287329446.pdf>.
- Potesta, J. S. (2018). *Efecto del abono orgánico líquido bajo la técnica drench en las propiedades del suelo y la producción de cacao (Theobroma cacao L.) orgánico en el centro poblado alto Palcazú*. Tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables mención Conservación de Suelos y Agua. Tingo María Perú. 86 p
- Prado, F. (2019). *Caracterización agronómica y morfológica de fruto y semilla de cuatro clones promisorios de cacao (Theobroma cacao L.), Kimbiri, Cusco* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio Institucional UNSCH. <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/5a779a19-6957-4d4a-bd7f-470ff1bac68d/content>.
- Quintero, M. L., Díaz, K. M. (2004). El mercado mundial del cacao. *Agroalim*, 9(18), 1-10. [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-03542004000100004](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-03542004000100004).
- Quiñones-Galvez, J., Sosa, D., Demey, JR., alemán, S., Sosa, M., Parra, D., Móvil, O., Trujillo, R., Capdesuñer, Y., Quirós, Y., Hernández, M., Infante, D. (2015). Caracterización bioquímica de hojas de clones de Theobroma cacao y su relación con los tricomas. *Colombian Journal of Biotechnology* 17(2): 33-43. <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v17n2/0123-3475-biote-17-02-33.pdf>.
- Quiroz, J., Mestanza, S. (2012). *Establecimiento y manejo de una plantación de cacao condiciones ambientales y requerimientos agroclimáticos*. Boletín técnico N° 146. Ecuador, 12 p.

- Ramos Agüero, D., & Terry Alfonso, E. (2014). *Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas*. Cultivos Tropicales, 35(4), 52-59. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v35n4/ctr07414.pdf>.
- Ramos, A., Gómez, M., Machado-Sierra, E., Aranguren, Y. (2020). Caracterización fenotípica y genotípica de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) de Dibulla, La Guajira, Colombia. *Ciencia. Tecnología. Agropecuaria* 21(3), 1-17. [http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v21n3/es\\_0122-8706-ccta-21-03-1557.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v21n3/es_0122-8706-ccta-21-03-1557.pdf)
- Reyes, A. L. (2019). características de la actividad enzimática y el humus en suelos de chinampa Characteristics of enzymatic activity and humus in chinampa soils. *Terra Latinoamericana* 37(4), 339-349. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v37n4/2395-8030-tl-37-04-339.pdf>
- Reyes, J. (2015). *Manual diseño y organización de viveros*. Santo Domingo. Revisado el 24 de noviembre del 2022. <http://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2016/05/Manual-de-Dise%C3%B1o-y-Organizaci%C3%B3n-de-Viveros.pdf>.
- Rivera, M. V., Gómez, L. G., Cubillos-Hinojosa, J. G. (2017). Efecto de ácidos húmicos sobre el crecimiento y la composición bioquímica de *Arthrospira platensis*. *Revista Colombiana Biotecnología* 19(1), 71-81. <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v19n1/0123-3475-biote-19-01-00071.pdf>
- Rodríguez, M y Flórez, V. J. (2004). *Elementos esenciales y beneficiosos*. Tecnologías y Programación En Agroplasticultura. <https://core.ac.uk/download/pdf/143458034.pdf>
- Rodríguez, N., McLaughlin, M., Pennock, D. (2017). *La contaminación del suelo: una realidad oculta*. Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/i9183es/i9183es.pdf>.
- Ros, M., Rodríguez, I., García, C., Hernández, T. (2010). Microbial communities involved in the bioremediation of an aged recalcitrant hydrocarbon polluted soil by using organic amendments. *Bioresour. Technol.* 101: 6916-6923.
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J y Hill, M. (2004). *Propiedades físicas del suelo*. Universidad de la República, Montevideo-Uruguay. <https://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
- Sánchez, P. (2016). *Manejo de la materia orgánica para la producción sostenible*. Director del Centro de Agricultura y Seguridad Alimentaria, e Instituto de la Tierra, Universidad de Columbia, Disponible en: <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/6949/1/BVE18040127e.pdf>. Revisado el 22 de noviembre del 2019.

- Serantes Pérez, A. (2022). *Aplicación de Tecnosol como enmienda para la recuperación de suelos quemados* [Trabajo de fin de grado, Universidad de Santiago de Compostela]. Repositorio Institucional Minerva. <https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/29839/Andrea%20Serantes%20P%C3%A9rez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Thomas, E., Iman, S., Atkinson, R., Zavaleta, D., Rodriguez, C., Lastra, S., Murrieta, E., Farfán, A., Castro, J., Ramírez, J., Samanamud, A., Paredes, C., Arango, K., Cruz, W., Ramirez, M., Zhang, D. (2023). *Diversidad genética de cacao en el Perú*. Bioersivity International. [https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/2399/1/Thomas\\_et-al\\_2023\\_diversidad\\_cacao.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/2399/1/Thomas_et-al_2023_diversidad_cacao.pdf).
- Tuesta-Pinedo, Á. L., Trigozo-Bartra, E., Cayotopa-Torres, J. J., Arévalo-Gardini, E., Arévalo-Hernández, C. O., Zúñiga-Cernadez, L. B., Leon-Ttacca, B. (2016). Optimización de la fertilización orgánica e inorgánica del cacao (*Theobroma cacao* L.) con la inclusión de *Trichoderma* endófito y micorrizas arbusculares. *Turrialba*, 30(1), 67-78. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n1/0379-3982-tem-30-01-67.pdf>
- Valero, N. O., Salgado, J. A., Bastidas, M. J. (2018). Carbones de bajo rango como recurso para enmiendas húmicas mediante transformación microbiana. *Información Tecnológica*. 29(5): 315-324. <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v29n5/0718-0764-infotec-29-05-00315.pdf>
- Valverde-Lucio, Y., Moreno-Quinto, J., Quijije-Quiroz, K., Castro-Landín, A., Merchán-García, W., Gabriel-Ortega, J. (2020). Los bioestimulantes: Una innovación en la agricultura para el cultivo del café (*Coffea arabica* L). *Journal of the Selva Andina Research Society* 11(1): 18-28. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/235/2351056003/2351056003.pdf>
- Vargas-Silva, G. (2019). Biomecánica de los árboles: crecimiento, anatomía y morfología. *El Instituto de Ecología* 25(3), 10. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2531712>
- Vázquez, J., Alvarez-Vera, M., Iglesias-Abad, S., Castillo, J. (2020). La incorporación de enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost reduce los efectos negativos del monocultivo en suelos. *Scientia Agropecuaria* 11(1): 105-112. <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v11n1/2077-9917-agro-11-01-00105.pdf>
- Veobides, H., Guridi, F., Vázquez, V. (2018). Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantones bajo condiciones de estrés ambiental. *Cultivos Tropicales*. 39(4): 102-109. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v39n4/ctr15418.pdf>
- Villa-Uvidia, D. N., Osorio-Rivera, M. Á., Villacis-Venegas, N. Y. (2020). Extracción, propiedades y beneficios de los mucílagos. *Dominio de las ciencias*, 6(2), 503-524.

- Vites, M. F. (2018). *Efecto de aplicación del biofertilizante AVIBIOL en tres diferentes dosis en la producción del apio "Apium graveolens L." (Umbeliferae), en condiciones del valle de Santa Catalina*. [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Institucional UPAO. <https://repositorio.upao.edu.pe>.
- Yanasupo, C. (2021). *Extracción de nutrientes e identificación de épocas críticas en cacao (Theobroma cacao L.) en Kimbiri, Cusco 2014* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio Institucional UNSCH. <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ffb6df2b-a1d2-4eff-af7b-2ba86af8fd3c/content>
- Yepes, A., Silveira, M. (2011). Respuestas de los plantones ante los factores ambientales del cambio climático global (Revisión). *Colombia Forestal 14(2): 213-232*. <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v14n2/v14n2a06.pdf>.

## **ANEXOS**

**Tabla 20.** Altura de plantones a los 30 días de evaluación

Rept.	N° Plt.	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>
R <sub>1</sub>	P1	15,20	14,50	16,30	19,30	14,80	15,30	16,50	16,30
	P2	14,30	15,20	16,10	18,30	13,90	14,80	16,00	16,70
	P3	14,70	15,90	17,00	19,80	13,70	15,00	16,30	17,00
	P4	15,30	15,00	15,80	17,20	14,50	16,00	16,30	16,80
	P5	14,80	15,50	17,00	17,60	14,60	15,50	16,60	16,50
	P6	14,20	14,50	15,20	14,00	14,90	15,80	15,80	17,20
R <sub>2</sub>	P1	11,90	13,80	13,80	16,50	13,20	13,00	12,30	21,80
	P2	11,70	14,50	12,80	17,60	13,50	16,80	16,30	21,10
	P3	11,50	13,60	15,50	17,70	12,30	15,70	15,80	13,90
	P4	11,80	14,70	14,70	16,20	12,50	14,30	14,70	22,80
	P5	12,20	15,20	14,80	16,90	12,10	15,60	15,60	20,10
	P6	11,70	13,60	15,90	15,90	13,30	13,80	16,20	21,20
R <sub>3</sub>	P1	13,20	13,60	13,90	14,20	14,60	13,60	16,30	20,60
	P2	12,60	14,20	15,20	15,00	13,20	14,20	15,80	20,90
	P3	13,80	14,80	13,60	16,00	13,70	14,60	16,90	20,10
	P4	12,90	13,80	14,70	14,70	14,50	13,20	16,50	19,60
	P5	12,20	14,50	15,60	15,30	13,60	13,70	15,30	20,20
	P6	13,00	13,70	13,60	14,40	13,80	14,70	15,70	19,90

**Tabla 21.** Altura de plantones a los 60 días de evaluación

Rept.	N° Plt.	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>
R <sub>1</sub>	P1	17,50	21,00	20,80	21,80	20,50	20,50	21,80	21,20
	P2	17,50	21,30	21,80	20,50	19,60	19,80	21,50	21,50
	P3	17,50	20,50	22,80	20,00	20,40	20,50	21,60	21,80
	P4	17,00	20,00	21,20	21,50	19,80	20,20	21,20	21,70
	P5	19,00	21,00	21,10	22,00	20,20	20,70	21,70	21,60
	P6	19,00	17,00	17,00	19,00	20,30	20,80	21,31	21,50
R <sub>2</sub>	P1	13,97	16,60	19,20	22,50	16,50	19,80	22,30	25,90
	P2	14,20	17,30	19,70	23,60	16,00	21,80	22,10	25,20
	P3	14,00	16,80	19,90	23,20	15,80	21,30	23,50	26,30
	P4	13,40	16,20	19,50	22,80	15,30	20,40	22,10	25,70
	P5	13,50	16,40	18,80	23,40	15,90	20,70	22,70	25,40
	P6	13,80	17,00	19,00	22,40	16,40	21,00	23,00	26,20
R <sub>3</sub>	P1	18,10	18,10	24,50	24,80	18,30	18,90	24,00	24,70
	P2	18,20	19,40	23,30	25,20	17,70	18,80	24,60	25,80
	P3	18,20	18,40	23,80	25,20	17,60	19,10	24,60	24,60
	P4	18,50	18,20	24,30	24,20	17,20	18,20	25,20	25,30
	P5	17,90	18,60	23,70	24,50	18,00	18,50	24,20	24,80
	P6	17,60	19,90	23,60	24,30	17,90	19,20	25,70	24,30

**Tabla 22.** Altura de plantones a los 90 días de evaluación

Rept.	N° Plt. .	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>
R <sub>1</sub>	P1	20,50	23,00	24,70	31,50	25,80	28,60	28,60	34,40
	P2	21,60	23,20	24,60	30,40	26,70	27,50	29,50	34,20
	P3	20,80	24,30	25,00	30,00	25,90	27,10	28,70	35,40
	P4	21,30	23,50	25,40	30,50	26,50	27,00	29,10	35,20
	P5	20,70	24,20	25,00	30,00	26,30	28,00	29,80	34,70
	P6	21,80	23,70	25,00	31,30	26,20	27,40	29,60	34,80
R <sub>2</sub>	P1	17,50	20,40	23,00	26,50	22,80	30,40	27,20	30,40
	P2	13,50	27,60	34,80	29,60	28,60	30,50	31,40	36,00
	P3	16,20	16,50	23,40	29,40	30,00	22,40	33,40	38,50
	P4	18,00	21,50	24,50	28,00	28,60	34,10	35,40	38,60
	P5	19,50	29,40	27,60	29,70	29,10	29,20	38,60	31,60
	P6	14,20	26,50	22,50	27,80	25,00	29,20	30,60	31,70
R <sub>3</sub>	P1	19,40	21,50	31,00	26,00	21,10	28,50	27,80	27,50
	P2	17,60	19,50	32,50	30,00	25,00	23,50	28,90	26,10
	P3	22,60	21,60	22,00	29,40	24,10	27,50	27,70	32,20
	P4	20,50	18,00	24,80	28,40	24,30	21,40	25,40	32,10
	P5	18,30	18,30	25,50	28,50	20,00	25,60	27,90	29,70
	P6	19,00	29,10	29,00	24,00	21,30	29,00	27,00	28,50

**Tabla 23.** Altura de plantones a los 120 días de evaluación

Rept.	N° Plt. .	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>
R <sub>1</sub>	P1	39,00	37,15	35,50	47,50	32,50	34,00	42,50	48,00
	P2	36,50	38,09	39,50	44,50	31,00	37,00	50,00	49,50
	P3	36,00	39,65	48,00	30,00	36,50	42,50	45,00	34,00
	P4	26,00	25,96	38,00	46,00	33,00	53,00	46,50	52,50
	P5	38,00	28,09	34,50	46,50	33,00	45,00	43,50	45,00
	P6	36,00	46,68	43,00	36,00	30,00	32,00	35,50	54,50
R <sub>2</sub>	P1	24,00	30,00	36,00	30,20	38,40	33,40	48,50	55,00
	P2	20,50	35,00	44,00	40,20	37,50	43,00	36,50	48,00
	P3	25,00	35,50	30,50	39,50	41,50	36,50	41,00	53,00
	P4	25,50	31,00	30,50	36,10	42,70	44,50	40,50	48,50
	P5	27,50	38,50	39,00	38,90	35,20	43,50	40,60	53,30
	P6	27,50	34,00	31,50	44,50	39,20	36,00	36,60	50,69
R <sub>3</sub>	P1	21,70	35,50	33,00	48,00	36,50	33,00	30,80	39,00
	P2	24,10	25,30	33,20	42,00	25,00	40,00	40,40	38,50
	P3	33,10	26,00	24,50	43,00	30,50	39,00	41,80	39,00
	P4	35,70	27,50	37,00	39,50	25,50	35,00	35,80	41,00
	P5	27,80	36,50	23,00	42,50	29,20	35,50	42,20	41,00
	P6	23,20	26,80	28,50	42,00	36,50	29,00	33,80	34,50

**Tabla 24.** Diámetro de plantones a los 30 días de evaluación

Rept.	N° Plt. .	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>
R <sub>1</sub>	P1	1,96	1,80	1,87	1,98	1,20	1,40	2,10	2,76
	P2	1,40	1,38	1,53	2,47	1,10	1,68	1,77	2,12
	P3	1,54	1,91	1,36	2,35	1,50	2,02	1,87	1,78
	P4	1,72	1,72	1,98	2,20	1,94	1,72	2,23	2,08
	P5	1,56	1,65	1,51	2,33	1,43	2,31	1,31	2,42
	P6	1,48	1,35	2,10	2,10	1,90	1,55	2,37	2,46
R <sub>2</sub>	P1	1,80	1,90	2,40	1,60	1,33	1,25	1,80	1,36
	P2	2,20	1,70	1,30	2,40	1,58	1,87	1,33	2,11
	P3	1,90	1,50	1,50	2,57	1,51	1,77	1,27	1,87
	P4	1,70	1,80	1,80	1,67	1,31	1,37	1,88	1,68
	P5	1,60	2,20	2,60	2,27	1,70	1,61	1,66	1,33
	P6	1,60	1,70	1,70	2,45	1,60	1,82	1,96	1,92
R <sub>3</sub>	P1	1,10	1,33	2,51	2,88	1,64	1,58	1,97	2,20
	P2	1,13	1,60	1,74	2,79	1,06	1,35	1,53	2,04
	P3	1,34	1,71	1,65	1,89	1,20	1,40	1,40	2,10
	P4	1,62	1,40	2,27	1,76	1,46	1,06	1,42	2,40
	P5	1,39	1,54	1,74	1,62	1,06	1,20	1,72	1,73
	P6	1,84	1,86	1,82	1,30	1,68	1,72	1,63	2,30

**Tabla 25.** Diámetro de plantones a los 60 días de evaluación

Rept.	N° Plt. .	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>
R <sub>1</sub>	P1	2,17	2,76	2,99	3,00	2,50	3,34	3,26	3,61
	P2	2,37	2,76	2,56	2,88	2,63	3,28	3,61	3,27
	P3	2,68	2,61	2,88	2,41	2,20	3,52	3,11	3,37
	P4	2,56	2,72	2,90	3,22	2,44	3,12	3,63	3,10
	P5	2,72	2,68	2,99	2,85	2,30	3,81	3,62	3,64
	P6	2,78	2,89	2,60	2,85	2,56	3,05	3,67	3,94
R <sub>2</sub>	P1	2,70	3,60	3,60	3,20	3,15	2,91	3,16	3,63
	P2	2,80	3,20	3,96	3,60	3,11	3,43	3,91	3,72
	P3	2,60	3,30	3,80	3,80	3,67	3,37	3,67	3,81
	P4	2,40	3,50	3,10	3,90	2,98	3,98	3,40	3,98
	P5	2,50	3,20	3,30	3,50	3,40	3,76	3,01	3,23
	P6	2,60	3,10	3,50	3,70	3,72	3,14	3,72	2,96
R <sub>3</sub>	P1	2,43	3,20	3,41	4,68	2,72	3,44	3,07	3,70
	P2	2,70	3,17	3,24	4,59	2,95	2,86	3,63	3,94
	P3	2,81	2,96	3,55	4,97	2,30	2,80	3,56	3,87
	P4	2,63	2,98	3,17	4,86	1,98	2,84	2,98	3,49
	P5	2,54	2,91	3,64	7,74	2,60	2,76	3,24	3,64
	P6	2,66	3,14	3,72	4,10	2,45	3,20	2,76	3,20

**Tabla 26.** Diámetro de plántones a los 90 días de evaluación

Rept.	N° Plt. .	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>
R <sub>1</sub>	P1	5,43	5,47	5,32	5,40	5,61	5,74	5,97	6,98
	P2	5,93	5,93	5,68	5,51	5,94	5,48	6,09	6,16
	P3	5,16	5,16	5,97	5,32	5,91	5,59	5,17	6,24
	P4	5,55	5,55	5,25	5,63	5,02	5,90	5,61	6,69
	P5	5,09	5,09	5,15	5,49	5,12	5,75	5,86	6,29
	P6	5,06	5,06	5,42	5,60	5,91	5,61	5,50	6,38
R <sub>2</sub>	P1	5,36	5,42	4,63	6,11	5,24	5,86	5,64	6,63
	P2	5,97	5,22	6,24	6,09	5,40	5,82	5,41	5,57
	P3	4,54	5,40	5,23	5,16	5,14	5,64	6,04	7,17
	P4	6,53	5,62	5,86	5,61	5,60	5,77	5,19	6,44
	P5	5,24	5,52	5,77	5,86	5,57	5,67	6,87	6,01
	P6	4,80	5,73	6,22	5,50	5,27	6,06	6,03	6,64
R <sub>3</sub>	P1	5,53	6,31	5,30	7,48	6,02	6,24	6,00	6,17
	P2	4,35	5,14	6,47	7,39	5,25	5,66	5,84	6,73
	P3	5,68	5,45	6,26	5,78	6,20	5,86	5,77	5,62
	P4	5,70	6,07	5,98	5,66	4,60	6,06	6,34	6,29
	P5	5,64	5,64	6,21	6,06	4,98	5,28	5,53	6,17
	P6	5,76	5,54	7,44	5,29	5,89	5,64	5,90	6,34

**Tabla 27.** Diámetro de plántones a los 120 días de evaluación

Rept.	N° Plt. .	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>
R <sub>1</sub>	P1	8,00	6,41	9,18	9,36	8,48	9,00	9,49	8,37
	P2	4,50	7,27	8,24	8,39	8,04	7,15	7,39	9,76
	P3	6,00	8,23	7,53	7,83	9,10	7,02	8,46	9,43
	P4	7,00	9,27	8,68	8,42	8,14	7,33	7,96	6,93
	P5	9,00	8,55	8,73	8,03	8,10	8,21	8,08	7,94
	P6	8,00	8,53	7,40	9,15	6,46	10,36	7,96	7,71
R <sub>2</sub>	P1	7,72	7,03	6,74	8,48	9,27	7,38	8,51	8,97
	P2	7,01	7,70	7,92	8,58	6,53	8,63	9,25	8,53
	P3	5,76	7,90	7,94	8,08	8,48	9,81	7,91	9,04
	P4	7,55	8,30	9,41	9,76	7,77	6,81	7,75	8,80
	P5	8,15	7,60	7,77	10,32	9,54	7,13	8,64	8,56
	P6	7,41	7,91	8,64	8,97	7,33	9,82	7,98	9,28
R <sub>3</sub>	P1	7,64	8,47	10,26	8,30	9,53	8,34	8,43	8,38
	P2	5,63	8,38	9,55	8,59	8,33	8,80	8,97	8,89
	P3	7,02	7,38	8,14	8,24	8,52	8,00	7,78	10,53
	P4	9,87	8,49	7,31	8,80	7,45	8,75	8,71	7,27
	P5	7,87	8,00	9,42	9,98	6,45	8,08	9,37	6,84
	P6	7,83	8,70	7,99	9,78	8,45	8,54	8,61	10,10

**Tabla 28.** Número de hojas de plantones a los 30 días de evaluación

<b>Rept.</b>	<b>N° Plt. .</b>	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>2</sub></b>	<b>T<sub>3</sub></b>	<b>T<sub>4</sub></b>	<b>T<sub>5</sub></b>	<b>T<sub>6</sub></b>	<b>T<sub>7</sub></b>	<b>T<sub>8</sub></b>
R <sub>1</sub>	P1	4	4	6	8	7	6	8	8
	P2	4	5	5	6	5	6	7	6
	P3	6	6	9	6	6	7	5	6
	P4	5	5	4	9	6	7	6	7
	P5	4	6	7	6	7	6	7	8
	P6	4	4	9	6	6	6	8	7
R <sub>2</sub>	P1	4	6	6	7	6	4	6	6
	P2	4	6	6	7	4	6	6	6
	P3	5	5	5	7	5	6	4	6
	P4	4	6	7	4	6	6	5	6
	P5	4	6	6	6	6	5	6	8
	P6	2	4	6	7	4	4	6	8
R <sub>3</sub>	P1	4	4	5	10	5	6	8	10
	P2	4	4	5	8	4	6	6	10
	P3	4	6	6	8	4	6	6	8
	P4	4	6	6	10	5	5	6	8
	P5	3	6	4	10	4	5	8	8
	P6	4	4	4	10	4	6	8	10

**Tabla 29.** Número de hojas de plantones a los 60 días de evaluación

<b>Rept.</b>	<b>N° Plt. .</b>	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>2</sub></b>	<b>T<sub>3</sub></b>	<b>T<sub>4</sub></b>	<b>T<sub>5</sub></b>	<b>T<sub>6</sub></b>	<b>T<sub>7</sub></b>	<b>T<sub>8</sub></b>
R <sub>1</sub>	P1	6	6	9	10	9	9	9	9
	P2	7	6	9	9	8	9	8	8
	P3	8	8	12	9	8	8	9	8
	P4	7	9	7	12	8	8	8	9
	P5	8	8	9	9	9	8	9	9
	P6	6	8	11	9	8	9	8	9
R <sub>2</sub>	P1	6	9	9	9	10	9	10	10
	P2	7	9	9	9	8	10	10	10
	P3	7	8	9	8	9	10	9	11
	P4	6	8	8	9	10	9	10	11
	P5	7	8	8	9	10	10	11	10
	P6	7	9	9	9	9	10	11	10
R <sub>3</sub>	P1	7	7	8	13	7	10	11	11
	P2	6	7	8	12	8	10	10	11
	P3	6	8	9	12	8	9	11	11
	P4	6	8	9	12	8	9	10	12
	P5	6	7	9	12	8	9	10	11
	P6	7	7	9	12	8	10	10	12

**Tabla 30.** Número de hojas de plantones a los 90 días de evaluación

<b>Rept.</b>	<b>N° Plt. .</b>	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>2</sub></b>	<b>T<sub>3</sub></b>	<b>T<sub>4</sub></b>	<b>T<sub>5</sub></b>	<b>T<sub>6</sub></b>	<b>T<sub>7</sub></b>	<b>T<sub>8</sub></b>
R <sub>1</sub>	P1	10	11	13	12	12	14	15	17
	P2	10	10	12	13	12	14	16	17
	P3	9	11	12	12	13	13	15	16
	P4	9	11	12	13	13	13	15	17
	P5	10	10	12	13	12	14	15	16
	P6	10	10	12	12	13	13	15	16
R <sub>2</sub>	P1	7	12	11	15	13	11	15	16
	P2	7	13	12	15	16	13	15	14
	P3	9	14	10	14	11	17	14	16
	P4	9	10	13	9	17	14	15	15
	P5	9	11	14	11	12	12	15	18
	P6	5	8	13	14	12	14	16	14
R <sub>3</sub>	P1	11	10	10	16	10	13	17	19
	P2	9	10	12	15	12	13	12	16
	P3	9	15	13	13	11	13	19	14
	P4	9	12	14	14	12	12	11	15
	P5	9	8	14	14	12	14	16	14
	P6	11	8	11	14	11	12	17	16

**Tabla 31.** Número de hojas de plantones a los 120 días de evaluación

<b>Rept.</b>	<b>N° Plt. .</b>	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>2</sub></b>	<b>T<sub>3</sub></b>	<b>T<sub>4</sub></b>	<b>T<sub>5</sub></b>	<b>T<sub>6</sub></b>	<b>T<sub>7</sub></b>	<b>T<sub>8</sub></b>
R <sub>1</sub>	P1	17	13	15	19	14	15	15	22
	P2	16	15	16	26	16	17	19	24
	P3	16	20	16	16	14	19	22	16
	P4	13	13	15	20	14	19	21	21
	P5	12	15	14	21	17	17	22	21
	P6	16	17	18	12	17	12	15	20
R <sub>2</sub>	P1	16	16	18	20	21	22	15	23
	P2	12	14	22	19	17	17	17	20
	P3	13	14	12	17	17	19	18	22
	P4	11	14	14	13	16	16	22	18
	P5	11	21	16	14	16	21	22	21
	P6	14	13	14	18	17	15	18	19
R <sub>3</sub>	P1	14	15	20	20	18	19	19	26
	P2	13	12	18	18	13	14	15	22
	P3	15	22	11	18	16	13	22	19
	P4	15	16	22	18	18	14	17	19
	P5	14	12	11	20	16	17	24	20
	P6	13	14	14	22	16	20	23	20

**Tabla 32.** Peso fresco y seco de plantones de cacao.

Trat.	Peso fresco			Peso seco		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
T <sub>1</sub>	177,98	180,74	183,31	70,84	64,05	64,50
T <sub>2</sub>	181,00	183,44	218,03	71,66	69,05	78,69
T <sub>3</sub>	183,44	205,56	227,23	98,95	79,92	84,86
T <sub>4</sub>	299,15	260,23	274,51	102,01	94,58	97,78
T <sub>5</sub>	187,34	219,45	223,01	68,74	75,70	77,95
T <sub>6</sub>	223,66	231,64	243,47	79,09	82,90	83,28
T <sub>7</sub>	226,22	269,23	250,17	80,32	88,98	86,01
T <sub>8</sub>	238,84	288,90	296,67	80,35	1 500,30	104,66

**Tabla 33.** Peso fresco y seco de plantones de cacao.

Trat.	Volumen		
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
T <sub>1</sub>	70	80	30
T <sub>2</sub>	80	90	80
T <sub>3</sub>	90	1 500	90
T <sub>4</sub>	160	130	1 500
T <sub>5</sub>	90	70	70
T <sub>6</sub>	90	80	80
T <sub>7</sub>	1 500	80	90
T <sub>8</sub>	110	1 500	120

**Figura 9.** Llenado de bolsas



**Figura 10.** Siembra de semillas germinadas en bolsas



**Figura 11.** Evaluación de altura de plantones



**Figura 12.** Evaluación de diámetro de plantones



**Figura 13.** Visita de la tesis por el asesor. Dr. José W. Zavala Solórzano