

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



**EFFECTO DE ÁCIDO HÚMICO GRANULADO Y BIOESTIMULANTE ORGÁNICO
LÍQUIDO EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTONES DE *Coffea arabica* (OBATÁ)**

TESIS

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

**PRESENTADO POR:
MAXANDERSON MELGAREJO REYNOSO**

**Asesores
JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO
GIANNFRANCO EGOAVIL JUMP**

**Tingo María – Perú
2025**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE AGRONOMÍA



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

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

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Nº 025-2025-FA-UNAS

BACHILLER : MAXANDERSON MELGAREJO REYNOSO

TÍTULO : EFECTO DE ACIDO HUMICO GRANULADO Y BIOESTIMULANTE ORGANICO LIQUIDO EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTONES DE *Coffea arabica* (OBATA).

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : M.Sc. JAIME JOSSEPH CHAVEZ MATIAS
VOCAL : Ing. JORGE CERON CHAVEZ
VOCAL : M. Sc. JIMMY ALCIDES OCAÑA REYES

ASESORES : Dr. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO
M. Sc. GIANNFRANCO EGOAVIL JUMP

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 07/11/2025

HORA DE SUSTENTACIÓN : 11:00 A.M.

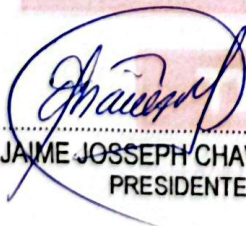
LUGAR DE SUSTENTACIÓN : Sala de Audiovisuales de la F.A.


CALIFICATIVO : BUENO


RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 07 DE NOVIEMBRE DEL 2025


M. Sc. JAIME JOSSEPH CHAVEZ MATIAS
PRESIDENTE


Ing. JORGE CERON CHAVEZ
VOCAL


M. Sc. JIMMY ALCIDES OCAÑA REYES
VOCAL


Dr. JOSE WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO
ASESOR



UNAS

VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN

INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE SOPORTE
CIENTÍFICO
REPOSITORIO INSTITUCIONAL

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N 109 - 2026 - CS-RIDUNAS

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

CERTIFICA QUE:

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

Programa de Estudio:

Agronomía

Tipo de documento:

Tesis

X

Trabajo de Suficiencia Profesional

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
EFFECTO DE ÁCIDO HÚMICO GRANULADO Y BIOESTIMULANTE ORGÁNICO LÍQUIDO EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTONES DE <i>Coffea arabica</i> (OBATÁ)	MAXANDERSON MELGAREJO REYNOSO	10 % Diez	Menor a 20 %

Tingo María, 07 de abril de 2026.


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO
ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES
JEFE

C.C. Archivo



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

**FORMATO PARA REGISTRAR LA TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
UNIVERSITARIO**

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

Título de la tesis : Efecto de ácido húmico granulado y bioestimulante orgánico líquido en la producción de plántones de *Coffea arabica* (Obatá)

Objetivo general : Evaluar el efecto de ácido húmico granulados y bioestimulante orgánico líquido en la obtención de plántones de *Coffea arábica* (Obatá).

Autor de la tesis : Maxanderson Melgarejo Reynoso
DNI : 74047473
Correo electrónico : maxanderson.melgarejo@unas.edu.pe
Asesores : Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano
: M.Sc. Giannfranco Egoavil Jump

Área de investigación : Suelos y fertilizantes
Grupo de investigación : Recuperación y manejo de suelos degradados y contaminados - RYMSDYC
Línea de investigación : Fertilidad, clasificación, biología y manejo de suelos

Lugar de ejecución : Vivero de la Facultad de Agronomía – UNAS
Fecha de inicio : Octubre del 2022
Término de finalización : Abril del 2023
Presupuesto : S/8 647,00
Financiamiento : propio (x) FIF () externo ()

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



**Efecto de ácido húmico granulado y bioestimulante orgánico líquido en la producción de
plantones de *Coffea arábica* (Obatá)**

- Autor** : Maxanderson Melgarejo Reynoso
- Asesor** : Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano
: M.Sc. Giannfranco Egoavil Jump
- Área de investigación** : Suelos y fertilizantes
- Línea de investigación** : Fertilidad, clasificación, biología y manejo de suelos
- Eje temático** : Producción orgánica de plantones de café
- Lugar de ejecución** : Vivero de la Facultad de Agronomía - UNAS
- Duración del trabajo** : 7 Meses
- Financiamiento** : S/ 8 647,00

Tingo María – Perú. 2025

DEDICATORIA

Estoy profundamente agradecido a Dios por haberme dado la oportunidad de llegar hasta aquí en mi vida. Su bendición de salud y tranquilidad ha sido fundamental para que pueda seguir avanzando hacia mis metas

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis amados padres por su apoyo constante, su amor incondicional, la confianza que han tenido en mí, sus sabios consejos, los valores que me han inculcado y su permanente motivación para ser una persona de bien.

La presencia y el amor incondicional de mis queridos hermanos han sido la fuerza impulsora de mi crecimiento personal. Cada uno ha contribuido de manera única, ofreciéndome no solo apoyo, sino también inspiración para convertirme en una mejor versión de mí mismo.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, una institución de prestigio reconocido a nivel nacional e internacional, por ser el lugar donde realicé mis estudios universitarios y obtuve mi formación profesional.

- A los profesores de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en particular a aquellos de la Facultad de Agronomía, por su invaluable contribución a mi educación y su apoyo en proyectos de investigación en el campo de la agronomía.

- Al Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano y M.Sc. Giannfranco Egoavil Jump por su colaboración como asesores en la ejecución de la tesis y la redacción del informe final. En función a las normas de redacción científica

- Al M. Sc. Jaime Chávez Matías, en su calidad de presidente de tesis, por su revisión académica, así como por sus valiosas recomendaciones y correcciones al informe de tesis.

- Al M.Sc. Jimmy Acides Ocaña Reyes y al Ing. Jorge Cerón Chávez, miembros del jurado, por sus importantes aportes, valiosas sugerencias y observaciones, así como por sus acertadas recomendaciones y el apoyo brindado durante la elaboración de la presente tesis

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Abonos orgánicos	3
2.1.1. Abonos orgánicos solidos.....	3
2.1.2. Abonos orgánicos líquidos	3
2.1.3. Ácidos húmicos	4
2.1.4. Productos a utilizar	4
2.1.4.1. Ekotron® 70 GR.....	4
2.1.4.2. Agrostemin®-GL.....	5
2.2. Cultivo de café (<i>Coffea arábica</i> L.).....	6
2.2.1. Generalidades	6
2.2.2. Obtención de semillero del café	7
2.2.3. Propagación de plantones.....	8
2.2.4. Variedad obatá rojo.	9
2.3. Antecedentes en estudio	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1. Lugar de ejecución.....	14
3.1.1. Zona de vida	14
3.1.2. Materiales	14
3.1.3. Análisis inicial del suelo.....	15
3.2. Métodos estadísticos.....	16
3.2.1. Componentes en estudio.....	16
3.2.2. Tratamientos	16
3.2.3. Diseño experimental.....	17
3.2.4. Características del campo experimental	17
3.3. Ejecución del experimento	18
3.3.1. Germinación de las semillas.....	18
3.3.2. Preparación del sustrato.....	18
3.3.3. Llenado y ubicación de las bolsas en el vivero	18
3.3.4. Trasplante de fosforitos a las bolsas.....	18

3.3.5.	Riego, control de maleza y control de plagas.....	19
3.4.	VARIABLES A EVALUAR	19
3.4.1.	Altura, diámetro y número de hojas de plantas	19
3.4.2.	Evaluación de longitud y volumen de raíces.....	19
3.4.3.	Peso fresco y seco de toda la planta	19
3.4.4.	Porcentaje de materia seca.....	19
3.4.5.	Análisis de beneficio/costo.....	19
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
4.1.	Altura, diámetro y número de hojas de plántulas de café.....	20
4.2.	Longitud y volumen de raíces	36
4.3.	Peso fresco y seco de plántulas de café	45
4.4.	Porcentaje de materia seca de plántulas de café	55
4.5.	Determinación de la relación beneficio/costo (B/C)	57
V.	CONCLUSIÓN.....	60
VI.	PROPUESTAS A FUTURO	61
VII.	BIBLIOGRAFÍA	62
	ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tablas	Página
1. Análisis de caracterización del suelo inicial	15
2. Descripción de tratamientos en estudio.	16
3. Modelo del Análisis de Variancia.	17
4. Resumen del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para altura (cm), diámetro de tallo (cm) y número de hojas/planta de plántones de café.....	20
5. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del efecto simple de A en B y B en A para diámetro de plántones de café	21
6. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) del efecto simple entre A en B para diámetro de tallo de plántones de café.....	23
7. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) del efecto simple entre B en A para diámetro de tallo de plántones de café.....	24
8. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de los efectos principales, factores con testigo para altura de plántones de café	26
9. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de los efectos principales, factores con testigo para diámetro de tallo de plántones de café	27
10. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de los efectos principales, factores con testigo para número de hojas de plántones de café.....	29
11. Resumen del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de la longitud y volumen de raíz de plántones de café.....	37
12. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del efecto simple de A en B y B en A para volumen de raíces de plántones de café	38
13. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) del efecto simple entre A en B para volumen de raíces de plántones de café	39
14. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) del efecto simple entre B en A para volumen de raíces de plántones de café	40
15. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de los efectos principales, factores con testigo para longitud y volumen de raíz de plántones de café	41
16. Resumen del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del peso fresco y seco de plántones de café.....	46
17. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del efecto simple de A en B y B en A para peso fresco de plántones de café	47

18.	Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) del efecto simple A en B del peso fresco de plántones de café.....	48
19.	Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) del efecto simple B en A del peso fresco de plántones de café.....	49
20.	Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) peso fresco y seco de plántones de café por efecto del factor principal (A) enmiendas orgánicas.....	51
21.	Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) peso fresco y seco de plántones de café por efecto del factor principal (B) bioestimulante líquido.....	52
22.	Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) del peso fresco y seco de plántones de café por efecto de factores vs testigo.....	52
23.	Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del porcentaje de materia seca de plántones de café	55
24.	Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) del porcentaje de materia seca de plántones de café por factor principal (B) bio-estimulante líquido.....	56
25.	Análisis de beneficio costo de los tratamientos en estudio.....	58
26.	Evaluación de altura de plántones de café a los 30 días.....	68
27.	Evaluación de altura de plántones de café a los 60 días.....	68
28.	Evaluación de altura de plántones de café a los 90 días.....	69
29.	Evaluación de altura de plántones de café a los 120 días.....	69
30.	Evaluación de altura de plántones de café a los 150 días.....	70
31.	Evaluación del diámetro de plántones de café a los 30 días.....	70
32.	Evaluación del diámetro de plántones de café a los 60 días.....	71
33.	Evaluación del diámetro de plántones de café a los 90 días.....	71
34.	Evaluación del diámetro de plántones de café a los 120 días.....	72
35.	Evaluación del diámetro de plántones de café a los 150 días.....	72
36.	Evaluación del número de hojas de plántones de café a los 30 días.....	73
37.	Evaluación del número de hojas de plántones de café a los 60 días.....	73
38.	Evaluación del número de hojas de plántones de café a los 90 días.....	74
39.	Evaluación del número de hojas de plántones de café a los 120 días.....	74
40.	Evaluación del número de hojas de plántones de café a los 150 días.....	75
41.	Evaluación de la longitud de raíz de plántones de café.....	75
42.	Evaluación del volumen de raíz de plántones de café.....	76
43.	Evaluación del peso fresco de plántones de café.....	76
44.	Evaluación del peso seco de plántones de café.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Imagen satelital de la ubicación del campo experimental.....	14
2. Grafica de interacción del efecto simple A en B y B en A para diámetro de tallo de plantones de café.....	24
3. Grafica de dispersión del crecimiento de plantones de café en tres niveles de ácido húmico granulado en función a los niveles de bioestimulante líquido	26
4. Ecuación lineal del diámetro de plantones de café en tres niveles de enmienda organica con niveles de bio-estimulante líquido.....	28
5. Ecuación lineal del número de hojas de plantones de café en tres niveles de enmiendas orgánicas con niveles de bio-estimulante líquido	30
6. Curvas de crecimiento en altura de plantones de café	31
7. Curvas de crecimiento en diámetro de plantones de café	33
8. Curva de crecimiento del número de hojas de plantones de café	35
9. Grafica de interacción del efecto simple A en B y B en A para volumen de raíces de plantones de café	40
10. Ecuación lineal de la longitud de raíz de plantones de café en tres niveles de enmiendas orgánicas con niveles de bio-estimulante líquido	43
11. Ecuación lineal del volumen de raíz de plantones de café en tres niveles de enmiendas orgánicas con niveles de bio-estimulante líquido	44
12. Grafica de interacción del efecto simple A en B y B en A para peso fresco de plantones de café.....	50
13. Ecuación lineal del peso fresco de plantones de café en tres niveles de enmiendas orgánicas con niveles de bio-estimulante líquido	53
14. Ecuación lineal del peso seco de plantones de café en tres niveles de enmiendas orgánicas con niveles de bio-estimulante líquido	54
15. Porcentaje de materia seca de plantones de café.....	57
16. Croquis del campo experimental.....	78
17. Croquis de una unidad experimental dentro de un tratamiento	78
18. Semilla de café	79
19. Plantines listos para el trasplante	79
20. Llenado de bolsas.....	80
21. Traslado de bolsas al vivero y distribuidas según el croquis	80
22. Evaluaciones de altura	81

23.	Evaluaciones de altura	81
24.	Plantas sacrificadas para las evaluaciones finales.....	82
25.	Separación de las hojas y medida del volumen de raíces	82
26.	Muestras en la estufa, para peso seco	83

RESUMEN

El estudio se ejecutó en el vivero de la Facultad de Agronomía de la UNAS, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, Perú, a 657 m.s.n.m., con el objetivo de evaluar el efecto de niveles de enmienda orgánica (E.O) granuladas (Ekotron® 70 GR) y bio-estimulante líquido orgánico líquido (Agrostemin®-GL) en la producción de plantones de *Coffea arábica* variedad Obatá, determinando además su interacción y rentabilidad. Se estudiaron dos componentes: Factor A (enmienda orgánica granulado) con tres niveles (15, 30 y 60 g/planta) y Factor B (bio-estimulante líquido) con tres niveles (25, 50 y 100 ml/20 L de agua), conformando nueve tratamientos factoriales más un testigo sin aplicación. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar con arreglo factorial 3A x 3B más testigo, cuatro repeticiones y análisis estadístico mediante Infostat con prueba DGC al 5 %. La metodología incluyó la germinación en arena lavada, trasplante en estado de fosforito, aplicación de los tratamientos, riego cada tres días bajo sombra de 60 % y evaluaciones cada 30 días durante 150 días, midiendo altura, diámetro, número de hojas, longitud y volumen de raíces, peso fresco y seco, porcentaje de materia seca y análisis beneficio/costo. Los resultados mostraron que el tratamiento T₉ (60 g de enmienda orgánica + 100 ml de bio-estimulante líquido) presentó el mejor desempeño en todas las variables de crecimiento y desarrollo, mientras que el porcentaje de materia seca fue superior con T₈ (60 g EO + 50 ml bio-estimulante líquido). El análisis económico indicó que T₁ tuvo la mayor rentabilidad con una relación B/C de 1,04. Se concluye que la combinación de 60 g de enmienda orgánica granulada y 100 ml de bio-estimulante líquido orgánico líquido optimiza la producción de plantones de café Obatá, logrando mayor altura, diámetro, número de hojas, longitud e volumen de raíces y peso, contribuyendo a la obtención de plantones de alta calidad para su instalación en campo definitivo.

Palabras claves: Enmienda orgánica, interacción, rentabilidad

The Effect of Granulated Humic Acid and Liquid Organic Biostimulant on the Production of *Coffea arabica* (Obata) Seedlings

ABSTRACT

The study was executed in the school of agronomy's plant nursery at the UNAS (acronym in Spanish) in the Rupa Rupa district of the Leoncio Prado province in the Huánuco region of Peru, at 657 m.a.s.l.; with the objective of evaluating the effect of the levels of granulated organic fertilizer (E.O – acronym in Spanish) (Ekotron® 70 GR) and liquid organic biostimulant (Agrostemin®-GL) on the production of the Obata variety of *Coffea arabica* seedlings, as well as determining their interaction and profitability. Two components were studied: Factor A (granulated organic fertilizer) at three levels (15, 30 and 60 g/plant) and Factor B (liquid biostimulant) at three levels (25, 50 and 100 ml/20 L water), making up nine factorial treatments, plus a control with no application. The experimental design was of completely randomized blocks with a factorial arrangement of 3A x 3B, plus the control, with four repetitions and a statistical analysis that was done using Infostat with a DGC test at 5%. The methodology included germination in washed sand, transplant into phosphorite, the application of the treatments, watering every three days in 60% shade, and an evaluation every thirty days during 150 days, measuring the height, diameter, number of leaves, root length and volume, fresh and dry weight, percentage of dry matter, and the benefit/cost analysis. The results revealed that treatment T₉ (60 g of organic fertilizer + 100 ml of liquid biostimulant) presented the best performance for all of the growth and development variables, while the percentage of dry matter was superior for T₈ (60 g EO + 50 ml liquid biostimulant). The economic analysis indicated that the greatest profitability was from T₁ with a B/C relationship of 1.04. It was concluded that with the combination of 60 g of granulated organic fertilizer and 100 ml of liquid organic biostimulant, the production of Obata coffee seedlings was optimized, achieving a greater height, diameter, number of leaves, root length and volume, and weight; contributing to obtaining high quality seedlings for installation in final fields.

Keywords: organic fertilizer, interaction, profitability

I. INTRODUCCIÓN

El café es una actividad agrícola clave por su aporte económico y social, y la etapa de vivero es determinante porque la calidad del plantón condiciona el establecimiento del cultivo en campo. En esta fase suelen presentarse limitaciones como crecimiento lento, baja uniformidad y aprovechamiento poco eficiente de nutrientes del sustrato, lo que prolonga la permanencia en vivero y eleva costos.

Ante ello, se promueve el uso de insumos orgánicos, principalmente ácidos húmicos y bioestimulantes, que no son equivalentes. Los ácidos húmicos corresponden a fracciones humificadas de la materia orgánica y se asocian sobre todo con la mejora del sustrato y la eficiencia de disponibilidad/retención de nutrientes, además de efectos favorables sobre el desarrollo radicular. En cambio, los bioestimulantes son formulaciones con compuestos bioactivos que actúan principalmente sobre la fisiología de la planta, estimulando procesos como crecimiento, absorción y tolerancia al estrés, sin ser fertilizantes en sentido estricto.

La variedad Obatá destaca por su potencial productivo y tolerancia sanitaria; sin embargo, su desempeño depende de obtener plantones con buen crecimiento aéreo y radicular. Por ello, en vivero se aplica ácido húmico granulado y bioestimulante orgánico líquido, de forma individual o combinada, con la expectativa de mejorar vigor y uniformidad.

No obstante, existe limitada evidencia local sobre su efecto real en plantones de café (Obatá) bajo vivero, lo que dificulta definir esquemas de aplicación eficientes. En este sentido, se plantea la pregunta: ¿qué efecto tiene la aplicación de ácido húmico granulado y bioestimulante orgánico líquido, aplicados individualmente y en combinación, sobre el crecimiento y la calidad de los plantones de *Coffea arabica* (Obatá) en vivero?

La investigación se justifica porque mejorar la calidad y uniformidad del plantón puede reducir el tiempo en vivero, disminuir pérdidas al trasplante y fortalecer el establecimiento del cultivo, aportando además a un manejo más sostenible. El estudio comparará el efecto de ambos insumos sobre variables de crecimiento y calidad, identificando el tratamiento con mejor respuesta en vivero.

Se plantea como hipótesis que la aplicación de ácido húmico granulado y bioestimulante orgánico líquido, especialmente en combinación, incrementa significativamente el crecimiento y la calidad de los plantones de café (Obatá) respecto a un testigo sin aplicación.

Objetivo específico

Evaluar el efecto del ácido húmico granulados y bio-estimulante líquido orgánico líquido en la obtención de plantones de *Coffea arábica* (Obatá).

Objetivos específicos

1. Determinar el efecto de los niveles de ácido húmico y del bioestimulante orgánico líquido sobre las variables de crecimiento y calidad de plántones de café en vivero.
2. Establecer el efecto de la interacción ácido húmico x bioestimulante orgánico líquido sobre el crecimiento y la calidad de los plántones de café en vivero.
3. Calcular y comparar la relación beneficio/costo (B/C) de los tratamientos en estudio para identificar la alternativa más rentable.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Abonos orgánicos

2.1.1. Abonos orgánicos sólidos

Son materiales de origen vegetal o animal que, al descomponerse, aportan nutrientes y mejoran las propiedades biológicas, químicas y físicas del suelo, favoreciendo el crecimiento de las plantas; su calidad depende del origen de los materiales, su recolección y almacenamiento (García y Félix, 2014). Comprenden principalmente estiércoles, residuos de cultivo y materia orgánica obtenida del compostaje; su importancia radica en que mejoran la calidad del suelo al fortalecer su estructura y fertilidad (Salazar et al., 2021). Asimismo, al descomponerse, aportan nutrientes y mejoran las condiciones biológicas, químicas y físicas del suelo, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de las plantas; entre sus principales formas se incluyen el estiércol, el compost, los restos de cosecha, los abonos verdes, el bocashi y el humus de lombriz (Ordínola, 2022).

2.1.2. Abonos orgánicos líquidos

Son el resultado de la fermentación de materiales orgánicos como estiércol, leche, suero, frutas, plantas y mieles; mediante la actividad de los microorganismos, estos materiales se transforman en minerales, vitaminas, aminoácidos y ácidos orgánicos que, además de nutrir a las plantas, contribuyen a restaurar la vida del suelo, dando como resultado un fertilizante foliar con principios hormonales vegetales (Instituto para el Desarrollo y la Democracia [IPADE], 2009). En este sentido, constituyen otra forma de incorporar materia orgánica al suelo (García y Félix, 2014). Asimismo, se destaca que estos abonos, por su presentación líquida, requieren menos mano de obra, pueden elaborarse en grandes volúmenes y se aplican diluidos, generalmente en proporciones de 4 a 10 %, lo que reduce sus costos; se obtienen por biofermentación en un medio líquido a partir de estiércoles principalmente vacuno, hojas y frutas, con estimulantes como leche, suero, melaza, jugo de caña, jugos de frutas o levaduras, e incluso cenizas, según el tipo de biofermento, y pueden prepararse por procesos aeróbicos o anaeróbicos (Picado y Afisco, 2005). Su aplicación puede realizarse sobre las plantas o sobre el suelo con cobertura, e incluso sobre aboneras; además, el proceso de biofermentación aporta no solo nutrientes, sino también vitaminas, enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos, antibióticos y una riqueza microbiana que contribuye al equilibrio dinámico del suelo y la planta, favoreciendo una mayor resistencia a insectos dañinos y enfermedades (Picado y Afisco, 2005). Se reconoce que los biofertilizantes representan una alternativa viable para el mantenimiento de pasturas al incrementar la fertilidad y biodiversidad del suelo,

promover un manejo holístico y reducir el uso de insumos externos (Altieri y Nicholls, 2017), mientras que los biofertilizantes de aplicación foliar apoyan el mantenimiento del cultivo al aportar nutrientes esenciales para el metabolismo gracias a su rápida asimilación, lo que permite corregir con mayor eficacia deficiencias nutricionales (Restrepo et al., 2017).

2.1.3. Ácidos húmicos

Se emplea para referirse específicamente a las sustancias húmicas, entre ellas los ácidos húmicos, que corresponden a compuestos complejos que permanecen en el suelo tras la descomposición de residuos orgánicos; en este contexto, se menciona que los ácidos fúlvicos se asocian a los macroagregados y que compuestos como azúcares, aminoácidos y fosfolípidos actúan como fuentes de nitrógeno, fósforo y azufre para los microorganismos y el crecimiento vegetal (Restrepo et al., 2014). Desde su caracterización, los ácidos húmicos se describen como una mezcla de ácidos orgánicos con cadenas de carbono débiles y compuestos aromáticos: no son solubles en agua en condiciones ácidas, pero sí lo son en condiciones alcalinas, y corresponden a la fracción que precipita cuando el pH de una solución acuosa es menor a 2; además, presentan alta variabilidad química (Albert, 2015). En cuanto a su composición, se indica que una proporción importante es aromática y el resto alifática, con pesos moleculares del orden de 10 000 a 100 000, y que sus polímeros pueden asociarse con arcillas formando complejos orgánico-arcilla estables (Granados, 2015). En el suelo, se resalta su importancia por mantener cationes en formas disponibles y favorecer su transporte hacia la raíz; asimismo, ácidos húmicos y fúlvicos pueden actuar como portadores en aplicaciones foliares y participar en la activación de procesos metabólicos y enzimáticos, de modo que su uso combinado con macroelementos y oligoelementos puede favorecer el crecimiento de raíces, frutos y follaje (Serrano et al., 2015). Estas sustancias han sido reconocidas por su acción bioestimulante y se incluyen dentro de los principales grupos de bioestimulantes; además, se sostiene que pueden influir directamente en la fisiología vegetal mediante regulación celular, cambios metabólicos, alteraciones en la expresión génica y acción hormonal, sin depender necesariamente de propiedades del suelo o de la disponibilidad de nutrientes (Van Oosten et al., 2017; Du Jardin, 2015).

2.1.4. Productos a utilizar

2.1.4.1. Ekotron® 70 GR

Es un producto con alto contenido de ácidos húmicos diseñado para ser incorporado al suelo. También se le considera como abono orgánico completamente natural, que ofrece una riqueza garantizada del 70 % de ácidos húmicos totales provenientes de LEONARDITA de alta calidad con un 90 % de materia orgánica total. Debido a la acción de

adsorción que presentan los ácidos húmicos en el suelo, hace que los nutrientes estén disponibles para su asimilación por las raíces de la planta (Serfi, 2021).

El uso de enmiendas orgánicas y bio-estimulante líquidos trae numerosos beneficios tanto para la fertilidad del suelo como para la fisiología y el metabolismo de las plantas. En cuanto a la fertilidad del suelo, estas prácticas incrementan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), aumentando la fertilidad potencial y la disponibilidad de nutrientes bloqueados. Además, mejoran la estructura del suelo y corrigen suelos salinos al secuestrar el catión sodio (Na). También estimulan la formación de microorganismos biológicos beneficiosos y la presencia de silicio (Si) ayuda a desplazar el sodio, reduciendo problemas de salinidad. Asimismo, influyen positivamente en la capacidad tampón del suelo e incrementan la retención de agua. En relación con la fisiología y metabolismo de las plantas, estos insumos estimulan el crecimiento y la respiración de las raíces, facilitan la entrada de nutrientes a nivel de raíz al hacer más permeable la membrana celular y activan el metabolismo de las plantas. Además, aumentan el contenido de clorofila y la actividad fotosintética, y ayudan en la síntesis de ácidos nucleicos (Serfi, 2021; González y Martínez, 2020).

Al mejorar la estructura del suelo (propiedades físicas), incrementa el nivel de fertilidad (propiedades químicas) y mejora su actividad microbiana (propiedades biológicas), lo que permite desarrollar una agricultura sostenible. En este sentido, el producto se recomienda para todo tipo de cultivos, anuales y perennes: alcachofa, espárrago, ajo, cebolla, tomate, páprika, pimiento, piquillo, ají, rocoto, ají jalapeño, arveja, pallar, habas, frijol, caupí, holantao, vainita, col, coliflor, brócoli, lechuga, kion, palmito, maíz, trigo, olluco, yuca, camote, yacón, melón, zapallo, pepinillo, pepino, papa, camote, zanahoria, beterraga, algodón, sacha inchi, palma aceitera, marigold, espinaca, sorgo, quinua, cebada, arroz, caña de azúcar, tabaco, café, cacao; fresa, mango, naranja, mandarina, limón, tangelo, toronja, palto, mango, lúcuma, maracuyá, ciruela, pera, sandía, papaya, granadilla, granada, olivo, piña, plátano, aguaymanto, guanábana, chirimoya, pecano, manzano, melocotón, vid, higo, arándano, entre otros; árboles forestales (eucalipto, cedro, tornillo, caoba, etc.). Flores y plantas ornamentales. También se puede usar en plantones en viveros (frutales y forestales) juntos con el sustrato en mezcla con los fertilizantes que va en las bolsas. Niveles para cultivos en surcos 80 – 100 kg/ha, niveles para frutales: 0,25 – 0,50 kg/árbol dependiendo de la edad del frutal. (Serfi, 2021).

2.1.4.2. Agrostemin®-GL

Es un Bio-estimulante líquido orgánico, presenta diversas características generales que lo hacen efectivo para la mejora del crecimiento vegetal y la salud del suelo, este producto contiene un 24 % de materia seca y entre un 11 y 14 % de materia

orgánica, su composición en ceniza también oscila entre el 11 y 14 %, contiene un 0,25 a 0,5 % de nitrógeno total, 0,25 a 0,75 % de fósforo y entre un 3,5 y 4,0 % de potasio soluble. Además, incluye magnesio (0,12 a 0,19 %), calcio (0,03 a 0,05 %), boro (325-350 ppm), hierro (413-475 ppm), manganeso (377-379 ppm), cobre (33-40 ppm), zinc (513-525 ppm), cobalto (0,75 ppm), molibdeno (25 ppm) y níquel (0,75 ppm) (Serfi, 2020).

Es un extracto natural de algas frescas *Ascophyllum nodosum* que no contiene ningún aditivo artificial (100 % natural). Está aprobado para su uso en la agricultura orgánica. Es un almacén naturalmente balanceado de más de 60 componentes entre ellos: macro y micro nutrientes (biológicamente quelatizados por carbohidratos), aminoácidos y promotores biológicos fitohormonales de auxinas, giberelinas y citoquininas. Contiene protohormonas naturales, encapsuladas en proteínas específicas que promueven dentro de la planta la liberación natural de auxinas, giberelinas y citoquininas en forma balanceada. Esto permite una eficiente autorregulación en la disponibilidad de hormonas y corrige cualquier deficiencia que afecta los diferentes procesos fisiológicos de diferenciación. Para una mochila de 20 litros, se recomienda unos niveles de 25 a 30 ml, en el caso de un cilindro de 200 L, la niveles recomendada es de 250 a 300 ml, finalmente, la niveles por hectárea por campaña oscila entre 1 y 2 litros (Serfi, 2020).

2.2. Cultivo de café (*Coffea arabica* L.)

2.2.1. Generalidades

Es una de las dos especies de mayor importancia económica dentro del género *Coffea* (junto con *C. canephora*), y se reconoce por producir una bebida de alta calidad; además, es la especie dominante en muchas regiones cafeteras y presenta numerosos cultivares, siendo originaria de Etiopía, donde se concentra su mayor diversidad genética, y su cultivo se habría expandido históricamente hacia Yemen (World Coffee Research, 2019; Puerta, 1998, como se citó en Benavides, 2021). En términos reproductivos, se destaca que *C. arabica* es mayormente autógama, aunque puede ocurrir un porcentaje reducido de polinización cruzada; esta característica se asocia a su condición tetraploide, con un número elevado de cromosomas (Asociación Nacional del Café [Anacafé], 2019). Taxonómicamente, el café pertenece a la familia Rubiaceae y al género *Coffea*, el cual incluye numerosas especies, aunque las más cultivadas son *C. arabica* L. y *C. canephora*; morfológicamente, el café puede alcanzar varios metros de altura, pero se maneja mediante poda para facilitar su cultivo (Corral y Anthony, 2003; Puerta, 1998, como se citó en Benavides, 2021). Sobre sus rasgos vegetativos y reproductivos, se describe que las hojas presentan disposición opuesta y

características de coloración diferenciada entre el haz y el envés, las flores blancas se ubican en las axilas de las hojas en ramas plagiotrópicas, y el fruto corresponde a una drupa, a partir de la cual se obtiene el “café verde”, base del comercio previo a la torrefacción (Fuentes y Martínez, 1997, como se citó en Estrada, 2015).

Respecto a sus requerimientos ambientales, se indica que el café arábico se desarrolla principalmente en rangos altitudinales cercanos a 900–2 000 m s. n. m., con temperaturas medias favorables, humedad atmosférica importante y condiciones que eviten vientos fuertes y bajas temperaturas; en esa línea, se han propuesto rangos de radiación, precipitación, humedad relativa, evapotranspiración y viento como parámetros de referencia para su óptimo desarrollo (Corral y Anthony, 2003; Montañez et al., 2022). En el caso del Perú, se reporta que la mayor concentración de caficultores y área cultivada se ubica en departamentos específicos, y se sostiene que el país cuenta con condiciones climáticas y geográficas favorables para cafés de calidad, con reconocimiento particular en café orgánico y un posicionamiento destacado en la producción orgánica a nivel mundial (Díaz y Carmen, 2017; Marcelo et al., 2018; Nahuamel, 2018). Finalmente, se enfatiza que para lograr un crecimiento y producción adecuados es imprescindible considerar las condiciones agroecológicas de cada región, y que la zonificación agroecológica constituye una herramienta clave para reducir riesgos y orientar la planificación agrícola; dado que el café es un cultivo permanente con exigencias específicas, se señala que cualquier mejora del cultivo requiere, como base, un análisis regional ajustado a la realidad ecológica del área de producción (Soto et al., 2021)

2.2.2. Obtención de semillero del café

La obtención de plantas de café con características deseadas se inicia con la selección de semilla, debido a que en ella se concentra el potencial genético que determina la calidad del material a establecer; por ello, se debe escoger una variedad adecuada al campo definitivo (zona de vida de la unidad productiva) y planificar el manejo agronómico y el presupuesto que aseguren la sostenibilidad de la plantación (González, 2022). En la misma línea, se describe que la producción de plantas comprende una secuencia que parte de la selección de la semilla, continúa con la germinación, el desarrollo de plántulas, el trasplante, la preparación del sustrato y del vivero, y finaliza con el desarrollo de las plantas en vivero (Salinas, 2024). Para asegurar semilla de calidad, se recomienda identificar plantas madre sanas, vigorosas y de alta producción dentro del cafetal, ya que aun con apariencia uniforme la productividad varía entre plantas; esta selección y marcación permite obtener semilla para replantes, resiembras o nuevas plantaciones (Fischersworing y Robkamp, 2001). En cuanto a

la recolección, se sugiere cosechar únicamente frutos sanos y completamente maduros, preferentemente de la parte central de la planta y evitar los extremos de las ramas; además, se indica que el momento óptimo suele coincidir con un pase específico de cosecha según la dinámica del cafetal (Fischersworrning y Robkamp, 2001).

Luego de la cosecha, el proceso de selección incluye la prueba de fruto vano mediante inmersión en agua para descartar los frutos que flotan, el despulpado cuidadoso de preferencia manual y realizado el mismo día de la recolección para evitar daños por sobrefermentación; posteriormente, se realiza la fermentación para desprender el mucílago, seguida del lavado con agua limpia hasta eliminar completamente los residuos, retirando nuevamente los granos vanos que floten (Christiasen, 2004; (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2016). Después, se recomienda un secado bajo sombra, con movimiento periódico y sin formar capas gruesas, hasta alcanzar el nivel de humedad requerido; finalmente, se efectúa una selección final eliminando semillas con malformaciones, daños mecánicos o por plagas, y granos pequeños o defectuosos (Christiasen, 2004; Jara, 2017). La semilla debe conservarse en condiciones controladas, con rangos de temperatura y humedad relativa que mantengan su viabilidad; aun así, se recomienda sembrarla lo antes posible, debido a que el porcentaje de germinación disminuye con el tiempo y no es conveniente usar semilla con almacenamiento prolongado (González, 2022; INIA, 2016; Sosa, 2014).

2.2.3. Propagación de plantones

La instalación del germinador comienza con la elección de un sitio plano o ligeramente inclinado, no húmedo, cercano a una fuente de agua, de fácil acceso y protegido de animales, por lo que se recomienda cercarlo (INIA, 2016; Fischersworrning y Robkamp, 2001). Las camas se establecen elevadas (20 cm) y con buen drenaje; el sustrato más recomendado es arena fina y lavada de río, previamente cernida y libre de contaminación, porque reduce problemas sanitarios, evita encharcamientos, favorece el desarrollo radicular y facilita el trasplante (González, 2022; Fischersworrning y Robkamp, 2001; Gómez, 2010). Antes de sembrar, el sustrato debe desinfectarse con agua hirviendo o productos químicos, idealmente varios días previos (González, 2022; INIA, 2016). La siembra se realiza de forma uniforme en surcos o en filas para evitar amontonamientos; se citan referencias como sembrar a 1 cm de profundidad, usar separaciones de 10 cm entre filas y dimensionar el área del germinador según la cantidad de semilla (González, 2022; INIA, 2016; Fischersworrning y Robkamp, 2001). Luego se cubre con costales u hojas para conservar humedad y moderar la radiación, y se riega según necesidad; la germinación suele observarse entre 40 y 60 días, pudiendo reducirse si la semilla se remoja previamente (González, 2022; INIA, 2016).

En paralelo, el vivero se prepara con anticipación en un terreno lo más plano posible, cercano al cafetal y al agua, con buen drenaje y protección frente a vientos, manteniendo el área cercada (Fischersworing y Robkamp, 2001; CENICAFE, 2007; INIA, 2016). El sustrato para bolsas puede elaborarse con mezclas de suelo y materia orgánica (incluida pulpa de café) y debe reposar antes del embolsado; las bolsas se llenan dejando un margen bajo el borde y se acomodan en bloques o camas para facilitar el manejo y el sombreado (INIA, 2016; Fischersworing y Robkamp, 2001). El trasplante se realiza con chapolas en estado temprano (fosforito o mariposa), seleccionando solo plántulas sanas y vigorosas con raíces bien formadas; se riega el germinador antes del repique, se humedece el sustrato de las bolsas y se coloca la planta evitando doblar la raíz (INIA, 2016; Fischersworing y Robkamp, 2001). El manejo posterior incluye limpieza del vivero, riegos oportunos, control de problemas sanitarios, aclimatación gradual a la luz y selección final para descartar plántones débiles o deformes antes del trasplante a campo definitivo (INIA, 2016; CENICAFE, 2011; Fischersworing y Robkamp, 2001).

2.2.4. Variedad obata rojo.

Esta variedad se desarrolló en Brasil. Se origina al cruzar el cultivar Villa Sarchí y el híbrido de Timor (CIFC 832/2), realizada por el CIFC, Oeiras, Portugal, en 1967. De este cruce se originó el H 361/4 (F1). En 1971 la descendencia del H 361/4 (F2) se introdujo a Brasil para continuar con la evaluación de esta progenie a través del Instituto Agronómico de Campinas (IAC). Plantas de la F2 se cruzaron con la variedad Catuaí de fruto rojo, con el propósito de mejorar productividad con resistencia a roya hasta llevarla a la sexta descendencia (F6) que dio origen a la variedad Obata IAC 1629-20. Esta fue registrada en el Registro Nacional de Variedades Vegetales (RNC) en 1999 y se realizó el lanzamiento oficial por el IAC en el año 2000. Presenta alta resistencia a la roya, porte bajo, alto vigor; entrenudos cortos, hojas grandes, anchas y bordes ligeramente ondulados, brotes de color verde. Tiene alta capacidad de emitir ramas secundarias, frutos grandes, rojos y de forma oblonga de maduración tardía. Las dimensiones de altura y diámetro de copa son similares a la planta de la variedad Catuaí. Grano grande, el tamaño promedio es de zaranda 17. La calidad de bebida es muy buena. En evaluaciones realizadas en Brasil (Heron, SP) se logró una productividad promedio en 6 años de 35 quintales pergamino seco por manzana. Las plantas de esta variedad son susceptibles al ataque nemátodos fitoparásitos. Por su alta Vigorosidad y buen desarrollo es exigente en nutrición, requiriendo buen espacio entre plantas (más de 1 metro) para expresar su potencial genético (Asociación Nacional del Café, 2019).

2.3. Antecedentes en estudio

Se realizó entre febrero y agosto de 2011 en el vivero productivo de la Facultad de Agronomía de la UNAS en Tingo María, con la finalidad de determinar el efecto de tres abonos orgánicos (bocashi, gaicashi y humus de lombriz) en tres proporciones (1:1, 3:1 y 5:1) combinados con dos variedades (catimor y caturra rojo), bajo un diseño completamente al azar con 20 tratamientos (incluidos 2 testigos), evaluándose desde los 21 días después de la siembra variables de crecimiento y calidad (altura y diámetro de tallo, número de hojas, longitud y volumen de raíces, materia seca y área foliar), con mediciones periódicas cada 15 días hasta 186 días y muestreos finales para raíces y biomasa; los resultados mostraron que el mayor vigor lo obtuvo el tratamiento T₂ (bocashi 3:1 + catimor) con 27,032 cm de altura, diferenciándose estadísticamente del resto, seguido por combinaciones con humus 1:1 y gaicashi 3:1 principalmente en catimor, mientras que el análisis económico indicó relaciones B/C > 1 en general y un máximo de 2,09 en tratamientos con proporción 5:1, alcanzando una utilidad de S/ 1301,99, concluyéndose que bocashi 3:1 en catimor optimiza el vigor en vivero, pero las proporciones 5:1 resultan las más rentables según el criterio económico (Escalante, 2011).

Se realizó en el fundo “El Pacífico”, distrito y provincia de Lamas, con la finalidad de identificar dosis eficientes y económicamente rentables de ácido húmico granulado de leonardita y de ácidos húmicos y fúlvicos con macro y microelementos en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Great Lakes; se evaluaron cinco tratamientos, 150 y 200 kg/ha de ácido húmico granulado aplicados 100 % a la siembra, 30 y 50 L/ha de ácidos húmicos y fúlvicos con macro y microelementos aplicados 50 % a la siembra y 50 % a 15 DDS, y un testigo absoluto; la metodología empleó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con tres bloques, cinco tratamientos y 15 unidades experimentales, midiendo principalmente peso de planta y rendimiento (kg/ha) y su relación costo/beneficio; los resultados mostraron que el mejor desempeño lo alcanzó el tratamiento T₄ (50 L/ha fraccionado) con 32 302,917 kg/ha y 139 g por planta, superando estadísticamente a los demás, y evidenciando una relación lineal positiva entre dosis y respuesta productiva, con mayor incremento de peso cuando se aplicó ácido húmico líquido; en conclusión, la aplicación fraccionada de ácido húmico líquido, especialmente a 50 L/ha, optimizó rendimiento y peso de planta y, junto con los demás tratamientos húmicos, presentó índices costo/beneficio superiores a 1, indicando rentabilidad (Pinedo, 2012).

Se desarrolló entre febrero y octubre de 2016 en el caserío Nuevo Amazonas, distrito de Yamón, provincia de Utcubamba, región Amazonas (Perú), con la finalidad de identificar la fuente de materia orgánica más eficiente para la producción de plantones de café variedad catimor en vivero; se consideraron siete tratamientos con tres repeticiones, T₀ (100 %

tierra agrícola, testigo), C₁ (25 % compost + 75 % tierra), C₂ (50 % compost + 50 % tierra), C₃ (75 % compost + 25 % tierra), H₁ (25 % humus + 75 % tierra), H₂ (50 % humus + 50 % tierra) y H₃ (75 % humus + 25 % tierra); la metodología empleó un diseño completamente al azar con sub-muestra y comparación de medias mediante Duncan al 95 %, evaluándose altura de planta, diámetro de tallo, número de pares de hojas y, al finalizar, longitud de raíces; los resultados mostraron que en altura destacaron H₂ (21,46 cm), H₃ (21,11 cm), C₂ (21,05 cm) y C₁ (20,95 cm), en número de pares de hojas fueron superiores H₂ (5,9), C₂ (5,8) y C₁ (5,77), en diámetro de tallo no hubo diferencias significativas entre tratamientos (aunque sí respecto al testigo), y en longitud de raíz el mejor fue C₁ con 18,92 cm; en conclusión, las mezclas con humus (especialmente 50 %) y compost (C₂ y C₁) mejoraron el crecimiento aéreo frente al testigo, mientras que C₁ favoreció de manera más marcada el desarrollo radicular, confirmando la ventaja de incorporar materia orgánica en sustratos para plántones de café catimor (Jara, 2017).

Se realizó de mayo a octubre de 2014 en San Pedro, provincia de La Convención, Cusco (Perú), con la finalidad de determinar la dosis de ácido húmico y la combinación ácido húmico–micorrizas que optimicen el crecimiento de plántulas de café (*Coffea arabica*) en vivero y evaluar la rentabilidad de los tratamientos, aplicando un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con 9 tratamientos y 3 repeticiones, basados en combinaciones de micorrizas (0, 5 y 10 g) y ácido húmico (principalmente 10 y 15 ml); se evaluaron longitud de raíz, número de raíces secundarias, diámetro de tallo, altura de plántula, peso fresco y seco de raíz y parte aérea, y días para formar cuatro pares de hojas; los resultados indicaron que las dosis de ácido húmico de 10–15 ml y micorrizas de 5–10 g dieron las mejores respuestas, destacando combinaciones como M₃A₃ (10 g micorrizas + 15 ml ácido húmico) en diámetro de tallo (3,32 mm) y desempeño radicular, y M₁A₂ (0 g + 10 ml) en altura (33,75 cm), mientras que el análisis económico mostró un costo global de S/ 781,19, un costo unitario de S/ 1,45 por plantón y una relación beneficio/costo de 1,56 (ganancia de S/ 0,56 por cada sol invertido), concluyéndose que la aplicación conjunta de ácido húmico y micorrizas mejora el crecimiento en vivero y resulta económicamente rentable (Álvarez, 2017).

Se realizó en el municipio de Zunil, departamento de Quetzaltenango, con la finalidad de evaluar el uso de ácidos húmicos y fúlvicos en tres variedades de lechuga y determinar su impacto productivo y económico; se trabajó con un diseño de Bloques Completos al Azar con arreglo de parcelas divididas y cuatro repeticiones, considerando como factor A las fuentes: Humipot (8 L/ha), Lonite (30 L/ha), Humita-15 (20 L/ha) y un testigo relativo (sin aplicación), y como factor B las variedades Cartagena, Legacy y Rumours; la metodología incluyó la evaluación de diámetro polar y ecuatorial, grado de compactación de la cabeza,

rendimiento (kg/ha) y un análisis económico; los resultados mostraron que los diámetros polar y ecuatorial no difirieron significativamente entre fuentes, aunque sí respecto al testigo, que ninguna fuente mejoró el grado de compactación, y que en rendimiento hubo alta significancia tanto por fuentes como por variedades, destacando Humita-15 (20 L/ha) como la mejor fuente y la variedad Cartagena como la más productiva con 118 628,47 kg/ha y 47 % de rentabilidad; en conclusión, los ácidos húmicos y fúlvicos incrementan el rendimiento de lechuga frente al testigo, siendo Humita-15 y la variedad Cartagena las opciones más convenientes, aunque sin mejoras claras en compactación (Chay, 2020).

Se desarrolló a nivel de vivero utilizando abonos elaborados en la Finca Churupampas, Chirinos, Cajamarca, con la finalidad de obtener plantas vigorosas de café que aseguren un establecimiento exitoso en campo mediante una fertilización orgánica eficiente; se probaron 16 tratamientos que incluyeron un testigo sin fertilizante, aplicaciones individuales de Churufer (biosol), Pachacushi (compost), Guano de Isla, Churubiol (biol), Kapsitron (biol) y Huallquin-fer (biol), además de combinaciones entre biosoles/compost/guano con bioles, destacando Churufer+Churubiol; la metodología se basó en un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con tres bloques y diez plantas por unidad experimental, evaluando a los 120 días variables de crecimiento y biomasa; los resultados confirmaron que el tratamiento Churufer+Churubiol obtuvo los mejores valores en altura (15,64 cm), número de hojas (8,83), diámetro de tallo (2,62 mm) y pesos frescos de hojas, tallo, raíz y total (3,0988 g); en conclusión, los fertilizantes orgánicos producidos en la Finca Churupampas, especialmente la combinación Churufer+Churubiol, mejoraron significativamente el tamaño y el peso de las plantas de café en vivero (Jaulis et al., 2020).

Se realizó en Luya, Amazonas, con la finalidad de comparar la fertilización química y orgánica para mejorar el crecimiento y la rentabilidad de plantones de café (*Coffea arabica* L.) en vivero; se empleó un diseño completamente al azar con 5 tratamientos y testigo absoluto, 3 repeticiones y 9 plantas por unidad experimental, usando como tratamientos fosfato diamónico, YaraMila Complex, humus de lombriz y gallinaza; las semillas se colectaron del tercio medio de plantas en campo y se germinaron en arena esterilizada, luego se repicaron en bolsas de polietileno (1 041,89 cm³) con suelo de parcelas agrícolas y se aplicaron 3 g por planta de fertilizante a los 15 días; los resultados mostraron que los tratamientos con humus de lombriz (T₃) y gallinaza (T₄) favorecieron significativamente la altura (7,82 y 8,14 cm), diámetro de tallo (2,23 y 2,07 mm) y materia seca radicular (1,14 y 1,04 g), mientras que el fosfato diamónico (T₁) incrementó la materia seca foliar (1,95 g) y el área foliar (62,63 cm²); económicamente, la gallinaza presentó la mayor relación beneficio/costo (0,7) y humus/fosfato

alcanzaron en promedio 0,57, superando a YaraMila y al testigo; se concluye que los abonos orgánicos mejoran de manera importante el crecimiento de los plántones y permiten una rentabilidad mayor al 50 %, aportando sostenibilidad a la producción de plántones en vivero (Mendoza, 2022).

Se realizó en Satipo, con la finalidad de determinar si la aplicación de bioestimulantes mejora el desempeño de plántones de café en vivero; los tratamientos consistieron en diferentes aplicaciones de bioestimulantes, aplicados bajo un diseño experimental con análisis de varianza (ANVA); la metodología incluyó evaluaciones sucesivas del crecimiento vegetativo midiendo altura de planta (primera evaluación), número de hojas por planta (segunda evaluación), diámetro de tallo (tercera evaluación) y área foliar, comparando tratamientos y bloques; los resultados del ANVA mostraron diferencias altamente significativas para altura en la primera evaluación, para número de hojas en la segunda evaluación, y para diámetro de tallo (tercera evaluación) y área foliar, mientras que el efecto de bloques fue no significativo, en diámetro de tallo y área foliar; en conclusión, los bioestimulantes evaluados generaron efectos estadísticamente diferenciados sobre varios indicadores morfofisiológicos del café en vivero, evidenciando influencia principalmente atribuible a los tratamientos más que a variaciones entre bloques (Villaizan, 2025).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el vivero de la Facultad de Agronomía – UNAS, en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, Carretera Central km. 1,21, Tingo María. Las coordenadas fueron: 390542 m E, 8970031 m N y la altura fue de 657 m.s.n.m. (Figura 1).



Figura 1. Imagen satelital de la ubicación del campo experimental

3.1.1. Zona de vida

Se caracteriza por un clima tropical muy húmedo, es parte de la selva alta del Perú, con alta vegetación e importante biodiversidad, se clasifica como un bosque húmedo premontano tropical (mbh-PMT), que se caracteriza por altas precipitaciones anuales y temperaturas cálidas durante todo el año. La altitud de aproximadamente 657 msnm contribuye a su clima cálido y húmedo, favoreciendo una rica biodiversidad y condiciones óptimas para diversos cultivos, incluyendo el café (Holdridge, 1947).

3.1.2. Materiales

Para el experimento se utilizó Ekotron® 70 GR, un producto con alto contenido de ácido húmico (granulado), y el Bio-estimulante líquido líquido Agrostemin®-GL, un extracto natural que contiene macro y micro nutrientes (biológicamente quelatizados por

carbohidratos), aminoácidos y promotores biológicos fitohormonales de auxinas, giberelinas y citoquininas. Las semillas de café utilizada correspondieron al cultivar Obatá rojo (Obatá IAC 1669-20) y fue adquirida en Agromosdeza (Jr. Andahuaylas s/n, Villa Rica, Villa Rica, Perú). Esta variedad de *Coffea arabica* se caracteriza por su resistencia a la roya, alto rendimiento, granos grandes y maduración tardía, y proviene de un proceso de mejoramiento derivado del cruce Villa Sarchí × Híbrido de Timor (CIFC 832/2), con selección posterior y probable aporte genético de Catuaí rojo; fue registrada en 1999 y liberada oficialmente por el IAC en 2000. Herramientas como: azadón, jalones, wincha, rafia, regla milimétrica, vernier digital, libreta de campo, marcadores, vasos de precipitación, jeringas, mochila de fumigar, balanza, entre otros.

3.1.3. Análisis inicial del suelo

El suelo evaluado presentó una textura franco arcillosa, condición que le confiere buena capacidad de retención de agua y nutrientes, aunque con riesgo de limitaciones en aireación y drenaje si no se maneja adecuadamente (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de caracterización del suelo inicial

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

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

El pH de 4,77 lo ubica en la categoría de fuertemente ácido, condición que limita la disponibilidad de fósforo, calcio y magnesio y, a la vez, incrementa la solubilidad del aluminio, con riesgo de toxicidad para las plantas. La materia orgánica (2,68 %) es intermedia y aporta de manera parcial a la fertilidad; en contraste, el nitrógeno (0,13 %) y el fósforo

disponible (6,30 ppm) son bajos, por lo que se requiere fertilización adicional. El potasio disponible (75,39 ppm) es medio y suficiente para el inicio del cultivo, aunque conviene vigilarlo para evitar futuras deficiencias. La capacidad de intercambio catiónico (6,86 cmol(+)/kg) es moderada, lo que señala una retención de nutrientes de nivel medio, con predominio de Ca (5,28 cmol/kg) y Mg (1,58 cmol/kg); el Al (1,57 cmol/kg) y el H (1,05 cmol/kg) contribuyen a la acidez. Finalmente, la saturación de bases (72,38 %) es adecuada, pero la saturación de aluminio (16,56 %) evidencia un grado medio de acidez intercambiable que podría interferir en la absorción de nutrientes.

3.2. Métodos estadísticos

3.2.1. Componentes en estudio

- **Factor A:** Niveles de ácido húmico granulado (Ekotron® 70 GR)
 - $a_1 = 15$ g/planta
 - $a_2 = 30$ g/planta
 - $a_3 = 60$ g/planta
- **Factor B:** Bio-estimulante líquido líquido (Agrostemin®-GL)
 - $b_1 = 25$ ml/20L
 - $b_2 = 50$ ml/20L
 - $b_3 = 100$ ml/20L

3.2.2. Tratamientos

Se evaluaron diferentes combinaciones de ácido húmico granulado y bio-estimulante líquido líquido en plantas de café obata rojo, estableciendo nueve tratamientos (T₁ a T₉) y un control (T₁₀) (Tabla 2).

Tabla 2 Descripción de tratamientos en estudio.

Nº	Clave	Cultivo	Ácido húmico	Bioestimulante
T ₁	a ₁ b ₁	Café (Obatá rojo)	15 g/planta	25 ml/20L
T ₂	a ₁ b ₂	Café (Obatá rojo)	15 g/planta	50 ml/20L
T ₃	a ₁ b ₃	Café (Obatá rojo)	15 g/planta	100 ml/20L
T ₄	a ₂ b ₁	Café (Obatá rojo)	30 g/planta	25 ml/20L
T ₅	a ₂ b ₂	Café (Obatá rojo)	30 g/planta	50 ml/20L
T ₆	a ₂ b ₃	Café (Obatá rojo)	30 g/planta	100 ml/20L
T ₇	a ₃ b ₁	Café (Obatá rojo)	60 g/planta	25 ml/20L
T ₈	a ₃ b ₂	Café (Obatá rojo)	60 g/planta	50 ml/20L
T ₉	a ₃ b ₃	Café (Obatá rojo)	60 g/planta	100 ml/20L
T ₁₀	Testigo	Café (Obatá rojo)		

*los niveles están en función a la ficha técnica de los productos.

3.2.3. Diseño experimental

Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con un arreglo factorial de $3A \times 3B$ más un testigo absoluto, lo cual conformó 10 tratamientos distribuidos en cuatro bloques, todas las variables fueron sometidas a un análisis estadístico con un 5 % de probabilidad (Tabla 3), en caso de que mostraran diferencias estadísticas, se utilizó el comparador medio de DGC al 5 %. Se utilizó el software estadístico InfoStat versión 2008.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + A \times B_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable obtenida de la combinación del i -ésimo factor A con j -ésimo factor B en la k -ésima repetición.

μ = Efecto de la media general.

T_i = Efecto del i -ésimo factor A

T_j = Efecto de j -ésimo factor B.

AT_{ij} = Efecto de la interacción del i -ésimo nivel del factor A con el j -ésimo nivel del factor B

E_{ij} = Efecto aleatorio del error experimental asociado a dicha Observación Y_{ijk} .

Para

$i= 1, 2, 3, 4$ Factor A; $j= 1, 2, 3, 4$ Factor B; $k= 1, 2, 3, 4$, repeticiones

Tabla 3. Modelo del Análisis de Variancia.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F
Bloques	3	SC _b	SC _b /GL _t	CM _b /CM _{EE}
Factorial A	2	SC _A	SC _A /GL _A	CM _A /CM _{EE}
Factorial B	2	SC _B	SC _B /GL _B	CM _B /CM _{EE}
A x B	4	SC _{AxB}	SC _{AxB} /GL _{AxB}	CM _{AxB} /CM _{EE}
F vs T	1	SC F _{vs} T	SC F _{vs} T/GL F _{vs} T	CM F _{vs} T/CM EE
Error Experimental	30	SC _{EE}	SC _{ee} /GL _{EE}	
Total	39	SCT		

CV %

R²

3.2.4. Características del campo experimental

Tratamientos

- Número de tratamientos : 10
- Número de plantas/U.E : 20
- Número de plantas/Tratamiento : 80

- Número de plantas evaluadas/U.E : 6
- Número total de plantas : 1280
- Medidas de U.E : 0,50 x 0,20 m
- Unidad experimental : 0,1 m²

Bloques

- Número de bloques : 4
- Largo de bloque : 10,20 m

Área del experimento

- Largo del experimento : 10,20 m
- Ancho del experimento : 1,40 m
- Área : 14,28 m²

3.3. Ejecución del experimento

3.3.1. Germinación de las semillas.

Para la germinación de las semillas se utilizó arena fina lavada, sembrándolas en líneas. En cada línea se colocaron 50 semillas separadas, con el fin de evitar daños durante el trasplante. El trasplante se realizó cuando las plantas alcanzaron la etapa de fosforito. Antes de preparar las camas de germinación, se cernió la arena para prevenir la presencia de piedras que pudieran interferir en el normal desarrollo de las plantas.

3.3.2. Preparación del sustrato

Para la preparación del sustrato se utilizó tierra residual, se extrajo superficialmente de una profundidad de 5 a 20 cm. Posteriormente, se cernió y se desinfectó antes de llenar las bolsas. La tierra se mezcló con ácido húmico granulado (Ekotron[®] 70 GR) según los tratamientos planteados en el experimento.

3.3.3. Llenado y ubicación de las bolsas en el vivero

Una vez obtenida la mezcla según los niveles planteados en el experimento, se procedió al llenado de las bolsas de polietileno de color negro (5 x 10 x 0,02 cm) para cada tratamiento, el llenado se realizó manualmente, presionando ligeramente para que quedara compactado y rígido, evitando así caídas, una vez llenadas, las bolsas se acomodaron en el vivero de acuerdo a los tratamientos planteados en el croquis.

3.3.4. Trasplante de fosforitos a las bolsas

El trasplante se realizó cuando las plantas estuvieron en estado de fosforito, colocando una planta por cada bolsa de forma perpendicular. Luego, cada planta fue cubierta al ras del suelo.

3.3.5. Riego, control de maleza y control de plagas

El riego se llevó a cabo cada tres días con una regadora, y el vivero contó con una sombra del 60 %. El control de malezas se realizó de forma manual cada vez que se observaron malezas en el campo experimental. La evaluación de plagas se efectuó mediante inspección constante de la parcela para detectar y manejar cualquier problema de plagas.

3.4. Variables a evaluar

3.4.1. Altura, diámetro y número de hojas de plantas

Las evaluaciones de altura, diámetro y número de hojas de las plantas se realizaron cada 30 días. Se evaluaron 6 plantas de cada tratamiento, tomando la altura de la planta desde el nivel del sustrato hasta la yema terminal del tallo principal en centímetros (cm) con una regla milimétrica. El diámetro se evaluó con un vernier digital a 2 cm de altura respecto al sustrato en milímetros (mm), y el número de hojas se determinó mediante un conteo visual. Estas evaluaciones continuaron hasta que las plantas alcanzaron 6 pares de hojas.

3.4.2. Evaluación de longitud y volumen de raíces

La longitud de raíz se evaluó utilizando una regla graduada, desde la inserción con el esqueje hasta la parte terminal de las raíces. Se tomaron mediciones en 3 plantas por tratamiento en cada evaluación. Paralelamente, se midió el volumen de raíces sumergiendo la plántula hasta el cuello de la raíz en una probeta graduada con agua, determinando el volumen por diferencia.

3.4.3. Peso fresco y seco de toda la planta

Se tomaron seis plantas de la parcela neta/unidad experimental, las cuales fueron pesadas y colocadas en bolsas de papel periódico para obtener el peso fresco. Para obtener el peso seco, las muestras se colocaron en una estufa a 105 °C durante 48 horas, luego se pesaron y se calculó el porcentaje de humedad y materia seca por diferencia.

3.4.4. Porcentaje de materia seca

Para calcularlo, se utilizaron los datos del peso fresco y seco de los plantones y se utilizó la siguiente fórmula:

$$MS = 1 + \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso fresco}} \times 100$$

3.4.5. Análisis de beneficio/costo

Se midió calculando el gasto total de cada tratamiento, el precio de venta de los plantones y el ingreso bruto, así como el costo unitario, la relación costo-beneficio (C/B) y la rentabilidad. Para esta evaluación se realizó una selección de plantas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Altura, diámetro y número de hojas de plántones de café

El análisis de varianza de la interacción entre el ácido húmico granulado (*A*) y el bioestimulante líquido (*B*), (*A x B*) (Tabla 4), solo se observan diferencias estadísticas en el diámetro del tallo de los plántones de café, debido a que el valor de probabilidad es menor al planteado ($p < 0,05$), lo que indica que el efecto combinado de ambos factores influye en dicha variable; es decir, al menos una combinación difiere en el diámetro.

Tabla 4. Resumen del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para altura (cm), diámetro de tallo (cm) y número de hojas/planta de plántones de café

Fuente de variación	GL	Altura (cm)		Diámetro (mm)		Hojas/planta	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Bloques	3	4,28	0,2949 <i>ns</i>	0,15	0,0546 <i>ns</i>	0,30	0,4342 <i>ns</i>
Ácido húmico (<i>A</i>)	2	90,79	<0,0001 <i>s</i>	1,40	<0,0001 <i>s</i>	11,03	<0,0001 <i>s</i>
Bioestimulante (<i>B</i>)	2	173,46	<0,0001 <i>s</i>	4,41	<0,0001 <i>s</i>	12,70	<0,0001 <i>s</i>
Interacción (<i>AxB</i>)	4	6,77	0,1150 <i>ns</i>	0,30	0,0022 <i>s</i>	0,74	0,0838 <i>ns</i>
Factores vs Testigo	1	972,52	<0,0001 <i>s</i>	2,81	<0,0001 <i>s</i>	33,61	<0,0001 <i>s</i>
Error experimental	27	3,30		0,05		0,32	
Total	39						
CV (%)		5,95		4,08		3,96	
R ²		0,95		0,92		0,91	

Para la altura y el número de hojas (Tabla 4), no se registran diferencias estadísticas, ya que, el valor de probabilidad es mayor al planteado ($p > 0,05$), lo que significa que todas las combinaciones resultan estadísticamente iguales para esas variables.

Ambos factores (Tabla 4), muestran diferencias estadísticas en cada variable en estudio (altura, diámetro y número de hojas), pues el valor de probabilidad es menor al planteado ($p < 0,05$); significa que, al menos una dosis de ácido húmico granulado y al menos una dosis de bioestimulante difieren en altura, diámetro y número de hojas.

También se observan diferencias estadísticas al comparar los factores (*A x B*) con el testigo, dado que el valor de probabilidad es menor al planteado ($p < 0,05$); es decir, la combinación de factores vs el testigo será diferente (Tabla 4).

El coeficiente de variación (CV) fue de 5,95 % para la altura, 4,08 % para el diámetro del tallo y 3,96 % para el número de hojas. De acuerdo con Pimentel (1985, citado en Gordón-Mendoza y Camargo-Buitrago, 2015), los CV inferiores al 10 % se consideran bajos, entre 10–20 % medios, 20–30 % altos y superiores al 30 % muy altos. En nuestros resultados,

todos los CV se ubican en el rango bajo, lo que indica alta precisión experimental, buena homogeneidad de las unidades experimentales y un control adecuado del error experimental.

El coeficiente de determinación (R^2) fue de 0,95 para la altura, 0,92 para el diámetro del tallo y 0,91 para el número de hojas (Tabla 4). El R^2 es un indicador clave en la regresión lineal, ya que expresa la proporción de la variación de la variable dependiente que es explicada por el conjunto de variables independientes (Rodríguez et al., 2018), asimismo un R^2 igual a uno (1) indica un ajuste es perfecto, en cambio, un R^2 igual a cero (0) significa que su capacidad predictiva es nula (Martínez, 2005) por que los resultados muestra un ajuste casi perfecto con 95 % de la variación en altura, 92 % en diámetro y 91 % en número de hojas.

Tabla 5. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del efecto simple de *A en B* y *B en A* para diámetro de plántones de café

<i>A en B</i>	GL	CM	p-valor	CV	R^2	<i>B en A</i>	GL	CM	p-valor	CV	R^2
a_1B	2	0,53	0,0001	2,53	0,86	b_1A	2	0,01	0,7331	2,49	0,05
Error	9	0,02				Error	9	0,02			
a_2B	2	1,35	0,0001	3,80	0,86	b_2A	2	0,97	0,0015	4,34	0,76
Error	9	0,05				Error	9	0,07			
a_3B	2	3,12	0,0004	6,21	0,83	b_3A	2	1,02	0,0100	5,72	0,64
Error	9	0,14				Error	9	0,13			

En cuanto al efecto simple de *A en B* en el análisis de varianza (Tabla 5), las combinaciones a_1B , a_2B y a_3B muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Esto indica que, al combinar cada dosis de ácido húmico granulado (a_1 , a_2 y a_3) con cada dosis del bioestimulante (b_1 , b_2 y b_3), se obtienen efectos distintos sobre el diámetro del tallo de los plántones de café, debido a que el valor de probabilidad es menor que el nivel de significancia establecido ($p < 0,05$). Significa que, al menos una combinación de ácido húmico granulado y bioestimulante serán diferentes en cuanto al diámetro del tallo de los plántones de café.

Los valores del CV fueron 2,53 % (a_1B), 3,80 % (a_2B) y 6,21 % (a_3B), y se clasifican como bajos según lo propuesto por Pimentel (1985, citado en Gordón-Mendoza y Camargo-Buitrago, 2015), quien señala que los CV menores al 10 % se consideran bajos. Esto indica alta precisión experimental, buena homogeneidad de las unidades experimentales y un control adecuado del error experimental (Tabla 5).

Los valores de R^2 fueron 0,86 (a_1B), 0,86 (a_2B) y 0,83 (a_3B). Este coeficiente es un indicador clave en la regresión lineal, pues expresa la proporción de la variabilidad de la variable dependiente que es explicada por el conjunto de variables independientes (Rodríguez et al., 2018). En ese sentido, un R^2 igual a uno indica un ajuste perfecto del modelo, mientras

que un R^2 igual cero refleja ausencia de capacidad explicativa (Martínez, 2005). Por lo tanto, los valores obtenidos muestran que los modelos explican el 86 % de la variación en a_1B y a_2B , y el 83 % en a_3B , lo que evidencia un ajuste adecuado de las variables estudiadas y una alta capacidad explicativa del modelo para describir el comportamiento del diámetro del tallo bajo las combinaciones evaluadas (Tabla 5).

En cuanto al efecto simple de B en A (Tabla 5), solo las combinaciones b_2A y b_3A muestran diferencias estadísticamente significativas, debido a que el valor de probabilidad es menor que el nivel de significancia establecido ($p < 0,05$). Esto significa que al menos una combinación presenta un efecto diferente sobre el diámetro del tallo de los plántones de café. En cambio, la combinación b_1A no presenta diferencias estadísticamente significativas, ya que el valor de probabilidad es mayor que el nivel de significancia planteado ($p > 0,05$); por lo tanto, el diámetro del tallo es estadísticamente igual al de las comparaciones correspondientes.

Los valores del CV para cada efecto simple fueron 2,49 % (b_1A), 4,34 % (b_2A) y 5,72 % (b_3A). Estos se clasifican como bajos según lo propuesto por Pimentel (1985, citado en Gordón-Mendoza y Camargo-Buitrago, 2015), quien señala que los CV menores al 10 % se consideran bajos. Esto indica alta precisión experimental, buena homogeneidad de las unidades experimentales y un control adecuado del error experimental (Tabla 5)

Los valores de R^2 (Tabla 5) muestran que en b_1A ($R^2 = 0,05$) el ajuste es muy bajo y el modelo apenas explica el 5 % de la variación del diámetro del tallo, en b_2A ($R^2 = 0,76$) y b_3A ($R^2 = 0,64$) el ajuste es adecuado, pues se explica el 76 % y 64 % de la variabilidad, respectivamente; mostrando que en las combinaciones, b_2A y b_3A , el diámetro del tallo responde de forma más consistente a las variables consideradas, a diferencia de b_1A , donde la variación estaría influida principalmente por otros factores no incluidos o por una relación no lineal (Rodríguez et al., 2018; Martínez, 2005).

Los resultados de la prueba DGC ($\alpha = 0,05$) para el efecto simple de A en B (Tabla 6) muestran que en el nivel a_1 la combinación a_1b_3 alcanzó un diámetro de tallo de 5,77 mm, estadísticamente diferente de a_1b_2 (5,46 mm) y a_1b_1 (5,05 mm), las cuales también difieren entre sí. En el nivel a_2 , las combinaciones a_2b_3 (6,16 mm) y a_2b_2 (5,93 mm) fueron estadísticamente iguales, mientras que a_2b_1 (5,06 mm) presentó diferencias significativas. De forma similar, en el nivel a_3 , las combinaciones a_3b_3 (6,77 mm) y a_3b_2 (6,45 mm) no difirieron estadísticamente, pero a_3b_1 (5,11 mm) sí fue diferente. El mejor resultado se obtuvo con a_3b_3 (6,77 mm), lo que evidencia que el uso de dosis medias a altas de bioestimulante, en combinación con el factor A , incrementa el diámetro del tallo; caso contrario se determinó con b_1 en el efecto A , lo que sugiere una limitación asociada a la baja dosis del bioestimulante.

Tabla 6. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) del efecto simple entre *A* en *B* para diámetro de tallo de plántones de café

Ácido húmico (<i>A</i>)	Bioestimulante (<i>B</i>)	Diámetro (mm)		
		Promedio	± EE	Sig.
<i>a</i> ₁ : 15 g/planta	<i>b</i> ₃ : 100 mL/20 L	5,77	±0,07	a
	<i>b</i> ₂ : 50 mL/20L	5,46	±0,07	b
	<i>b</i> ₁ : 25 mL/20 L	5,05	±0,07	c
<i>a</i> ₂ : 30 g/planta	<i>b</i> ₃ : 100 mL/20 L	6,16	±0,11	a
	<i>b</i> ₂ : 50 mL/20 L	5,93	±0,11	a
	<i>b</i> ₁ : 25 mL/20 L	5,06	±0,11	b
<i>a</i> ₃ : 60 g/planta	<i>b</i> ₃ : 100 mL/20 L	6,77	±0,19	a
	<i>b</i> ₂ : 50 mL/20 L	6,45	±0,19	a
	<i>b</i> ₁ : 25 mL/20 L	5,11	±0,19	b

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

Los resultados (Tabla 6) muestran que a mayor dosis de ácido húmico granulado ($15 < 30 < 60$ g/planta), mayores valores de altura, diámetro y hojas, con diferencias estadísticas entre niveles. Esta tendencia se sostiene con lo reportado sobre los ácidos húmicos como fracción de sustancias húmicas que permanece en el suelo tras la descomposición, y que se asocia con funciones relevantes para el crecimiento vegetal (Restrepo et al., 2014). En particular, se resalta que los ácidos húmicos son importantes en el suelo por su papel en mantener cationes en formas disponibles y favorecer su transporte hacia la raíz, lo cual es coherente con un mejor vigor del plantón (Serrano et al., 2015). Asimismo, se reconoce que las sustancias húmicas pueden actuar como bioestimulantes, con impacto directo en la fisiología vegetal, mediante regulación celular, cambios metabólicos y acción hormonal, sin depender necesariamente de la disponibilidad de nutrientes del suelo (Van Oosten et al., 2017; Du Jardin, 2015). Las referencias son compatibles con que, la dosis alta de ácido húmico haya mostrado ventajas consistentes en variables de crecimiento (altura/diámetro/hojas).

Los resultados de la prueba DGC ($\alpha = 0,05$) para el efecto simple de *B* sobre *A* (Tabla 7) muestran que, en *b*₂ (50 mL/20 L), la combinación *b*₂*a*₃ presentó un diámetro de tallo de 6,45 mm, estadísticamente diferente de *b*₂*a*₂ (5,93 mm) y *b*₂*a*₁ (5,46 mm), las cuales, además, también difirieron entre sí. En *b*₃ (100 mL/20 L), la combinación *b*₃*a*₃ alcanzó un diámetro de 6,77 mm, estadísticamente diferente de *b*₃*a*₂ (6,16 mm) y *b*₃*a*₁ (5,77 mm), que fueron estadísticamente iguales entre sí.

Los resultados (Tabla 7) evidencian que la combinación *a*₃*b*₃ produjo el mayor diámetro de tallo, lo cual se alinea con la descripción de los abonos orgánicos líquidos o

biofermentos como productos de fermentación en los que la actividad microbiana transforma materiales orgánicos en minerales, vitaminas, aminoácidos y ácidos orgánicos, con aporte nutritivo y un componente de “principios hormonales vegetales” cuando se aplican como fertilizante foliar (IPADE, 2009). En el mismo sentido, se plantea que estos biofermentos pueden aportar además una riqueza microbiana y compuestos asociados al equilibrio suelo planta y a una mayor resistencia, lo cual respalda que, en vivero, dosis medias y altas de bioestimulante hayan expresado mejores valores de crecimiento (Picado y Afisco, 2005).

Tabla 7. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) del efecto simple entre B en A para diámetro de tallo de plántones de café

Bioestimulante (B)	Ácido húmico (A)	Diámetro (mm)		
		Promedio	\pm EE	Sig.
b_2 : 50 mL/20 L	a_3 : 60 g/planta	6,45	$\pm 0,13$	a
	a_2 : 30 g/planta	5,93	$\pm 0,13$	b
	a_1 : 15 g/planta	5,46	$\pm 0,13$	c
b_3 : 100 mL/20 L	a_3 : 60 g/planta	6,77	$\pm 0,18$	a
	a_2 : 30 g/planta	6,16	$\pm 0,18$	b
	a_1 : 15 g/planta	5,77	$\pm 0,18$	b

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

Adicionalmente, se ha señalado que los biofertilizantes de aplicación foliar contribuyen al mantenimiento del cultivo al aportar nutrientes esenciales para el metabolismo por su rápida asimilación, lo que permite corregir deficiencias con mayor eficacia (Restrepo et al., 2017). Lo referido es coherente con el hecho de que los datos, al elevarse la dosis del bioestimulante, se incrementen las variables de crecimiento como fue el caso del diámetro.

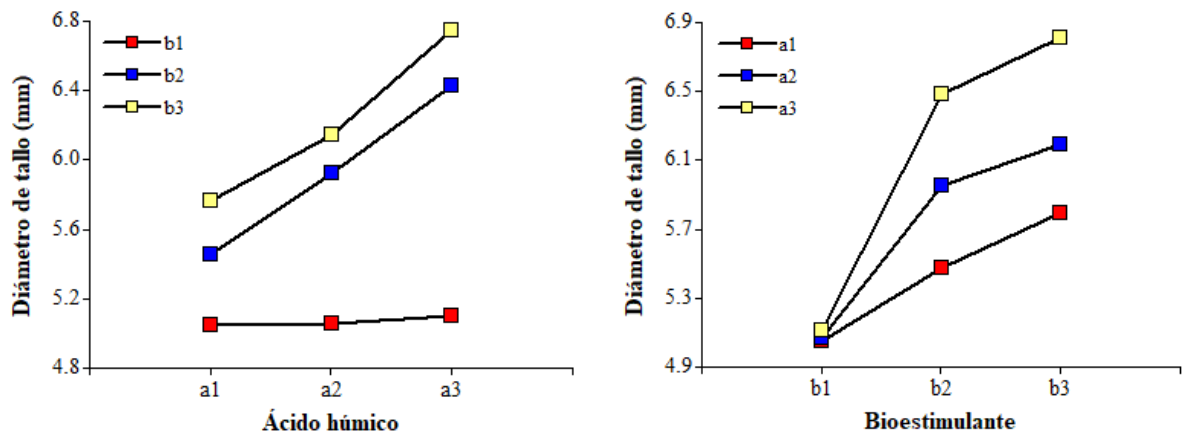


Figura 2. Grafica de interacción del efecto simple A en B y B en A para diámetro de tallo de plántones de café

Se confirma que existe interacción en el efecto simple de A en B (Figura 2), puesto que las líneas no son paralelas, confirmándose mejores resultados con la mayor dosis de bioestimulante (100 mL/20 L), seguida de la dosis intermedia (50 mL/20 L), como se observa en los puntos amarillos y azules; el menor diámetro corresponde a la dosis más baja (25 mL/20 L), representada por los puntos rojos. El tratamiento a_3b_3 presentó el mayor diámetro, seguido por a_3b_2 y a_2b_3 , que comparten la letra “B”. Del mismo modo, a_2b_2 y a_1b_3 son estadísticamente similares y muestran interacción. Finalmente, la letra “D” agrupa las menores medias del diámetro de tallo de los plántones.

El efecto simple de B en A confirma mayor diámetro en la combinación b_3a_3 (Figura 2). También se evidencia interacción entre b_2a_3 y b_3a_2 , debido que las líneas no son paralelas; de igual modo entre b_2a_2 y b_3a_1 . Los menores diámetros están representados por la letra “D”.

Las figuras de los efectos simples indican que el efecto del ácido húmico se expresa con claridad cuando el bioestimulante está en dosis media y alta (50–100 mL/20 L), mientras que con 25 mL/20 L la respuesta al aumento del factor A es más limitada. Los ácidos húmicos y fúlvicos han sido descritos como portadores en aplicaciones foliares y como activadores de procesos metabólicos y enzimáticos; además, su combinación con macro y micronutrientes puede favorecer el crecimiento de raíces, follaje y frutos (Serrano et al., 2015). Bajo esta información, es razonable que al elevar el Factor B (fuente líquida asociada a compuestos nutritivos y hormonales), la dosis alta del Factor A muestre un efecto más marcado, tal como lo reflejan tus mejores tratamientos. El hecho de que las sustancias húmicas estén consideradas dentro de los bioestimulantes y puedan actuar directamente sobre la fisiología vegetal (Van Oosten et al., 2017; Du Jardin, 2015) significa que el rendimiento del plánton no responde solo a un “aporte nutricional” aislado, sino a una combinación de efectos que se manifiestan cuando ambos factores se encuentran en niveles suficientes.

La prueba de medias DGC de los factores principales (A = ácido húmico granulados y B = bioestimulante) y de la comparación “ $A \times B$ ” vs. testigo, para la variable altura de plántones de café a los 150 días (Tabla 8), mostró que el nivel a_3 (60 g/planta de ácido húmico granulado) registró el mayor promedio (35,07 cm) y fue estadísticamente diferente de a_2 y a_1 . La dosis intermedia a_2 (30 g/planta) alcanzó 31,77 cm y también difirió estadísticamente de la menor dosis a_1 (15 g/planta), que registró 29,61 cm, siendo el valor más bajo entre los niveles de ácido húmico. Respecto al bioestimulante líquido (Tabla 8), la prueba DGC evidenció el mayor promedio con b_3 (100 mL/20 L), que alcanzó 35,42 cm, seguido de b_2 (50 mL/20 L) con 33,06 cm, y b_1 (25 mL/20 L) con 27,98 cm; los tres niveles muestran diferencias

estadísticas entre sí. En la comparación $A \times B$ vs. testigo (Tabla 8), los tratamientos factoriales alcanzaron una altura promedio de 32,15 cm, mientras que el testigo registró 15,71 cm; la diferencia fue de 16,44 cm, lo que evidencia un efecto sustancial de los tratamientos sobre la altura de los plántones de café.

Tabla 8. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de los efectos principales, factores con testigo para altura de plántones de café

Ácido húmico (A)	Altura (cm)	Sig.
$a_3 = 60$ g/planta	35,07	a
$a_2 = 30$ g/planta	31,77	b
$a_1 = 15$ g/planta	29,61	c
Bioestimulante (B)	Altura (cm)	Sig.
$b_3 = 100$ mL/20 L	35,42	a
$b_2 = 50$ mL/20 L	33,06	b
$b_1 = 25$ mL/20 L	27,98	c
Factores vs testigo	Altura (cm)	Sig.
Factores ($A \times B$)	32,15	a
Testigo	15,71	b

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

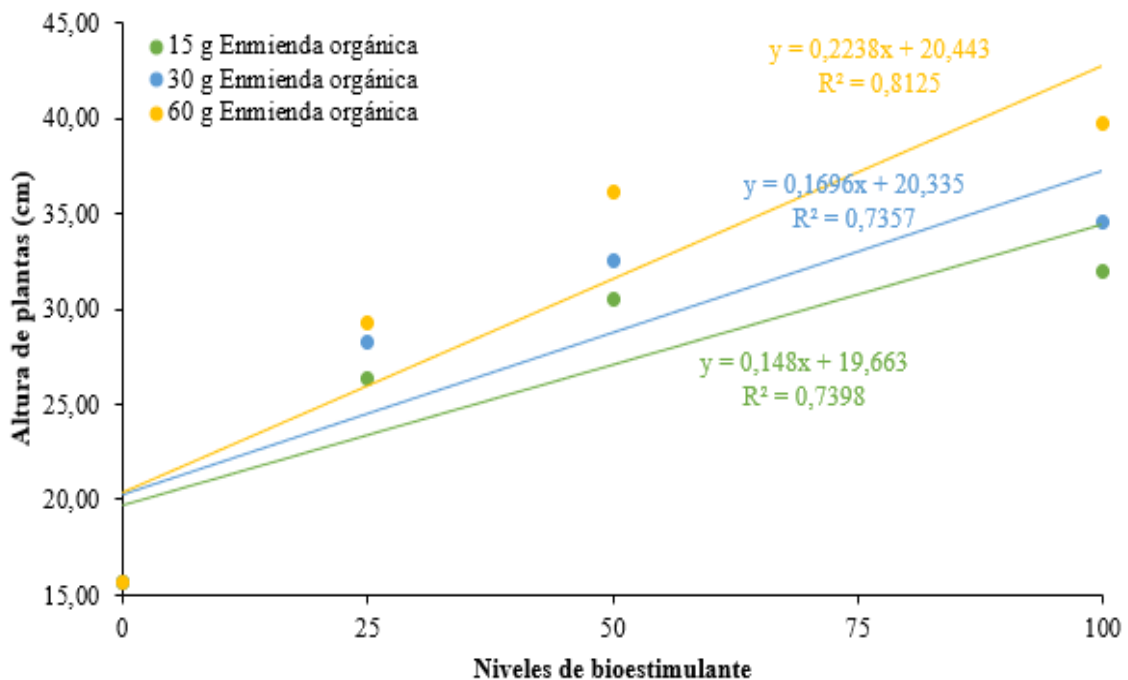


Figura 3. Gráfica de dispersión del crecimiento de plántones de café en tres niveles de ácido húmico granulado en función a los niveles de bioestimulante líquido

La tasa de crecimiento en altura, aumentó conforme se incrementó la dosis de ácido húmico: $a_3 = 0,2238 > a_2 = 0,1690 > a_1 = 0,1480$ (Figura 3). Esto significa que por cada

unidad adicional de bioestimulante, los plántones en a_3 (60 g de ácido húmico) incrementan su altura más rápidamente que en a_2 (30 g de ácido húmico) y a_1 (15 g de ácido húmico), evidenciando una mayor respuesta marginal al bioestimulante cuando se aplica una mayor dosis de ácidos húmicos. En términos comparativos, la pendiente de a_3 es aproximadamente 33 % mayor que la de a_2 y cerca de 51 % mayor que la de a_1 , lo que confirma que el aumento del ácido húmico potencia la velocidad de crecimiento asociada al bioestimulante.

En este contexto, la combinación de 60 g de ácido húmico granulado con 100 mL de bioestimulante líquido se perfila como la más efectiva dentro del rango evaluado, al maximizar la tasa de crecimiento en altura y presentar un alto grado de explicación del modelo, en concordancia con evidencias previas sobre respuestas radicular-aéreas y mejoras en la eficiencia nutrimental inducidas por bioestimulantes. Asimismo, la mayor altura registrada con 60 g/planta y 100 mL/20 L es coherente con lo descrito para los biofermentos, debido a su aporte de compuestos derivados de la fermentación y a su función como fertilizantes foliares con principios hormonales (IPADE, 2009), así como con el papel de las sustancias húmicas como bioestimulantes de acción directa (Van Oosten et al., 2017; Du Jardin, 2015).

Tabla 9. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de los efectos principales, factores con testigo para diámetro de tallo de plántones de café

Ácido húmico (A)	Diámetro (mm)	Sig.
$a_3 = 60$ g/planta	6,11	a
$a_2 = 30$ g/planta	5,72	b
$a_1 = 15$ g/planta	5,43	c
Bioestimulante (B)	Diámetro (mm)	Sig.
$b_3 = 100$ mL/20 L	6,24	a
$b_2 = 50$ mL/20 L	5,95	b
$b_1 = 25$ mL/20 L	5,07	c
Factores vs testigo	Promedio (mm)	Sig.
Factores ($A \times B$)	5,75	a
Testigo	4,87	b

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

La prueba de DGC (Tabla 9), muestran que la aplicación de ácido húmico granulado en mayores dosis 60 g (a_3) mejora significativamente el crecimiento del diámetro del tallo de los plántones de café seguido por las dosis de 30 y 15 g (a_2 y a_1), estadísticamente las tres dosis son diferentes. Asimismo, con la aplicación de bioestimulante líquido se observa que el nivel de 100 mL (b_3) registró el mayor diámetro promedio (6,24 mm), seguido de 50 mL (b_2) que alcanzo 5,95 mm, mientras que con 25 mL (b_1) presentó el menor valor 5,07 mm; se

determinó que a mayor dosis de ácido húmico y bioestimulante, tiene un efecto positivo sobre el diámetro de los plántones. La mayor eficiencia en el uso de nutrientes promovida por el ácido húmico y el bioestimulante contribuiría a formar plántones con tallos más robustos, con potencial para una mejor tolerancia a condiciones adversas y, eventualmente, un mejor desempeño productivo; además, la posible sinergia entre ambos insumos podría ser clave para optimizar la salud del sustrato y la fisiología de la planta, constituyendo una alternativa sostenible para fortalecer la producción agrícola.

Respecto a la interacción de factores ($A \times B$) en comparación con el testigo (Tabla 9), los plántones tratados ($A \times B$) alcanzaron un diámetro promedio de 5,75 mm, superior al del testigo (4,87 mm). Este incremento podría atribuirse a una mayor disponibilidad y aprovechamiento de nutrientes, así como a mejores condiciones de crecimiento generadas por la combinación de enmiendas orgánicas y bioestimulantes.

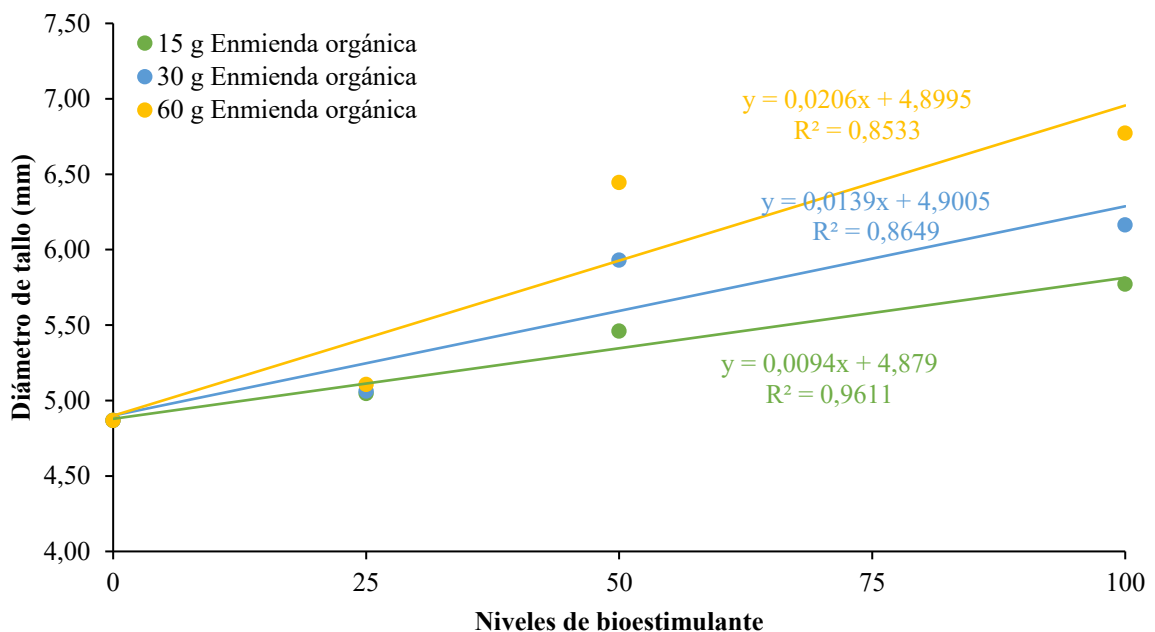


Figura 4. Ecuación lineal del diámetro de plántones de café en tres niveles de enmienda orgánica con niveles de bio-estimulante líquido

Las tasas de crecimiento del diámetro del tallo (Figura 4) fueron 0,0094 mm/mL con 15 g de ácido húmico (a_1), 0,0139 mm/mL con 30 g (a_2) y 0,0206 mm/mL con 60 g (a_3); por tanto, la mayor tasa de crecimiento se obtuvo con 60 g (a_3), evidenciando que el incremento del ácido húmico potencia la respuesta del diámetro por unidad de bioestimulante. El diámetro aumentó de forma consistente con las dosis de A y B , y el mejor desempeño se registró con las

combinaciones de dosis altas, esto es compatible con la función atribuida a los ácidos húmicos en la disponibilidad y transporte de cationes hacia la raíz (Serrano et al., 2015), y con la acción bioestimulante directa en la fisiología vegetal (Van Oosten et al., 2017; Du Jardin, 2015). Además, si el biofermento se aplica como fertilizante foliar con compuestos transformados por microorganismos (IPADE, 2009), su aumento de dosis puede explicar la mayor respuesta del diámetro de tallo.

Tabla 10. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de los efectos principales, factores con testigo para número de hojas de plántones de café

Ácido húmico (A)	Número de hojas/planta	Sig.
$a_3 = 60$ g/planta	15,50	a
$a_2 = 30$ g/planta	14,58	b
$a_1 = 15$ g/planta	13,58	c
Bioestimulante (B)	Número de hojas/planta	Sig.
$b_3 = 100$ mL/20 L	15,42	a
$b_2 = 50$ mL/20 L	14,83	b
$b_1 = 25$ mL/20 L	13,42	c
Factores vs testigo	Numero de hojas/planta	Sig.
Factores ($A \times B$)	14,00	a
Testigo	11,00	b

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

Los resultados de la prueba DGC (Tabla 10) evidencian un efecto consistente de la dosis de ácido húmico granulado (A) sobre el número de hojas/planta a los 150 días, debido que la dosis de 60 g/planta (a_3) registró el mayor promedio (15,50 hojas), seguido de a_2 (30 g/planta) (14,58 hojas) y a_1 (15 g/planta) (13,58 hojas). De manera similar, el bioestimulante líquido (B) mostró diferencias significativas entre niveles, con b_3 (100 mL/20 L) (15,42 hojas) por encima de b_2 (50 mL/20 L) (14,83 hojas) y b_1 (25 mL/20 L) (13,42 hojas).

Al comparar los factores ($A \times B$) con el testigo (Tabla 10), las factoriales promediaron 14 hojas/planta, superando al testigo (11 hojas) en 3 hojas. En conjunto, los resultados indican que las dosis altas de ambos insumos (a_3 y b_3) son las más eficaces dentro del rango evaluado, ya que, incrementan el número de hojas y respaldan su uso como estrategia favorable para la fase de vivero de plántones de café.

Las tasas de crecimiento del número de hojas (pendientes) aumentaron conforme se incrementó la dosis de ácido húmico granulado (Figura 5); con 15 g (a_1) la tasa fue 0,0297 hojas/mL, con 30 g (a_2) fue 0,0404 hojas/mL y con 60 g (a_3) alcanzó 0,0493 hojas/mL. Este patrón indica una mayor sensibilidad al bioestimulante a medida que aumenta el ácido húmico

($0,0297 < 0,0404 < 0,0493$). Además, los valores de R^2 ($0,8309$ – $0,8617$) muestran que el ajuste lineal es sólido en los tres niveles, explicando aproximadamente 83–86 % de la variación del número de hojas, mientras que el 14–17 % restante puede atribuirse a variabilidad biológica y a factores no incluidos en el modelo.

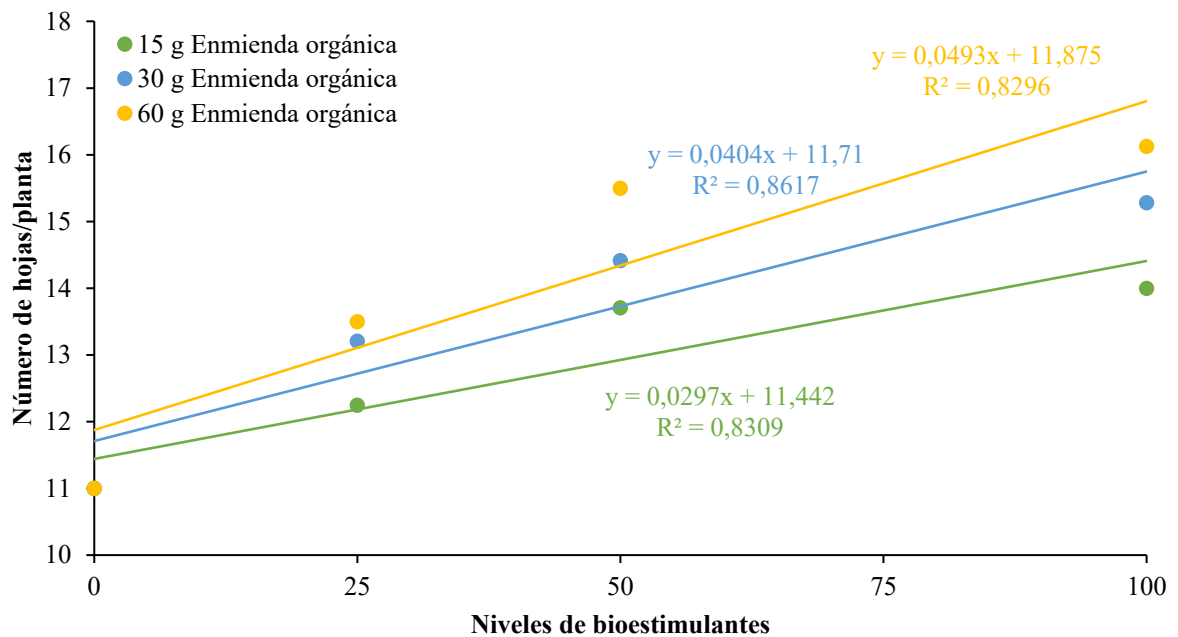


Figura 5. Ecuación lineal del número de hojas de plántones de café en tres niveles de enmiendas orgánicas con niveles de bio-estimulante líquido

El incremento de hojas con dosis altas de *A* y *B* se sostiene en el marco general de que los abonos orgánicos mejoran condiciones del suelo y favorecen el crecimiento vegetal (García y Félix, 2014; Salazar et al., 2021; Ordínola, 2022), mientras que los abonos líquidos, por su composición derivada de biofermentación, aportan compuestos que nutren y fortalecen el sistema suelo–planta (Picado y Afisco, 2005; IPADE, 2009).

El crecimiento en altura de plántones de café muestra tres fases (Figura 6). En la primera evaluación (30 días), todas las líneas prácticamente se superponen, lo cual coincide con un período de aclimatación y adaptación al sustrato; por ello, no se evidencian diferencias entre tratamientos. Posteriormente, en las evaluaciones de 60 y 90 días, las curvas de crecimiento presentan separaciones visibles, donde el tratamiento con 60 g/planta de ácido húmico granulado comienza a ubicarse por encima de los tratamientos con 30 y 15 g/planta, y todos superan al tratamiento testigo. En las dos evaluaciones siguientes (120–150 días) se observa la mayor divergencia de las trayectorias de crecimiento de los plántones de café.

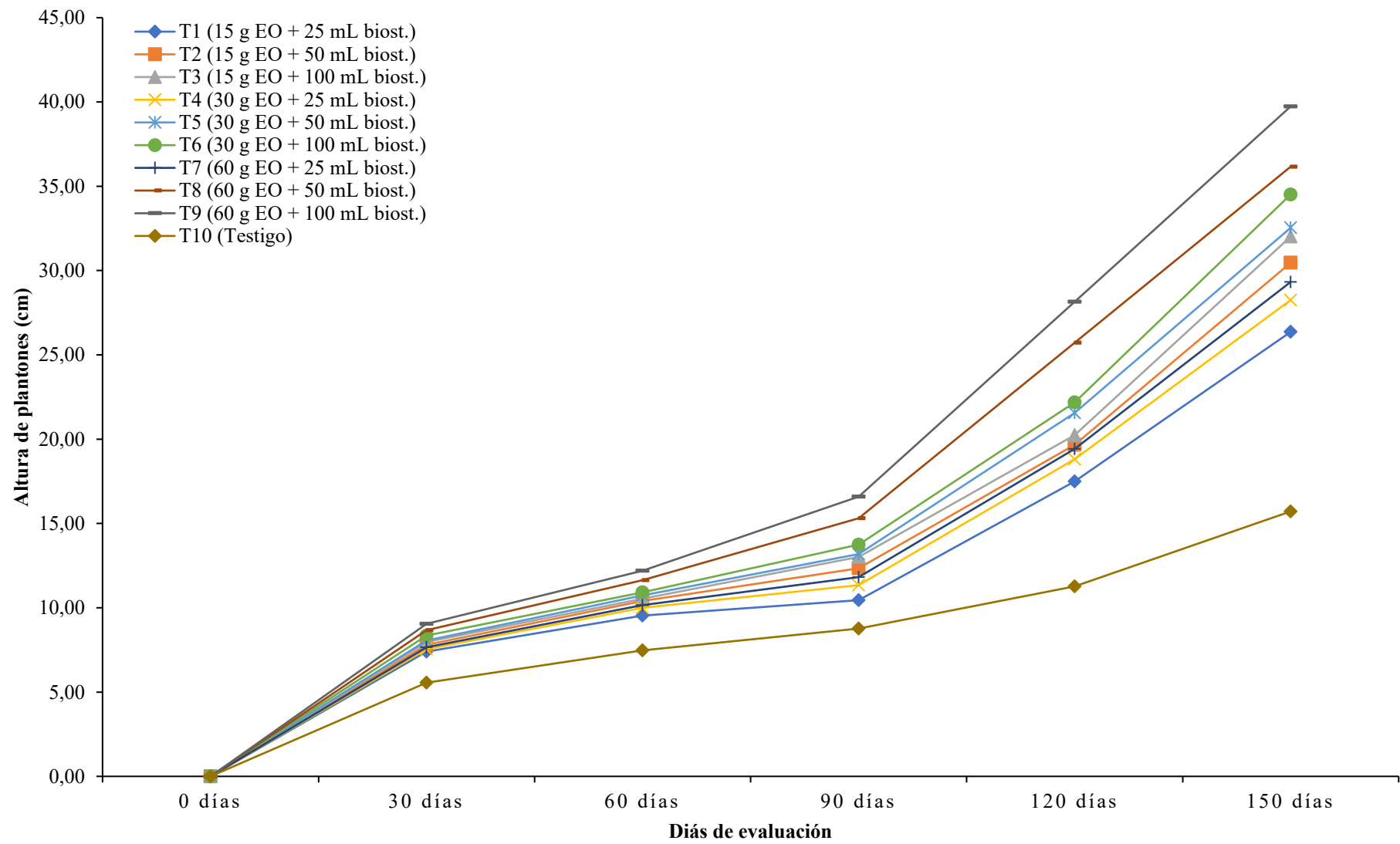


Figura 6. Curvas de crecimiento en altura de plántones de café

En los rangos de respuesta; destacan los tratamientos T₉ (60 g/planta de ácido húmico granulados + 100 mL de bioestimulante) y T₈ (60 g/planta de ácido húmico granulados + 50 mL de bioestimulante), que registran las mayores alturas, mientras que el tratamiento T₁₀ (testigo) crece mucho más lentamente y presenta la menor altura. El orden de desempeño a los 150 días es coherente con el efecto de las dosis tanto del ácido húmico (*A*) como del bioestimulante (*B*), ya que, las combinaciones con mayores dosis muestran mayor crecimiento en altura de plántones de café; asimismo, se determinó que cualquier combinación de *A* y *B* supera al testigo. Por lo tanto, se confirma que la aplicación de ácidos húmicos y bioestimulantes tiene un efecto positivo sobre el crecimiento en altura de los plántones de café.

La literatura señala que el ácido húmico mejora la estructura del suelo, la retención hídrica y la disponibilidad de nutrientes, además de estimular la biota edáfica; en paralelo, el bioestimulante activa rutas metabólicas y hormonales (auxinas y citoquininas), incrementa la eficiencia fotosintética y mejora la absorción de nutrientes. Los resultados muestran que 60 g/planta de ácido húmico granulado, combinado con 100 o 50 mL de bioestimulante, corresponde al rango que maximiza la altura de los plántones de café en vivero. A diferencia, las menores dosis de ácido húmico y el testigo registran alturas inferiores. Además, dado que las diferencias se acentúan a partir de los 90 días, es probable que el efecto conjunto del ácido húmico y el bioestimulante se manifieste con mayor claridad cuando el sistema radicular ya está estabilizado; por ello, evaluaciones posteriores a 90 días (≥ 120 –150 días) resultan cruciales para evidenciar su impacto en plántones de café.

La tendencia del diámetro del tallo de los plántones de café (Figura 7) muestra que los tratamientos T₁ a T₉ mantienen un crecimiento casi constante hasta los 90 días de evaluación; a partir de ese momento, se evidencia que a mayores dosis de ácido húmico y bioestimulante se obtiene un mayor diámetro, y que, todos los tratamientos superan al testigo. Esta diferencia se mantiene de forma sostenida hasta los 150 días, destacando el tratamiento T₉ (60 g de ácido húmico + 100 mL de bioestimulante), seguido por T₈ (60 g + 50 mL) y T₆ (30 g + 100 mL). Los tratamientos con dosis medias y bajas conservan ventajas respecto al testigo, aunque con menor crecimiento que T₉, T₈ y T₆. La superioridad de las combinaciones con 60 g de ácido húmico y 50–100 mL de bioestimulante se asocia con un mayor engrosamiento del tallo en los plántones de café. La literatura señala que el ácido húmico mejora la estructura del sustrato, la retención de agua y la disponibilidad de nutrientes, mientras que el bioestimulante modula rutas hormonales y metabólicas y, por su rápida absorción, incrementa la eficiencia fotosintética y favorece la absorción de nutrientes, lo que se traduce en un mayor incremento del diámetro del tallo.

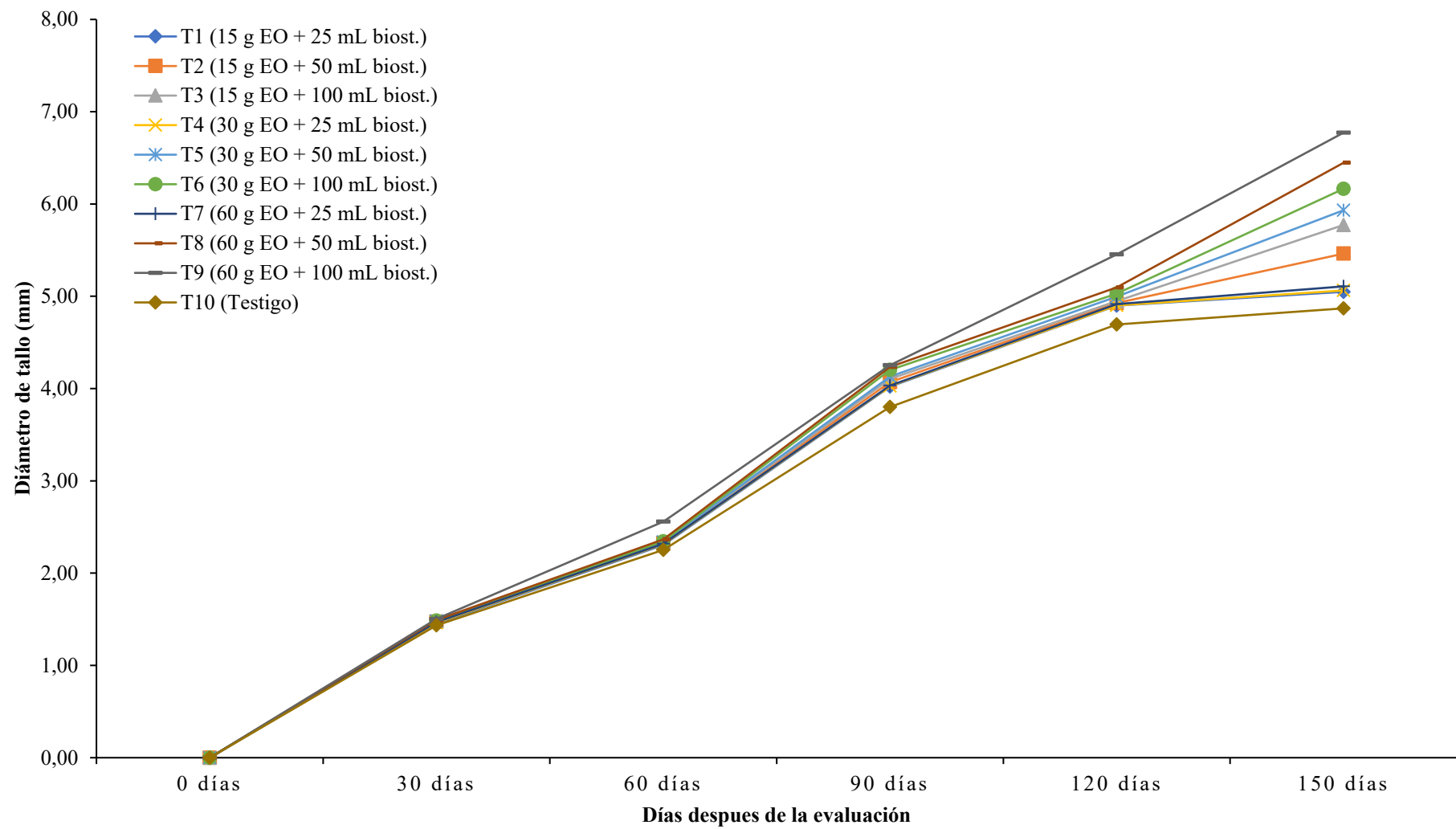


Figura 7. Curvas de crecimiento en diámetro de plantones de café

Finalmente, los resultados de la Figura 7 confirman que todas las combinaciones de ácido húmico + bioestimulante aumentan el diámetro respecto al testigo, que presenta el menor valor, y que las dosis altas de ambos insumos maximizan el engrosamiento del tallo, un indicador clave de robustez, vigor y tolerancia al estrés en plántones de café

El número de hojas (Figura 8) muestra que, hasta los 60 días de evaluación, la emisión foliar fue similar en todos los tratamientos, incluido el testigo. Sin embargo, a partir de los 90 días se evidenció el efecto de los tratamientos (ácidos húmicos + bioestimulantes), ya que, se registró una mayor emisión de hojas; incluso las dosis más bajas incrementaron el número de hojas en comparación con el testigo. Esta tendencia se mantuvo hasta los 150 días, confirmándose que los tratamientos con 60 g de ácido húmico presentaron la mayor emisión foliar, destacando los tratamientos T₉ (60 g + 100 mL) y, en segundo lugar, T₈ (60 g + 50 mL).

La literatura señala que los ácidos húmicos mejoran la estructura del suelo, la retención hídrica, la disponibilidad de nutrientes y potencian la actividad microbiana; por su parte, el bioestimulante modula la señalización hormonal (auxinas y citoquininas), activan vías metabólicas y eleva la eficiencia fotosintética, lo que incrementa la tasa de emisión foliar. Esta posible sinergia se aprecia en que, para un mismo nivel de bioestimulante, aumentar el ácido húmico de 15 < 30 < 60 g incrementa la emisión de hojas y, para un mismo nivel de ácido húmico, elevar el bioestimulante de 25 < 50 < 100 mL también la incrementa.

La superioridad de las dosis altas, es coherente con las referencias; en el caso de Ekotron® 70 GR, se describe un alto contenido de ácidos húmicos y un efecto de adsorción que favorece que los nutrientes permanezcan disponibles para su asimilación por las raíces (Serfi, 2021). Para Agrostemin®-GL, se señala una composición con nutrientes y micronutrientes, además de su carácter de extracto natural con componentes asociados a promotores fitohormonales, lo que sustenta respuestas positivas en crecimiento cuando se incrementa la dosis (Serfi, 2020). En consecuencia, la mejor respuesta obtenida con 60 g/planta y 100 mL/20 L se ajusta a la naturaleza y función declarada de ambos productos (Serfi, 2020, 2021).

Los resultados muestran que, el incremento de las dosis de ácido húmico granulado y bioestimulante líquido elevó significativamente la altura, el diámetro del tallo y el número de hojas, y los tratamientos factoriales superaron al testigo con diferencias claras. Resultados que concuerdan con lo reportado por Jara (2017), quien encontró que la incorporación de humus y compost al sustrato mejoró el desarrollo de plántones de café frente al testigo, especialmente en altura y número de hojas. De manera similar, Jaulis et al. (2020) señalaron que abonos orgánicos (biosol, biol, compost y combinaciones) mejoraron en vivero altura, hojas y diámetro.

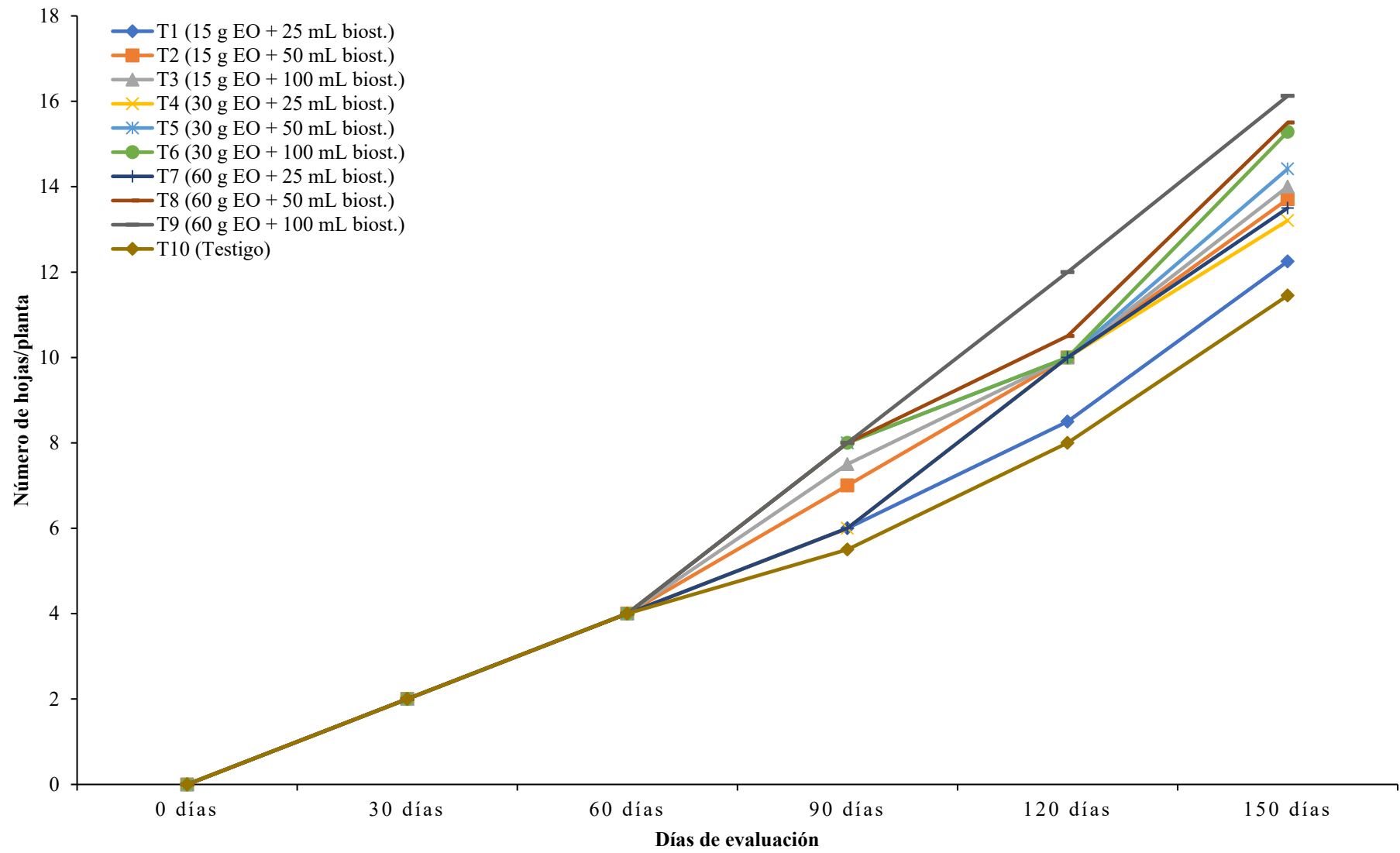


Figura 8. Curva de crecimiento del número de hojas de plantones de café

Los insumos difieren, la coincidencia central es que la nutrición orgánica sólida y líquida se asocia con mejoras simultáneas en crecimiento vegetativo y robustez del tallo, tal como ocurre en los tratamientos de mayor desempeño. Respecto al bioestimulante, se determinó que la dosis alta (100 mL/20 L) superó a las dosis intermedia y baja es consistente con estudios que reportan respuestas por aplicaciones bioestimulantes en café. Villaizan (2025) encontró diferencias altamente significativas en variables morfofisiológicas en vivero y, además, describió que las mejoras pueden expresarse por etapas de evaluación (altura, hojas y diámetro), lo que es compatible con los resultados, donde las diferencias se vuelven más claras conforme avanza el tiempo.

Asimismo, los resultados de la interacción sugieren que b_2 y b_3 (≥ 50 mL/20 L) potencian el efecto del ácido húmico, mientras que con b_1 (25 mL/20 L) dicho efecto se limita; esta lectura coincide con la idea, presente en trabajos como Jaulis et al. (2020) y Villaizan (2025), de que los mejores desempeños suelen alcanzarse con esquemas de estimulación/nutrición orgánica más intensos, y no con dosis mínimas.

En cuanto al ácido húmico, los resultados muestran una respuesta más marcada en especial en diámetro cuando se acompaña de dosis medias y altas de bioestimulante, y la superioridad de a_3b_3 , guarda concordancia con antecedentes específicos en café. Álvarez (2017) evaluó ácido húmico (junto con micorriza) en vivero y reportó que ciertas dosis o combinaciones destacaron por mayor diámetro y otras por mayor altura; aunque incorpora un factor adicional, el punto comparable es que el ácido húmico se asocia con mejoras en variables clave del plantón, tal como evidenciaste al aumentar la dosis del factor A .

Los resultados, también son comparables con estudios basados en abonos orgánicos sólidos (bocashi, humus, compost) donde se reportan tendencias similares, aunque con insumos distintos. Escalante (2011) encontró diferencias en altura de plantones (Catimor y Caturra roja) y destacó un tratamiento orgánico específico; y Mendoza (2022) reportó que tratamientos como humus de lombriz y gallinaza incrementaron significativamente el tamaño de planta y el diámetro del tallo frente al testigo. En ambos casos, al igual que los resultados de nuestro experimento, la incorporación de fuentes orgánicas se traduce en incrementos medibles en crecimiento y vigor en vivero.

4.2. Longitud y volumen de raíces

Según el análisis de varianza (Tabla 11), los bloques no afectaron la longitud de raíz, puesto que el valor de probabilidad superó el nivel de significancia considerado ($p > 0,05$). Sin embargo, en el volumen de raíz sí se detectaron diferencias estadísticas ($p < 0,05$).

Tabla 11. Resumen del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de la longitud y volumen de raíz de plántones de café

Fuente de variación	GL	Longitud de raíz (cm)		Volumen de raíz (cm ³)	
		CM	p-valor	CM	p-valor
Bloques	3	0,74	0,3110	6,67	<0,0001
Ácido húmico (<i>A</i>)	2	19,26	<0,0001	12,23	<0,0001
Bioestimulante (<i>B</i>)	2	108,67	<0,0001	47,60	<0,0001
Interacción (<i>AxB</i>)	4	1,54	0,0580	1,36	0,0483
Factores vs Testigo	1	141,53	<0,0001	40,91	<0,0001
Error experimental	27	0,59		0,49	
Total	39				
CV (%)		2,84		9,81	
R ²		0,96		0,93	

Respecto a la interacción *A x B* (ácido húmico *x* bioestimulante), no se observaron diferencias significativas en la longitud de raíz ($p > 0,05$), mientras que para el volumen las diferencias sí fueron significativas ($p < 0,05$). Por ello, puede inferirse que al menos una combinación de dosis modifica el volumen de raíces en los plántones de café (Tabla 11).

Por otro lado, los factores evaluados de manera individual presentaron diferencias significativas en longitud y volumen ($p < 0,05$). Del mismo modo, la comparación *A x B* frente al testigo resultó significativa en ambas variables ($p < 0,05$), confirmando así que el conjunto de tratamientos supera al tratamiento testigo (Tabla 11).

Los valores de CV (Tabla 11) fueron 2,84 % para longitud y 9,81 % para volumen, evidencian una buena precisión experimental, ya que, reflejan baja variabilidad relativa de los datos; en particular, la longitud presentó una dispersión muy reducida, mientras que el volumen, aunque mostró mayor variabilidad, se mantuvo dentro de un rango aceptable. Estos resultados concuerdan con el criterio de Pimentel (1985, citado en Gordón-Mendoza y Camargo-Buitrago, 2015), quien señala que valores de CV menores al 10 % se consideran bajos, lo que confirma la confiabilidad de las mediciones y respalda la interpretación de las diferencias observadas entre tratamientos.

Los valores de R² (Tabla 11) fueron 0,96 para longitud y 0,93 para volumen, lo que evidencia un ajuste estadístico sólido del modelo. El R² constituye un indicador clave, ya que, expresa la proporción de la variación de la variable dependiente explicada por el conjunto de variables independientes (Rodríguez et al., 2018); por ello, valores cercanos a 1 reflejan un mejor ajuste del modelo (Martínez, 2005). Por consiguiente, los R² obtenidos confirman que los modelos empleados representan adecuadamente el comportamiento de la longitud y el volumen de raíces, explicando el 96 y 93 % de su variabilidad, respectivamente.

Tabla 12. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del efecto simple de *A en B* y *B en A* para volumen de raíces de plantones de café

<i>A en B</i>	GL	CM	p-valor	CV	R ²	<i>B en A</i>	GL	CM	p-valor	CV	R ²
<i>a</i> ₁ <i>B</i>	2	15,75	0,0118	15,55	0,63	<i>b</i> ₁ <i>A</i>	2	1,02	0,5378	16,63	0,13
Error	9	9,35				Error	9	6,88			
<i>a</i> ₂ <i>B</i>	2	32,09	0,0031	15,79	0,72	<i>b</i> ₂ <i>A</i>	2	12,31	0,0541	14,90	0,48
Error	9	12,27				Error	9	13,49			
<i>a</i> ₃ <i>B</i>	2	52,81	0,0005	13,30	0,82	<i>b</i> ₃ <i>A</i>	2	16,57	0,0244	13,25	0,56
Error	9	11,68				Error	9	12,93			

El análisis de varianza del efecto simple de *A en B* (Tabla 12) muestra diferencias estadísticas en el volumen de raíz, ya que, el valor de probabilidad es menor que el nivel de significancia planteado ($p < 0,05$). En consecuencia, al menos una de las combinaciones *a*₁*B*, *a*₂*B* o *a*₃*B* presenta un efecto diferente sobre el volumen de raíces.

Los CV fueron 15,55 % en *a*₁*B*, 15,79 % en *a*₂*B* y 13,30 % en *a*₃*B*. De acuerdo con el criterio de Pimentel (1985, citado en Gordón-Mendoza y Camargo-Buitrago, 2015), estos valores se ubican en el rango de variación media (10–20 %); por ello, la precisión experimental para estas combinaciones puede considerarse moderada, lo que indica una dispersión intermedia de los datos y sugiere interpretar los efectos estimados con cautela, aunque dentro de un nivel aceptable de confiabilidad (Tabla 12).

Los R² fueron 0,63 en *a*₁*B*, 0,72 en *a*₂*B* y 0,82 en *a*₃*B*, lo que indica que los modelos explican el 63, 72 y 82 % de la variabilidad observada, respectivamente. El R² es un indicador clave, pues expresa la proporción de la variación de la variable dependiente que es explicada por el conjunto de variables independientes (Rodríguez et al., 2018); en consecuencia, valores más cercanos a 1 reflejan un mejor ajuste del modelo (Martínez, 2005). En este sentido, el ajuste es moderado para *a*₁*B* y *a*₂*B*, mientras que para *a*₃*B* es más alto, lo que sugiere una mayor capacidad explicativa del modelo en esa combinación y, por tanto, una mejor representación del comportamiento de la variable evaluada (Tabla 12).

El efecto simple de *B en A* (Tabla 12) mostró diferencias estadísticas solo en la combinación *b*₁*A*, ya que, el valor de probabilidad fue menor al planteado ($p < 0,05$). Esto indica que únicamente *b*₁*A* presenta un efecto estadísticamente diferente sobre el volumen de raíces. En cambio, las combinaciones *b*₂*A* y *b*₃*A* presentaron valores de probabilidad superiores al nivel establecido ($p > 0,05$), lo que sugiere que no difieren estadísticamente entre sí y, por tanto, muestran un comportamiento similar para el volumen de raíces.

Los CV fueron 16,63 % en *b*₁*A*, 14,90 % en *b*₂*A* y 13,25 % en *b*₃*A* (Tabla 12). De acuerdo con el criterio de Pimentel (1985, citado en Gordón-Mendoza y Camargo-Buitrago,

2015), estos valores se encuentran dentro del rango de variación media (10–20 %), por lo que la precisión experimental para estas combinaciones puede considerarse moderada.

Los R^2 fueron 0,13 en b_1A , 0,48 en b_2A y 0,56 en b_3A , lo que indica que los modelos explican el 13, 48 y 56 % de la variabilidad observada, respectivamente (Tabla 12). El R^2 es un indicador clave, pues expresa la proporción de la variación de la variable dependiente que es explicada por el conjunto de variables independientes (Rodríguez et al., 2018); en consecuencia, valores más cercanos a 1 reflejan un mejor ajuste del modelo (Martínez, 2005). En este sentido, el ajuste para b_1A es bajo, lo que sugiere una capacidad explicativa limitada y mayor influencia de factores no incluidos en el modelo; mientras que en b_2A y b_3A el ajuste es moderado, evidenciando una mayor capacidad del modelo para representar el comportamiento del volumen de raíces.

La prueba DGC del efecto simple de A en B (Tabla 13) mostró que, en a_1 (15 g/planta), las combinaciones a_1b_3 y a_1b_2 registraron los mayores volúmenes de raíz (7,65 y 7,05 cm^3), sin diferencias estadísticas entre sí, y fueron superiores a a_1b_1 (4,98 cm^3). De manera similar, en a_2 (30 g/planta), las combinaciones a_2b_3 y a_2b_2 (8,96 y 9,09 cm^3) resultaron estadísticamente iguales y mayores que a_2b_1 (4,14 cm^3).

Tabla 13. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) del efecto simple entre A en B para volumen de raíces de plántones de café

Ácido húmico (A)	Bioestimulante (B)	Volumen (cm^3)		
		Promedio	\pm EE	Sig.
a_1 : 15 g/planta	b_3 : 100 mL/20 L	7,65	$\pm 0,51$	a
	b_2 : 50 mL/20 L	7,05	$\pm 0,51$	a
	b_1 : 25 mL/20 L	4,98	$\pm 0,51$	b
a_2 : 30 g/planta	b_3 : 100 mL/20 L	8,96	$\pm 0,58$	a
	b_2 : 50 mL/20 L	9,09	$\pm 0,58$	a
	b_1 : 25 mL/20 L	5,14	$\pm 0,58$	b
a_3 : 60 g/planta	b_3 : 100 mL/20 L	10,53	$\pm 0,57$	a
	b_2 : 50 mL/20 L	9,52	$\pm 0,57$	a
	b_1 : 25 mL/20 L	5,66	$\pm 0,57$	b

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

Asimismo, en a_3 (60 g/planta), a_3b_3 y a_3b_2 alcanzaron los valores más altos (10,53 y 9,52 cm^3), también sin diferencias entre sí y superiores a a_3b_1 (5,66 cm^3). Los resultados indican que, dentro de cada nivel de ácido húmico, las dosis 50–100 mL/20 L de bioestimulante (b_2 y b_3) conforman el grupo de mayor respuesta en volumen de raíz, mientras que la dosis de 25 mL/20 L (b_1) produce un volumen significativamente menor. Esto indica un efecto positivo

consistente del incremento de la dosis de bioestimulante sobre el volumen radicular, independientemente del nivel de ácido húmico evaluado.

La prueba DGC del efecto simple de *B en A* (Tabla 14) muestra que la combinación b_3a_3 presentó el mayor volumen de raíces ($10,53 \text{ cm}^3$), diferenciándose estadísticamente del resto de combinaciones. En segundo lugar, se ubicaron las combinaciones b_3a_2 y b_3a_1 , con promedios de $8,96$ y $7,65 \text{ cm}^3$, respectivamente; ambas combinaciones mostraron valores inferiores a b_3a_3 y no difirieron estadísticamente entre sí. Estos resultados sugieren que, bajo la dosis b_3 ($100 \text{ mL}/20 \text{ L}$) de bioestimulante, el incremento del ácido húmico hasta a_3 (60 g/planta) potencia la respuesta radicular y maximiza el volumen de raíces.

Tabla 14. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) del efecto simple entre B en A para volumen de raíces de plántones de café

Bioestimulante (B)	Ácido húmico (A)	Volumen (cm^3)		
		Promedio	$\pm \text{EE}$	Sig.
b_3 ($100 \text{ mL}/20 \text{ L}$)	a_3 (60 g/planta)	10,53	$\pm 0,18$	a
	a_2 (30 g/planta)	8,96	$\pm 0,18$	b
	a_1 (15 g/planta)	7,65	$\pm 0,18$	b

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

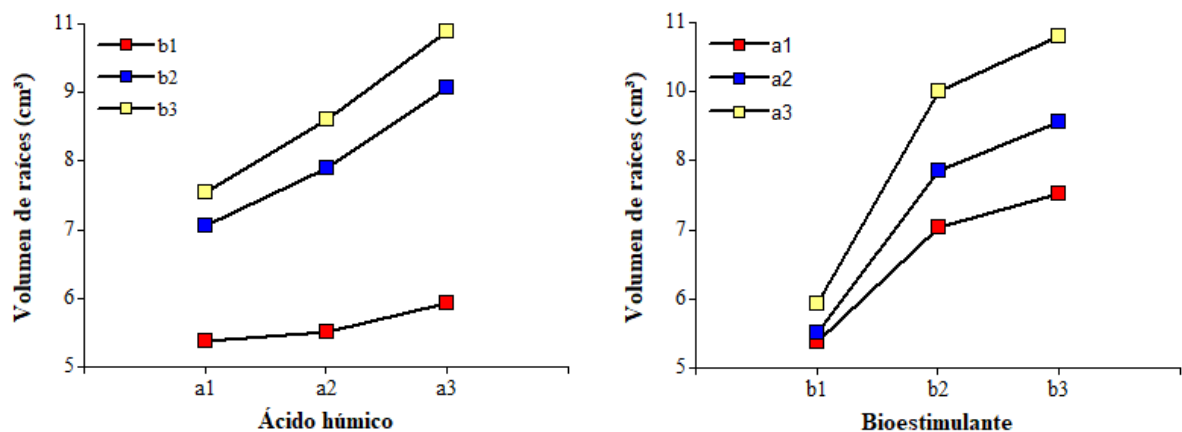


Figura 9. Gráfica de interacción del efecto simple *A en B* y *B en A* para volumen de raíces de plántones de café

El gráfico muestra que el volumen de raíces en plántones de café está determinado por la combinación entre los niveles de ácido húmico (*A*: a_1 , a_2 y a_3) y las dosis de bioestimulante (*B*: b_1 , b_2 y b_3), lo que evidencia interacción al observarse líneas no paralelas (Figuras 9). Con b_3 (100 mL) se obtienen los mayores volúmenes en los tres niveles de *A*, destacando a_3b_3 como la combinación superior, seguida de a_2b_3 y a_1b_3 . Al pasar a b_2 , el volumen

disminuye en todos los tratamientos; aun así, se mantiene el orden $a_3 > a_2 > a_1$, lo que sugiere que el mayor nivel de ácido húmico conserva ventaja incluso con una dosis de bioestimulante menos eficiente. En contraste, con b_1 (25 mL) se presenta la reducción más marcada, a_1b_1 y a_2b_1 tienden a agruparse estadísticamente, mientras que a_3b_1 , aunque también desciende, permanece ligeramente por encima. Finalmente, los patrones indican que b_1 es el bioestimulante menos eficaz para promover el crecimiento radical, mientras que b_2 y, especialmente, b_3 responden con mayor intensidad al incremento del ácido húmico; por ello, a_3b_3 y a_3b_2 se perfilan como las combinaciones más eficientes para estimular el desarrollo radicular.

El aumento de ácido húmico mejora el volumen radical, pero esa ventaja se vuelve más clara cuando el bioestimulante está en niveles medio y alto. Los resultados se sostienen con Serrano et al. (2015), quienes señalan que los ácidos húmicos y fúlvicos pueden actuar como portadores en aplicaciones foliares y estar asociados a procesos metabólicos/enzimáticos, y que su combinación con macro y microelementos favorece crecimiento de raíces y follaje. En nuestro experimento, el bioestimulante (Serfi, 2020) aporta una matriz de nutrientes y componentes asociados a promotores fitohormonales; por tanto, es coherente que el efecto del ácido húmico sea más evidente cuando la dosis de bioestimulante es alto.

Tabla 15. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de los efectos principales, factores con testigo para longitud y volumen de raíz de plántones de café

Ácido húmico (A)	Longitud de raíz (cm)		Volumen de raíz (cm ³)	
	Promedio	Sig.	Promedio	Sig.
a_3 : 60 g/planta	28,96	a	8,57	a
a_2 : 30 g/planta	27,71	b	7,39	b
a_1 : 15 g/planta	26,43	c	6,56	c
Bioestimulante (B)	Promedio	Sig.	Promedio	Sig.
b_3 : 100 mL/20 L	29,92	a	9,05	a
b_2 : 50 mL/20 L	28,91	b	8,22	b
b_1 : 25 mL/20 L	24,28	c	5,26	c
Factores vs testigo	Promedio	Sig.	Promedio	Sig.
Factores (AxB)	27,70	a	7,51	a
Testigo	21,43	b	4,13	b

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

Los resultados de la prueba DGC (Tabla 15) evidencian que tanto el ácido húmico granulado como los bioestimulantes líquidos incrementan significativamente la longitud y el volumen de raíz de los plántones de café. En ácido húmico, el nivel de 60 g registró la mayor longitud promedio de raíz (28,96 cm) y el mayor volumen (8,57 cm³), diferenciándose de 30 g

(27,71 cm; 7,39 cm³) y de 15 g, que obtuvo los valores más bajos (26,43 cm; 6,56 cm³). Estos resultados son consistentes con lo reportado sobre ácidos húmicos y sustancias húmicas, ya que se describen como compuestos complejos derivados de la descomposición de materia orgánica, con capacidad de influir en la disponibilidad de nutrientes en el suelo y, además, con acción bioestimulante reconocida (Restrepo et al., 2014; Serrano et al., 2015; Van Oosten et al., 2017; Du Jardin, 2015).

De modo similar, en bioestimulantes líquidos, 100 mL (Tabla 15) alcanzó la mayor longitud de raíz (29,92 cm) y el mayor volumen (9,05 cm³), seguido de 50 mL (28,91 cm; 8,22 cm³) y finalmente 25 mL, con los menores valores (24,28 cm; 5,26 cm³). Este resultado es compatible con la descripción de los abonos orgánicos líquidos/biofermentos, que se obtienen por fermentación y generan un producto con minerales y compuestos orgánicos; además, se describe como fertilizante foliar que contiene “principios hormonales vegetales” (IPADE, 2009). Asimismo, se señala que la biofermentación aporta nutrientes y compuestos como vitaminas, enzimas y aminoácidos (Picado y Afisco, 2005), lo que es consistente con una respuesta positiva del crecimiento vegetal cuando se incrementa la dosis aplicada.

En el caso específico del producto, Agrostemin®-GL se describe como extracto natural con componentes asociados a promotores fitohormonales (auxinas, giberelinas y citoquininas) y protohormonas naturales que favorecen la liberación balanceada de estas (Serfi, 2020). Esta información respalda que el aumento de dosis del bioestimulante se asocie con mayor expresión de crecimiento radical en vivero. Al comparar los factores frente al testigo (Tabla 15), se observa que aquellos con ácido húmico y bioestimulantes superan claramente al testigo, alcanzando 27,70 cm de longitud y 7,51 cm³ de volumen, frente a 21,43 cm y 4,13 cm³ del testigo, lo que confirma que los niveles de insumos orgánicos favorecen el desarrollo radicular.

Este comportamiento es coherente con la definición y función de los abonos orgánicos, ya que, al descomponerse, aportan nutrientes y mejoran condiciones biológicas, químicas y físicas del sustrato, favoreciendo el crecimiento de las plantas (García y Félix, 2014; Salazar et al., 2021; Ordínola, 2022). En particular, para sustancias húmicas, se reconoce su importancia en el suelo por contribuir a mantener cationes en formas disponibles y favorecer su transporte hacia la raíz, lo que es compatible con un mayor crecimiento del sistema radical (Serrano et al., 2015).

El bioestimulante líquido promueve la síntesis de fitohormonas como auxinas, giberelinas y citoquininas, fundamentales para la elongación celular y la expansión de los tejidos, lo que se traduce en mayor crecimiento en longitud y diámetro de las raíces. Además,

mejora la absorción de nutrientes esenciales al activar las enzimas del sistema radicular, optimizando la capacidad de las raíces para absorber nitrógeno, fósforo y potasio, indispensables para un desarrollo vigoroso del sistema radical.

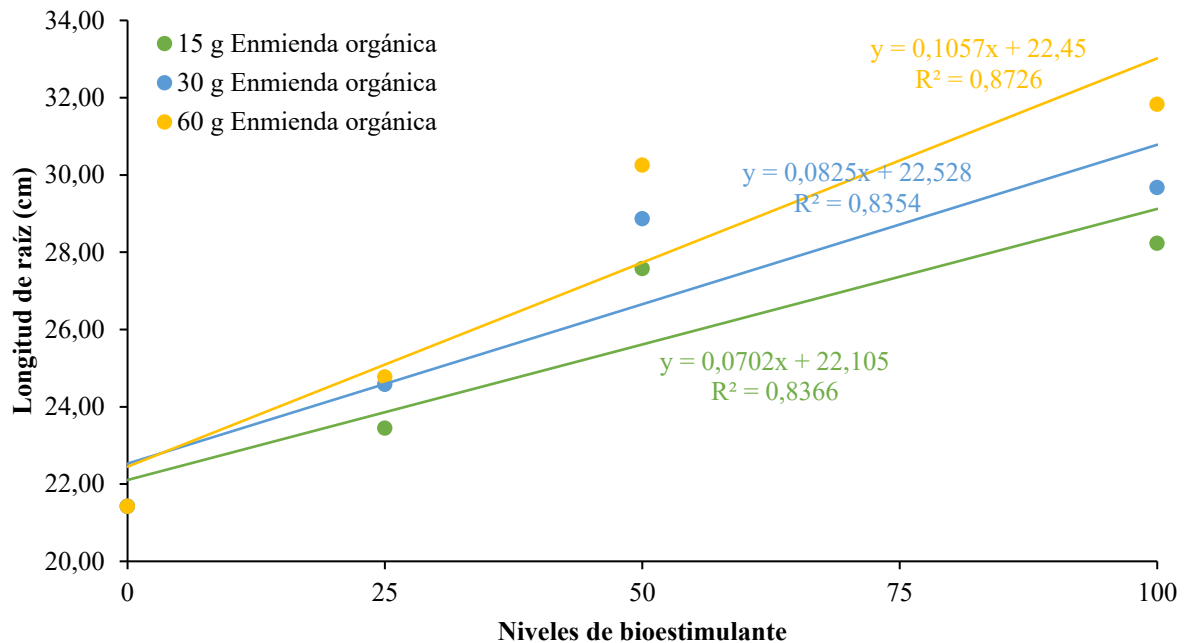


Figura 10. Ecuación lineal de la longitud de raíz de plántulas de café en tres niveles de enmiendas orgánicas con niveles de bio-estimulante líquido

Las ecuaciones evidencian una relación lineal positiva entre la dosis de bioestimulante y la longitud de raíz de los plántulas de café; no obstante, la magnitud de esta respuesta varía según la dosis de ácido húmico aplicada (Figura 12). Con 60 g/planta se obtuvo la mayor pendiente ($0,1057x$) y un buen ajuste ($R^2 = 0,8726$), lo que indica que, cuando el sustrato se enriquece con una mayor enmienda orgánica, cada incremento del bioestimulante se traduce en un aumento más pronunciado de la longitud radicular. Con 30 g/planta la pendiente fue $0,0825x$ ($R^2 = 0,8354$) y con 15 g/planta fue $0,0702x$ ($R^2 = 0,8366$); aunque la relación se mantiene positiva, la respuesta es menor, lo que sugiere que el bioestimulante expresa mayor eficacia bajo condiciones del suelo mejorado por el ácido húmico. Además, los altos coeficientes de determinación ($R^2 > 0,83$) confirman que, dentro de cada nivel de enmienda, una proporción considerable de la variabilidad en la longitud de raíz es explicada por el bioestimulante, lo que respalda la presencia de un efecto sinérgico entre ambos insumos.

Las ecuaciones que describen el volumen de raíz confirman una relación lineal positiva entre el nivel de bioestimulante líquido (x) y el volumen radicular (y) en los tres niveles

de ácido húmico (Figura 11). Con 60 g de ácido húmico se obtuvo la mayor pendiente ($0,0667x$) y un buen ajuste ($R^2 = 0,8697$), lo que indica que, cuando el suelo está más enriquecido con materia orgánica, cada incremento del bioestimulante produce un aumento más pronunciado del volumen de raíz. Con 30 g, la pendiente fue $0,0507x$ y el modelo presentó el mejor ajuste ($R^2 = 0,8799$), lo que evidencia una respuesta alta y consistente. En cambio, con 15 g la pendiente disminuyó a $0,0366x$ ($R^2 = 0,8785$), de modo que el volumen también se incrementa, pero a una tasa menor. Estos resultados sugieren que el bioestimulante actúa con mayor eficiencia cuando existe una base adecuada de enmienda orgánica, capaz de mejorar la porosidad, la retención de humedad y la actividad microbiana del suelo, condiciones que favorecen el desarrollo radicular. Además, los altos coeficientes de determinación ($R^2 = 0,87-0,88$) muestran que, dentro de cada dosis de ácido húmico, el volumen de raíz está fuertemente explicado por el nivel de bioestimulante, lo que respalda un posible efecto sinérgico entre ambos insumos.

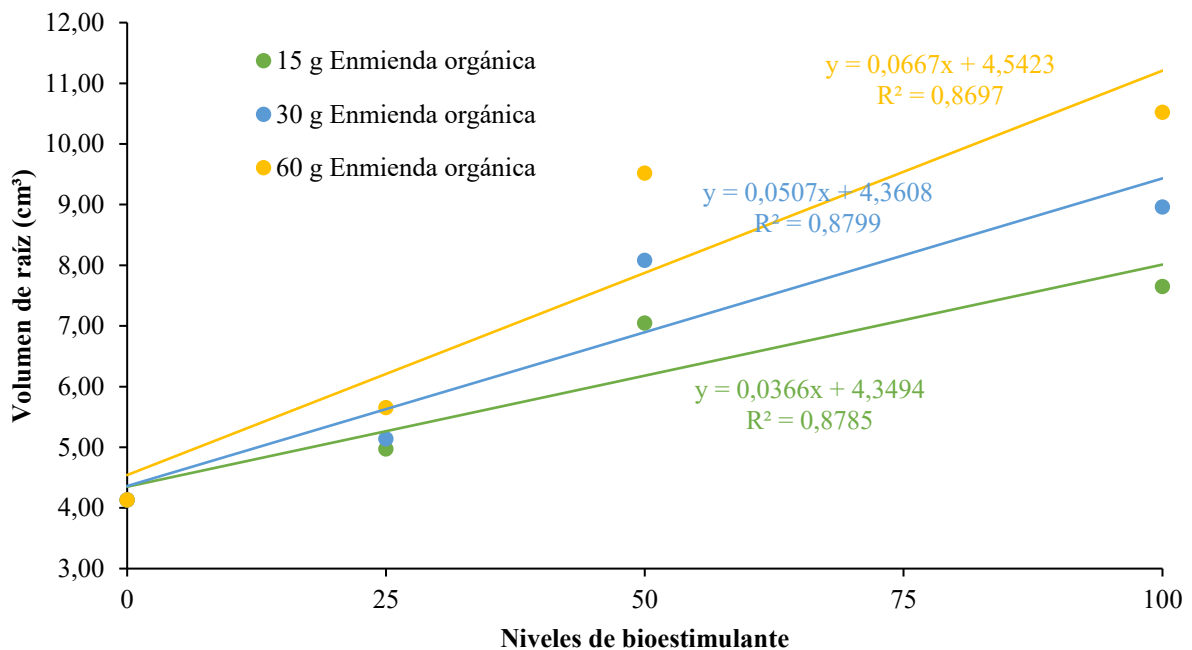


Figura 11. Ecuación lineal del volumen de raíz de plántones de café en tres niveles de enmiendas orgánicas con niveles de bio-estimulante líquido

En este estudio, el aumento significativo de la longitud y el volumen de raíz conforme se incrementó la dosis de ácido húmico granulado, con máximos en 60 g/planta (28,96 cm y $8,57 \text{ cm}^3$), es adecuado con la naturaleza del Ekotron® 70 GR, descrito como un producto de alto contenido de ácidos húmicos (70 %) proveniente de leonardita y con elevada materia

orgánica. Serfi (2021) señala que, por su acción de adsorción en el suelo, los ácidos húmicos favorecen que los nutrientes se mantengan disponibles para su asimilación por las raíces, lo cual se refleja en el mejor desempeño radicular observado en los niveles superiores de enmienda. Asimismo, se indica que estas enmiendas incrementan la capacidad de intercambio catiónico, mejoran la disponibilidad de nutrientes bloqueados y favorecen la retención de agua (Serfi, 2021), condiciones que son consistentes con el incremento del volumen radical y la mayor elongación de raíces registrada en los tratamientos con mayor dosis.

Además, Serfi (2021) y González y Martínez (2020) mencionan que estas prácticas pueden estimular procesos asociados al funcionamiento radicular, lo que coincide con que los tratamientos con mayor enmienda presenten raíces más largas y con mayor volumen. En conjunto, tus resultados respaldan que el Ekotron® 70 GR, aplicado a dosis altas dentro del rango evaluado, se asocia con un desarrollo radicular superior en vivero, expresado tanto en longitud como en volumen de raíces (Serfi, 2021; González y Martínez, 2020).

Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Álvarez (2017), quien indicó que la aplicación de ácido húmico (en combinación con micorriza) mejoras variables del sistema radical y, además, favorece el diámetro de tallo y la altura de la planta; de manera similar, en el presente estudio el incremento de los niveles de ácido húmico (A) y bioestimulante (B) se asoció con mayores valores de longitud y volumen de raíz, destacando combinaciones superiores. Asimismo, Jara (2017) concluyó que el humus y el compost mejoran significativamente el desarrollo de los plántones en comparación con el testigo, lo cual, aunque se enfocó en variables como altura, número de hojas y raíz, coincide con la tendencia observada: la enmienda orgánica contribuye a incrementar el vigor del plantón en vivero

Los resultados concuerdan con lo reportado por Álvarez (2017), quien indicó que la aplicación de ácido húmico (en combinación con micorriza) mejoras variables del sistema radical y, además, favorece el diámetro de tallo y la altura de la planta. Asimismo, Jara (2017) concluyó que el humus y el compost mejoran significativamente el desarrollo de los plántones en comparación con el testigo, lo cual, aunque se enfocó en variables como altura, número de hojas y raíz, coincide con la tendencia en las cuales la enmienda orgánica contribuye a incrementar el vigor del plantón en vivero.

4.3. Peso fresco y seco de plántones de café

El análisis de varianza (Tabla 16) del peso de los plántones evidenció diferencias estadísticas significativas en la interacción $A \times B$, en los efectos principales de A y B , en la comparación factores vs. testigo y en el efecto de bloques, tanto para peso fresco como para

peso seco, debido a que los valores de probabilidad fueron menores que el nivel de significancia establecido ($p < 0,05$). En consecuencia, al menos una combinación de niveles de A y B , al menos una dosis del factor A , al menos un nivel del factor B , la comparación frente al testigo y al menos uno de los bloques presentan diferencias significativas en ambas variables evaluadas.

Tabla 16. Resumen del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del peso fresco y seco de plantones de café

Fuente de variación	GL	Peso fresco (g)		Peso seco (g)	
		CM	p-valor	CM	p-valor
Bloques	3	119,39	<0,0001	7,49	0,0007
Ácido húmico (A)	2	198,29	<0,0001	17,40	<0,0001
Bioestimulante (B)	2	273,61	<0,0001	44,19	<0,0001
Interacción ($A \times B$)	4	22,60	0,0015	1,88	0,1303
Factores vs Testigo	1	497,87	<0,0001	45,04	<0,0001
Error experimental	27	3,82		0,96	
Total	39				
CV (%)		7,07		9,81	
R ²		0,95		0,93	

El CV fue 7,07 % para el peso fresco y 9,81 % para el peso seco. Estos resultados concuerdan con el criterio de Pimentel (1985, citado en Gordón-Mendoza y Camargo-Buitrago, 2015), quien señala que valores de CV menores al 10 % se consideran bajos; por tanto, se confirma la confiabilidad de las mediciones y se respalda la interpretación de las diferencias observadas entre tratamientos (Tabla 16).

El R² fue 0,95 para el peso fresco y 0,93 para el peso seco, lo que indica que los modelos explican el 95 y el 93 % de la variabilidad observada (Tabla 16). Según Rodríguez et al. (2018), el R² es un indicador clave, ya que expresa la proporción de la variación de la variable dependiente explicada por el conjunto de variables independientes; además, Martínez (2005) señala que valores cercanos a 1 reflejan un mejor ajuste del modelo. Por ende, los R² obtenidos confirman que los modelos empleados representan adecuadamente el comportamiento del peso fresco y del peso seco.

El análisis de varianza del efecto simple de A en B (Tabla 17) mostró diferencias estadísticas significativas en las combinaciones a_2B y a_3B , debido a que el valor de probabilidad fue menor que el nivel de significancia establecido ($p < 0,05$). Esto indica que, dentro de estos niveles, al menos una combinación difiere significativamente en el peso fresco de los plantones de café. En cambio, en la combinación a_1B no se observaron diferencias estadísticas, ya que, el valor de probabilidad fue mayor que el nivel planteado ($p > 0,05$); por lo tanto, las combinaciones

evaluadas en ese nivel se consideran estadísticamente iguales para el peso fresco. Los CV fueron 11,74 % en a_1B , 13,93 % en a_2B y 15,02 % en a_3B . Estos valores concuerdan con el criterio de Pimentel (1985, citado en Gordón-Mendoza y Camargo-Buitrago, 2015), quien señala que los CV entre 10 y 20 % se consideran medios; en consecuencia, la precisión experimental puede calificarse como moderada, lo que respalda la confiabilidad de las mediciones y la interpretación de las diferencias observadas entre tratamientos (Tabla 17).

Tabla 17. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del efecto simple de A en B y B en A para peso fresco de plántones de café

A en B	GL	CM	p-valor	CV	R ²	B en A	GL	CM	p-valor	CV	R ²
a_1B	2	72,89	0,0529	11,74	0,48	b_1A	2	26,62	0,3265	13,76	0,22
Error	9	79,06				Error	9	94,28			
a_2B	2	131,43	0,0481	13,93	0,49	b_2A	2	119,99	0,1382	16,32	0,36
Error	9	136,55				Error	9	217,20			
a_3B	2	433,30	0,0079	15,02	0,66	b_3A	2	340,36	0,0030	11,52	0,73
Error	9	224,38				Error	9	128,51			

Los R² fueron 0,48 en a_1B , 0,49 en a_2B y 0,66 en a_3B , lo que indica que los modelos explican el 48, 49 y 66 % de la variabilidad observada, respectivamente (Tabla 17). Según Rodríguez et al. (2018), el R² es un indicador clave, ya que expresa la proporción de la variación de la variable dependiente explicada por el conjunto de variables independientes; además, Martínez (2005) señala que valores cercanos a 1 reflejan un mejor ajuste del modelo. En consecuencia, los R² obtenidos muestran que el ajuste es moderado, siendo mayor en a_3B ; por ello, los modelos describen de manera aceptable el comportamiento del peso fresco en las combinaciones evaluadas.

El análisis de varianza del efecto simple de B en A (Tabla 17) mostró diferencias estadísticas significativas en la combinación b_3A , debido a que el valor de probabilidad fue menor que el nivel de significancia establecido ($p < 0,05$). Esto indica que, dentro de b_3 , al menos una combinación entre los niveles de A presenta un efecto diferente en el peso fresco de los plántones de café. En cambio, en las combinaciones b_1A y b_2A no se observaron diferencias estadísticas, ya que, los valores de probabilidad fueron mayores que el nivel planteado ($p > 0,05$). Lo cual se consideran estadísticamente iguales para el peso fresco de los plántones de café.

Los CV fueron 13,76 % en b_1A , 16,32 % en b_2A y 11,52 % en b_3A . Estos valores concuerdan con el criterio de Pimentel (1985, citado en Gordón-Mendoza y Camargo-Buitrago, 2015), quien señala que los CV entre 10 y 20 % se consideran medios; en consecuencia, la

precisión experimental puede calificarse como moderada, lo que respalda la confiabilidad de las mediciones y la interpretación de las diferencias observadas entre tratamientos (Tabla 17).

Los R^2 fueron 0,22 en b_{1A} , 0,36 en b_{2A} y 0,73 en b_{3A} , lo que indica que los modelos explican el 22, 36 y 73 % de la variabilidad observada, respectivamente (Tabla 17). Según Rodríguez et al. (2018), el R^2 es un indicador clave, ya que expresa la proporción de la variación de la variable dependiente explicada por el conjunto de variables independientes; además, Martínez (2005) señala que valores cercanos a 1 reflejan un mejor ajuste del modelo. En consecuencia, el ajuste es bajo en b_{1A} y b_{2A} , mientras que en b_{3A} es alto.

Tabla 18. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) del efecto simple A en B del peso fresco de plantones de café

Ácido húmico (A)	Bioestimulante (B)	Peso fresco (g)	Sig.
a_1 : 15 g/planta	b_3 : 100 mL/20 L	27,37	a
	b_2 : 50 mL/20 L	26,58	a
	b_1 : 25 mL/20 L	21,79	b
a_2 : 30 g/planta	b_3 : 100 mL/20 L	31,03	a
	b_2 : 50 mL/20 L	29,49	a
	b_1 : 25 mL/20 L	23,37	b
a_3 : 60 g/planta	b_3 : 100 mL/20 L	40,04	a
	b_2 : 50 mL/20 L	34,25	a
	b_1 : 25 mL/20 L	25,43	b

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

La prueba DGC del efecto simple de A en B (Tabla 18) muestra que el peso fresco de los plantones de café aumenta cuando se combinan dosis media y alta de bioestimulante (50 y 100 mL/20 L) con dosis crecientes de ácido húmico granulado (15, 30 y, especialmente, 60 g/planta). Asimismo, la dosis baja de bioestimulante (25 mL/20 L) resulta insuficiente para sostener el mismo nivel de acumulación de biomasa, incluso cuando el sustrato ha sido mejorado con mayores cantidades de enmienda. Esto indica que, el bioestimulante, por sí solo, no asegura el máximo crecimiento si no está respaldado por una base adecuada de materia orgánica que favorezca la estructura del suelo, la retención de agua y la actividad microbiana; a su vez, la enmienda orgánica requiere un nivel mínimo u óptimo de bioestimulante para que la planta convierta esa mejora del sustrato en mayor biomasa fresca.

La combinación 60 g de ácido húmico + 100 mL/20 L de bioestimulante fue la más eficiente (40,04 g), seguida de 60 g + 50 mL/20 L (34,25 g), lo que confirma un efecto sinérgico entre ambos insumos. Los resultados respaldan que, para maximizar la biomasa fresca

en plántones de café, no basta con incrementar únicamente la enmienda o el bioestimulante; es necesario optimizar simultáneamente ambas dosis para que el sistema radicular y la parte aérea expresen su máximo potencial de crecimiento.

Tabla 19. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) del efecto simple B en A del peso fresco de plántones de café

Bioestimulante (B)	Ácido húmico (A)	Peso fresco (g)	Sig.
b_3 : 100 mL/20 L	a_3 : 60 g/planta	40,04	a
	a_2 : 30 g/planta	31,03	b
	a_1 : 15 g/planta	27,37	b

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

Los resultados de la prueba DGC del efecto simple de B en A (Tabla 19) indican que, cuando el bioestimulante se aplica en su nivel alto b_3 (100 mL/20 L), la variable que diferencia el peso fresco de los plántones, es la dosis de ácido húmico (60 g/planta), el cual generó un peso significativamente mayor (40,04 g) que las dosis de 30 y 15 g (a_2 y a_1), se ubicaron en el mismo grupo estadístico (31,03 y 27,37 g.). Por ende, el bioestimulante no asegura por sí solo el máximo crecimiento, sino que requiere una base suficiente de materia orgánica; además, se evidencia un umbral de enmienda a partir del cual su efecto se potencia, en este caso, 60 g/planta.

Asimismo, las dosis 15–30 g/planta, aun con bioestimulante alto, no lograron diferenciarse entre sí, lo que sugiere que mejoran el sustrato, pero no lo optimizan. En cambio, con 60 g/planta probablemente se alcanzaron condiciones más favorables (mejor estructura, mayor actividad microbiana y mayor disponibilidad de nutrientes), lo que permitió traducir esa mejora en una mayor acumulación de biomasa fresca. Los resultados respaldan que la máxima respuesta se obtiene al incrementar ambos insumos.

Estos resultados son consistentes con la evidencia que describe a las sustancias húmicas como bioestimulantes capaces de influir en la fisiología vegetal y, por tanto, en el crecimiento (Du Jardín, 2015; Van Oosten et al., 2017). En particular, se ha señalado que los ácidos húmicos y fúlvicos pueden favorecer la disponibilidad y el transporte de nutrientes hacia la raíz, contribuyendo a una mayor eficiencia de absorción (Serrano et al., 2015).

Asimismo, para Ekotron® 70 GR se reporta un alto contenido de ácidos húmicos y una acción de adsorción que facilitaría que los nutrientes permanezcan disponibles para su asimilación radicular (Serfi, 2021). Bajo esta perspectiva, los resultados del presente estudio sugieren que el bioestimulante expresa con mayor intensidad su efecto sobre la biomasa fresca

cuando el sustrato recibe una dosis alta de ácido húmico, probablemente porque dicha enmienda mejora la disponibilidad de recursos y crea condiciones más favorables para que la planta convierta ese aporte en mayor crecimiento.

En la Figura 12, el mayor peso fresco se registra de manera consistente con la dosis más alta de ácido húmico ($a_3 = 60$ g/planta), y disminuye conforme la enmienda se reduce a_2 (30 g) y a_1 (15 g). No obstante, la combinación de a_3b_3 alcanza el valor máximo (40 g), pero al pasar a a_2 y luego a a_1 el peso desciende. En contraste, con el nivel bajo de bioestimulante (b_1) los valores se mantienen inferiores en todo el rango de ácido húmico y no alcanzan los registrados con b_2 y b_3 , lo que confirma que el bioestimulante expresa su mayor efecto cuando se combina con una dosis alta de ácido húmico.

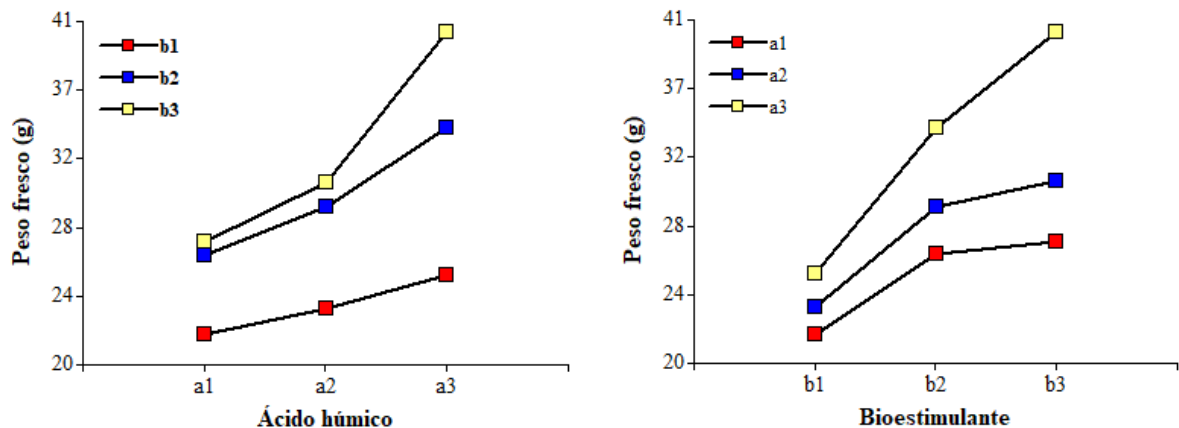


Figura 12. Gráfica de interacción del efecto simple A en B y B en A para peso fresco de plántones de café

El comportamiento inverso (B en A) reafirma la interacción entre factores (Figura 12). En los tres niveles de ácido húmico, el peso fresco aumenta al pasar de b_1 (25 mL/20 L) a b_2 (50 mL/20 L) y alcanza su máximo con b_3 (100 mL/20 L); sin embargo, el incremento es más pronunciado cuando la enmienda orgánica es mayor. Así, con 60 g/planta se obtiene el mayor valor del ensayo con b_3 y la reducción es evidente al bajar a b_1 , lo que sugiere que esta dosis de ácido húmico permite aprovechar plenamente el bioestimulante. Con 30 g/planta, la tendencia se mantiene, aunque con valores intermedios; mientras que con 15 g/planta los pesos son los más bajos en todos los niveles de bioestimulante, indicando que, cuando la enmienda es limitada, el aumento del bioestimulante mejora el peso fresco, pero no alcanza los niveles logrados con dosis altas de ácido húmico. Los resultados evidencian que el bioestimulante incrementa la biomasa fresca, pero su eficacia depende de la disponibilidad de materia orgánica.

Tabla 20. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) peso fresco y seco de plantones de café por efecto del factor principal (*A*) enmiendas orgánicas

Ácidos húmicos (<i>A</i>)	Peso fresco (g)		Peso seco (g)	
	Promedio	Sig.	Promedio	Sig.
a_3 : 60 g/planta	33,24	a	9,13	a
a_2 : 30 g/planta	27,96	b	7,67	b
a_1 : 15 g/planta	25,25	c	6,74	c

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

Los resultados de la prueba DGC para el factor *A* (ácidos húmicos) en el peso fresco y peso seco de los plantones de café (Tabla 20) muestran una respuesta positiva conforme aumenta la dosis. El peso fresco, la dosis de 60 g/planta (a_3) registró el mayor valor (33,24 g), seguida de 30 g/planta (a_2) con 27,96 g; en tanto que la dosis de 15 g/planta (a_1) presentó el menor peso fresco. Además, las tres dosis difirieron estadísticamente entre sí. De manera similar, se muestra en peso seco, el mayor valor se obtuvo con 60 g/planta (9,13 g), seguido por 30 g/planta (7,67 g) y 15 g/planta (6,74 g). Estos resultados confirman que el incremento de los niveles de ácido húmico tiene un efecto favorable y significativo en el crecimiento de los plantones de café, reflejado tanto en el peso fresco como en el peso seco.

La literatura, resalta que los ácidos húmicos contribuyen a mantener cationes en formas disponibles y favorecen su transporte hacia la raíz, lo que puede reflejarse en un crecimiento más vigoroso (Serrano et al., 2015). Además, las sustancias húmicas se consideran bioestimulantes y pueden influir directamente en la fisiología vegetal mediante regulación celular y cambios metabólicos, sin depender únicamente de propiedades del suelo o de la disponibilidad de nutrientes (Van Oosten et al., 2017; Du Jardin, 2015). Esa doble condición (mejoramiento del medio + efecto bioestimulante) es consistente con que la dosis más alta de *A* genere los mayores valores en biomasa fresca y seca.

Este comportamiento es coherente con la descripción de Ekotron® 70 GR como una enmienda con alto contenido de ácidos húmicos y materia orgánica, cuya capacidad de adsorción favorece que los nutrientes se mantengan disponibles para su asimilación radicular (Serfi, 2021). Asimismo, se ha indicado que este tipo de enmiendas puede incrementar la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y mejorar la disponibilidad de nutrientes (Serfi, 2021), condiciones que explican, desde un enfoque edáfico, la mayor eficiencia de absorción y, en consecuencia, el aumento del peso fresco y seco observado con la dosis más alta.

Los resultados de la prueba DGC para el factor *B* (bioestimulante líquido) muestran un impacto significativo en el crecimiento de los plantones de café, tanto en peso

fresco como en peso seco (Tabla 21). El nivel b_3 (100 mL) fue el más efectivo para incrementar el peso fresco; en cambio, para el peso seco, los niveles de 100 y 50 mL no difirieron estadísticamente entre sí. Esto indica que el aumento de la dosis de bioestimulante líquido mejora de manera significativa el desarrollo de las plantas; sin embargo, en el caso del peso seco, una dosis de 50 mL sería suficiente para alcanzar el máximo efecto. En consecuencia, el uso de bioestimulante líquido en estas concentraciones constituye una estrategia eficaz para favorecer el crecimiento de los plántones de café.

Tabla 21. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) peso fresco y seco de plántones de café por efecto del factor principal (B) bioestimulante líquido

Bioestimulante (B)	Peso fresco (g)		Peso seco (g)	
	Promedio	Sig.	Promedio	Sig.
b_3 : 100 mL/20 L	32,81	a	9,34	a
b_2 : 50 mL/20 L	30,11	b	8,52	a
b_1 : 25 mL/20 L	23,53	c	5,68	b

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

Los resultados, es coherente con lo señalado para abonos líquidos o biofermentos, los cuales se obtienen mediante procesos de fermentación que transforman materiales orgánicos en compuestos aprovechables por las plantas y que, además, contribuyen al equilibrio suelo-planta (IPADE, 2009; Picado y Afisco, 2005). En el caso del producto empleado, Agrostemin®-GL se describe con una composición que incluye materia orgánica, macronutrientes, micronutrientes y componentes asociados a promotores fitohormonales (Serfi, 2020), lo que sustenta que dosis mayores tiendan a intensificar la respuesta en crecimiento, particularmente en variables como el peso fresco. No obstante, los resultados indican que el peso seco no aumenta necesariamente de forma proporcional al superar el nivel medio, lo cual se evidencia en la similitud estadística entre 50 y 100 mL; por tanto, es probable que, a partir de cierta dosis, el bioestimulante optimice el crecimiento sin traducirse en incrementos equivalentes de materia seca, sugiriendo un umbral de respuesta para esta variable.

Tabla 22. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) del peso fresco y seco de plántones de café por efecto de factores vs testigo

Factores vs testigo	Peso fresco (g)		Peso seco (g)	
	Promedio	Sig.	Promedio	Sig.
Factores ($A \times B$)	28,82	a	7,85	a
Testigo	17,05	b	4,31	b

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

La prueba DGC de factores vs. testigo (Tabla 22) determinó que la aplicación conjunta de los factores *A* y *B* (ácido húmico y bioestimulante) ejerce un efecto positivo tanto en el peso fresco como en el peso seco de los plántones de café, en comparación con el testigo. En peso fresco, los tratamientos con factores registraron 28,82 g, mientras que el testigo alcanzó 17,05 g. De manera similar, el peso seco fue mayor con los factores *A* y *B* (7,85 g) respecto al testigo (4,31 g), lo que confirma que la aplicación de estos insumos incrementa la acumulación de biomasa en vivero.

Este comportamiento coincide con el concepto de abonos orgánicos como materiales de origen vegetal o animal que, al descomponerse, aportan nutrientes y mejoran propiedades biológicas, químicas y físicas del medio de crecimiento, promoviendo el crecimiento vegetal (García y Félix, 2014; Salazar et al., 2021; Ordínola, 2022). Asimismo, los abonos orgánicos líquidos se describen como productos obtenidos por fermentación que generan compuestos útiles para la nutrición vegetal y el equilibrio suelo-planta, con aplicación tanto al follaje como al suelo (IPADE, 2009; Picado y Afisco, 2005), lo cual es congruente con la mayor biomasa observada en los plántones que recibieron los factores evaluados.

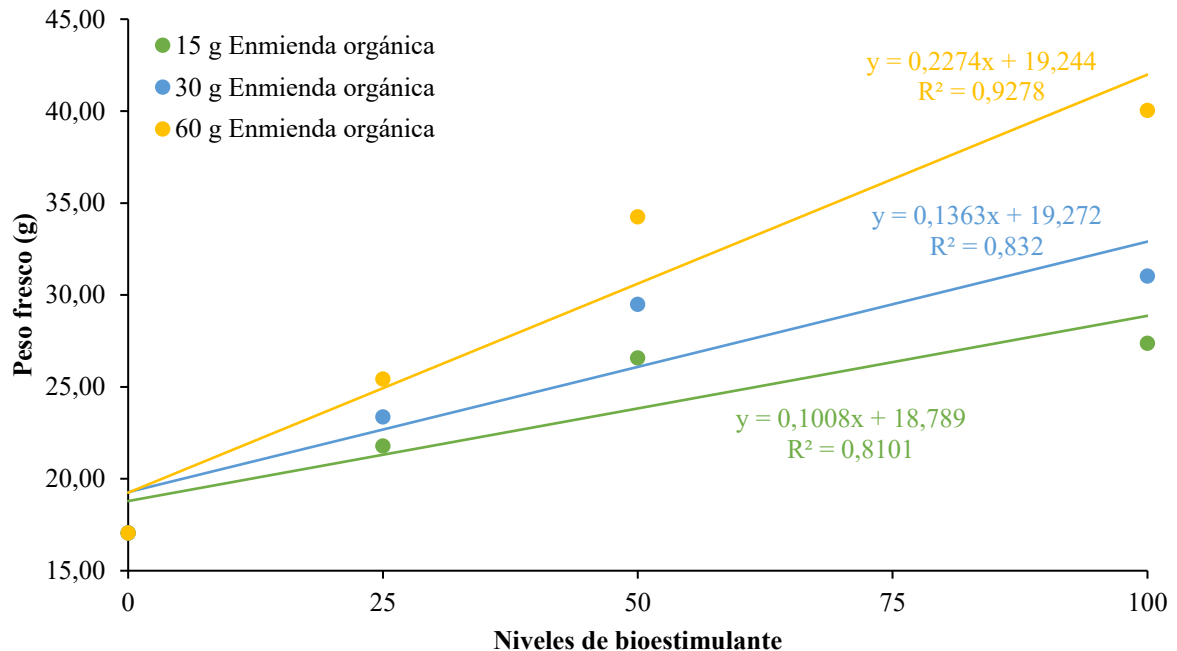


Figura 13. Ecuación lineal del peso fresco de plántones de café en tres niveles de enmiendas orgánicas con niveles de bio-estimulante líquido

La Figura 13 muestra la relación entre los niveles de bioestimulante líquido (*B*) y el peso fresco de plántones de café bajo tres dosis de ácido húmico granulado (*A*), a través de

ecuaciones lineales que permiten estimar la tasa de incremento del peso fresco y evaluar el ajuste del modelo mediante el coeficiente de determinación (R^2). Con 15 g de ácido húmico (a_1), el peso fresco aumenta en promedio 0,1008 por cada unidad adicional de bioestimulante, lo que representa la menor tasa de respuesta; con 30 g (a_2), el incremento es 0,1363, evidenciando una respuesta intermedia; y con 60 g (a_3), se obtiene la mayor pendiente (0,2274), lo que indica que una mayor dosis de ácido húmico potencia la eficacia del bioestimulante en la acumulación de biomasa fresca. La diferencia entre pendientes indica que niveles bajos de enmienda pueden limitar la respuesta al bioestimulante, mientras que dosis mayores favorecen un crecimiento más vigoroso, aspecto relevante en vivero porque plántulas con mayor peso fresco suelen establecerse mejor y mostrar mayor desempeño en campo.

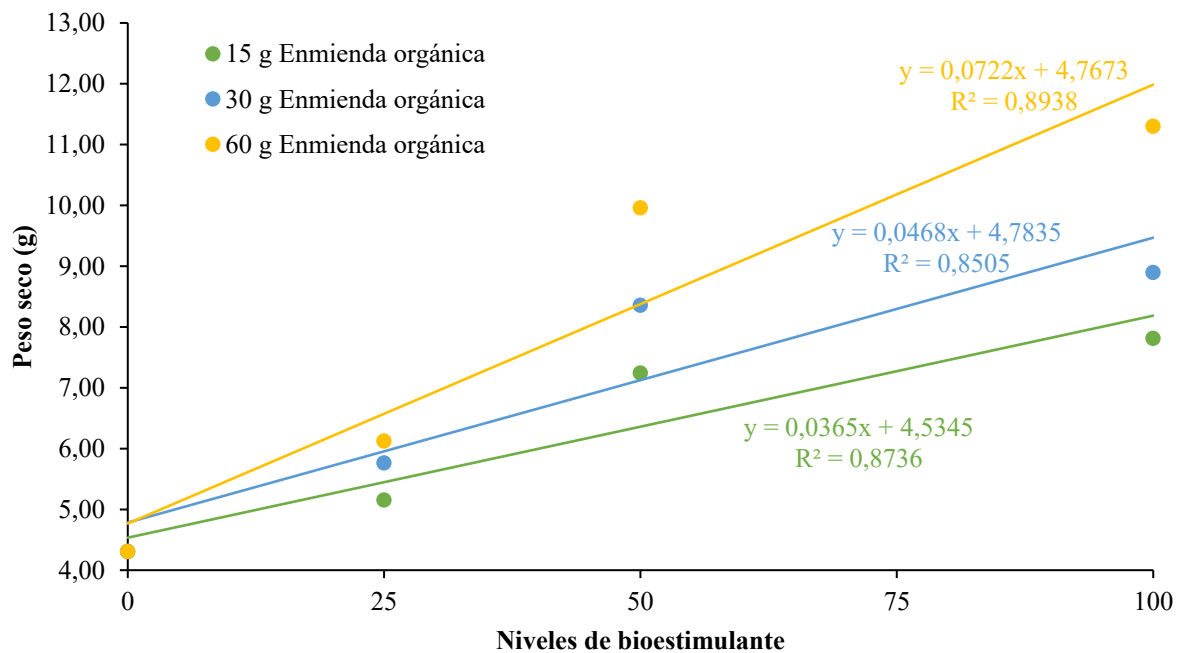


Figura 14. Ecuación lineal del peso seco de plántulas de café en tres niveles de enmiendas orgánicas con niveles de bio-estimulante líquido

La Figura 14 muestra la relación entre los niveles de bioestimulante líquido (B) y el peso seco de los plántulas de café bajo tres dosis de enmienda orgánica (ácido húmico granulado), lo que permite estimar la tasa de incremento del peso seco y evaluar el ajuste del modelo lineal mediante el coeficiente de determinación (R^2). Con 15 g (a_1), el peso seco aumenta en promedio 0,0365 por cada unidad adicional de bioestimulante, lo que representa la menor respuesta y sugiere que una baja dosis de enmienda limita el efecto del bioestimulante. Con 30 g (a_2), la pendiente se incrementa a 0,0468, evidenciando una respuesta intermedia. En

cambio, con 60 g (a_3) se registra la mayor pendiente (0,0722), indicando que una mayor dosis de ácido húmico potencia la eficacia del bioestimulante para incrementar la biomasa seca.

Los resultados muestran un efecto complementario entre el ácido húmico y el bioestimulante, ya que, el aumento del ácido húmico se asocia con una mayor eficiencia del bioestimulante en la acumulación de materia seca. Además, el buen ajuste del modelo lineal en la dosis de 60 g sugiere una relación más consistente y predecible entre el nivel de bioestimulante y el incremento del peso seco.

4.4. Porcentaje de materia seca de plántones de café

El análisis de varianza (Tabla 23) mostró diferencias estadísticas significativas en bloques y en el factor B , debido a que los valores de probabilidad fueron menores que el nivel de significancia establecido ($p < 0,05$). Esto indica que, para el porcentaje de materia seca (% MS) de los plántones de café, al menos un bloque y al menos un nivel del factor B serán diferentes. En cambio, el factor A , la interacción $A \times B$ y la comparación factores vs. testigo no presentaron diferencias estadísticas, ya que, los valores de probabilidad fueron mayores que el nivel planteado ($p > 0,05$). Por lo tanto, los niveles del factor A , las combinaciones $A \times B$ y la comparación frente al testigo se consideran estadísticamente iguales para % MS.

Tabla 23. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del porcentaje de materia seca de plántones de café

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloques	193,24	3	64,41	7,93	<0,0001
Ácido húmico (A)	3,18	2	1,59	0,20	0,8200
Bioestimulante (B)	125,25	2	62,63	7,71	<0,0001
Interacción ($A \times B$)	4,81	4	1,20	0,15	0,9600
Factores vs Testigo	5,22	1	5,22	0,64	0,4300
Error experimental	219,23	27	8,12		
Total	550,93	39			
CV (%)	10,57				
R ²	0,60				

El CV fue 10,57 %. De acuerdo con el criterio de Pimentel (1985, citado en Gordón-Mendoza y Camargo-Buitrago, 2015), los valores de CV entre 10 y 20 % se consideran medios; por ello, la precisión experimental puede calificarse como moderada, lo que respalda la confiabilidad de las mediciones y la interpretación de los resultados observados (Tabla 23).

El R² fue 0,60, lo que indica que el 60 % de la variabilidad del % MS es explicado por los factores incluidos en el modelo (Tabla 23). Según Rodríguez et al. (2018), el R² es un indicador clave, pues expresa la proporción de la variación de la variable dependiente explicada

por el conjunto de variables independientes; además, Martínez (2005) señala que valores cercanos a 1 reflejan un mejor ajuste del modelo. En consecuencia, el valor obtenido sugiere un ajuste moderado.

Tabla 24. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) del porcentaje de materia seca de plántones de café por factor principal (B) bio-estimulante líquido

Bioestimulante (B)	Porcentaje de materia seca (% MS)	
	Promedio	Sig.
b_3 : 100 mL/20 L	28,48	a
b_2 : 50 mL/20 L	28,30	a
b_1 : 25 mL/20 L	24,44	b

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

La prueba DGC del factor B (bioestimulante líquido) (Tabla 24) muestra que los niveles b_3 y b_2 (100 y 50 mL/20 L) registraron los mayores valores de % MS, siendo estadísticamente iguales entre sí y superiores al nivel b_1 (25 mL/20 L), que presentó el menor valor. Este patrón puede sustentarse en la naturaleza de los abonos orgánicos líquidos, descritos como productos de fermentación en los que la actividad microbiana transforma materiales orgánicos en compuestos como minerales, vitaminas, aminoácidos y ácidos orgánicos, generando un fertilizante con efecto nutricional y potencial acción bioestimulante (IPADE, 2009). Asimismo, Picado y Afisco (2005) señalan que, mediante la biofermentación, estos insumos aportan no solo nutrientes, sino también enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos y una riqueza microbiana que contribuye al equilibrio suelo-planta; en ese contexto, el incremento del %MS con 50–100 mL/20 L podría asociarse a un mejor desempeño fisiológico del plánton por un suministro más completo de compuestos orgánicos y nutrimentales.

Además, el producto utilizado (Agrostemin®-GL) se describe como un extracto de *Ascophyllum nodosum* con macro y micronutrientes, aminoácidos y promotores biológicos con actividad tipo fitohormonal (auxinas, giberelinas y citoquininas), vinculados con procesos de diferenciación y regulación fisiológica (Serfi, 2020). Bajo este enfoque, el aumento del % MS al pasar de 25 mL a 50–100 mL/20 L es compatible con una mayor formación y consolidación de tejidos (acumulación de materia estructural), lo que se refleja un % MS más alto.

La Figura 15 muestra que el % MS de los plántones de café varía en función de la combinación entre el bioestimulante líquido (25, 50 y 100 mL/20 L) y el ácido húmico granulado (15, 30 y 60 g). El testigo registró 25,87 %, lo que sirve como referencia. Con 15 g de ácido húmico, el % MS aumenta al incrementar el bioestimulante (24,04 % con 25 mL; 27,39

% con 50 mL; 28,53 % con 100 mL). Con 30 g, se observa el mismo patrón (24,83 %; 28,38 %; 28,73 %), aunque la diferencia entre 50 y 100 mL es mínima, lo que sugiere una tendencia a estabilizarse. En cambio, con 60 g aparece un máximo con 50 mL (29,13 %) y luego una ligera disminución con 100 mL (28,18 %), indica que, cuando el sustrato está mejorado, existe un punto óptimo de dosificación y que aumentar la dosis no incrementa el % MS.

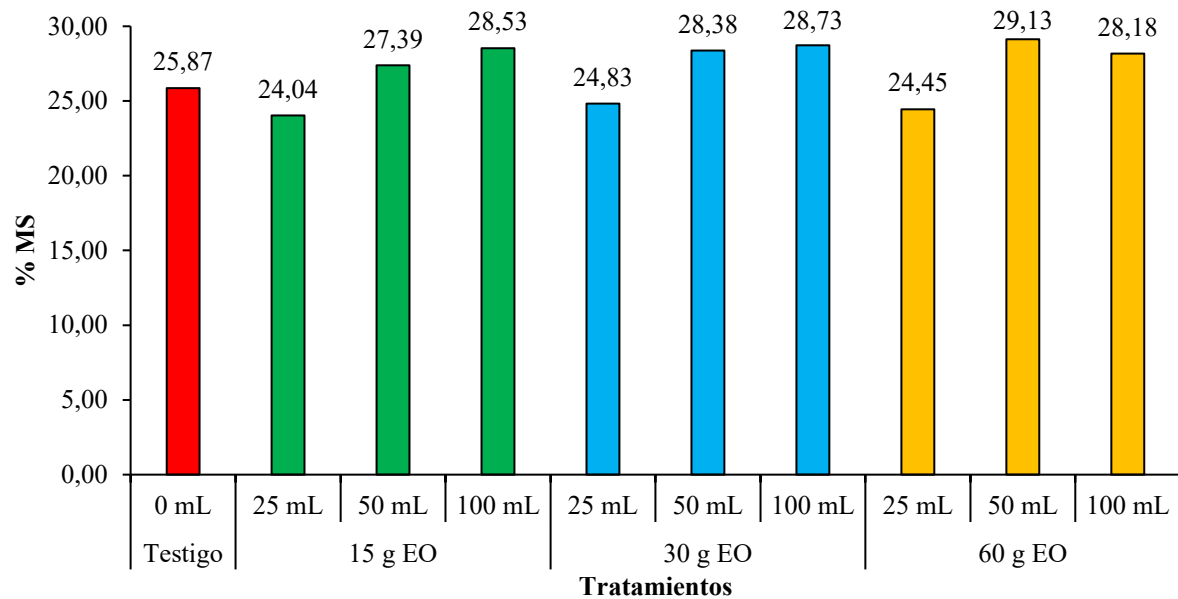


Figura 15. Porcentaje de materia seca de plántones de café

Este comportamiento es compatible con el rol de las sustancias húmicas, que pueden influir en la fisiología vegetal y en procesos metabólicos (Du Jardin, 2015; Van Oosten et al., 2017), además de favorecer la disponibilidad y el transporte de nutrientes hacia la raíz (Serrano et al., 2015); por ello, con mayor aporte húmico la planta podría alcanzar más rápido su “techo” de respuesta. Los resultados respaldan que el bioestimulante mejora el % MS y que el efecto tiende a estabilizarse a partir de 50 mL/20 L, en concordancia con la naturaleza de los abonos líquidos fermentados (IPADE, 2009; Picado y Afisco, 2005) y con el perfil de Agrostemin®-GL como extracto orgánico con componentes nutrimentales y promotores fisiológicos (Serfi, 2020), resaltando la importancia de definir dosis óptimas para maximizar la eficiencia del uso de insumos.

4.5. Determinación de la relación beneficio/costo (B/C)

La Tabla 25 presenta la evaluación económica de los tratamientos aplicados a plántones de café, desagregando los costos de producción por suelo, labores culturales (LC),

ácido húmico granulado (AHG) y bioestimulante líquido (BEL), así como el costo total (CT) por plantón y el número de plantones producidos. Con base en estos componentes, se estimaron los indicadores de rentabilidad; ingreso bruto (IB), utilidad (U), relación beneficio/costo (B/C) e índice de rentabilidad (IR).

Tabla 25. Análisis de beneficio costo de los tratamientos en estudio

Trat.	S./ Costo de producción/plantones									
	Suelo	L.C	AHG	BEL	C.T	N° Plant.	I.B	U	B/C	I.R
T ₁	S/ 30,00	S/ 30,70	S/ 48,00	S/ 9,00	S/ 117,70	80	S/ 240,00	S/ 122,30	S/ 2,04	S/ 1,04
T ₂	S/ 30,00	S/ 30,70	S/ 48,00	S/ 18,00	S/ 126,70	80	S/ 240,00	S/ 113,30	S/ 1,89	S/ 0,89
T ₃	S/ 30,00	S/ 30,70	S/ 48,00	S/ 36,00	S/ 144,70	80	S/ 280,00	S/ 135,30	S/ 1,94	S/ 0,94
T ₄	S/ 30,00	S/ 30,70	S/ 96,00	S/ 9,00	S/ 165,70	80	S/ 240,00	S/ 74,30	S/ 1,45	S/ 0,45
T ₅	S/ 30,00	S/ 30,70	S/ 96,00	S/ 18,00	S/ 174,70	80	S/ 240,00	S/ 65,30	S/ 1,37	S/ 0,37
T ₆	S/ 30,00	S/ 30,70	S/ 96,00	S/ 36,00	S/ 192,70	80	S/ 280,00	S/ 87,30	S/ 1,45	S/ 0,45
T ₇	S/ 30,00	S/ 30,70	S/ 192,00	S/ 9,00	S/ 261,70	80	S/ 240,00	-S/ 21,70	S/ 0,92	-S/ 0,08
T ₈	S/ 30,00	S/ 30,70	S/ 192,00	S/ 18,00	S/ 270,70	80	S/ 240,00	-S/ 30,70	S/ 0,89	-S/ 0,11
T ₉	S/ 30,00	S/ 30,70	S/ 192,00	S/ 36,00	S/ 288,70	80	S/ 280,00	-S/ 8,70	S/ 0,97	-S/ 0,03
T ₁₀	S/ 30,00	S/ 30,70	S/ 0,00	S/ 0,00	S/ 60,70	80	S/ 160,00	S/ 19,30	S/ 1,32	S/ 0,32

Leyenda:

- T₁: 15 g de ácido húmico granulado + 25 mL de bio-estimulante líquido
- T₂: 15 g de ácido húmico granulado + 50 mL de bio-estimulante líquido
- T₃: 15 g de ácido húmico granulado + 100 mL de bio-estimulante líquido
- T₄: 30 g de ácido húmico granulado + 25 mL de bio-estimulante líquido
- T₅: 30 g de ácido húmico granulado + 50 mL de bio-estimulante líquido
- T₆: 30 g de ácido húmico granulado + 100 mL de bio-estimulante líquido
- T₇: 60 g de ácido húmico granulado + 25 mL de bio-estimulante líquido
- T₈: 60 g de ácido húmico granulado + 50 mL de bio-estimulante líquido
- T₉: 60 g de ácido húmico granulado + 100 mL de bio-estimulante líquido
- T₁₀: Testigo

L.C: Labores culturales

AHL: ácido húmico granulado

BEL.: Bio-estimulante líquido

C.T: Costo total

I.B: Ingreso bruto

U: Utilidad

B/C: Beneficio costo

I.R: Índice de rentabilidad

En este análisis, el tratamiento T₁ resultó el más rentable, con C.T. = S/ 117,70, I.B. = S/ 240,00, U = S/ 122,30, B/C = 2,04 e I.R. = 1,04, lo que indica que por cada sol invertido se obtiene un retorno superior al doble del costo. En contraste, los tratamientos T₇, T₈ y T₉ mostraron rentabilidad negativa (B/C < 1), debido a que el costo total superó los ingresos; aunque T₁₀ registró el menor costo (S/ 60,70) y un B/C positivo (1,32), su utilidad fue menor (S/ 19,30), por lo que no alcanzó el desempeño económico de T₁.

Desde la perspectiva agronómica, este comportamiento es consistente con la función de los abonos orgánicos, los cuales mejoran propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato y favorecen el crecimiento vegetal (García y Félix, 2014; Salazar et al., 2021; Ordínola, 2022); sin embargo, el análisis económico muestra que la rentabilidad se maximiza cuando la mejora productiva se logra con un incremento de costo relativamente bajo.

Los abonos orgánicos líquidos, descritos como insumos fermentados que pueden elaborarse en volumen y aplicarse diluidos, lo que puede reducir costos operativos y favorecer la eficiencia económica (IPADE, 2009; Picado y Afisco, 2005). En el presente caso, el bioestimulante contribuye al desempeño del plantón, pero su conveniencia depende del costo adicional que introduce respecto al precio de venta. De hecho, el incremento de ácidos húmicos granulados elevó de manera importante los costos (S/ 48 en T₁-T₃ a S/ 192 en T₇-T₉), mientras que el ingreso bruto se mantuvo igual en varios tratamientos (S/ 240 o S/ 280), lo que explica la rentabilidad negativa en T₇-T₉. Esto es compatible con la literatura que reconoce efectos bioestimulantes de las sustancias húmicas sobre procesos fisiológicos (Du Jardin, 2015; Van Oosten et al., 2017), pero también subraya la necesidad de evaluarlas con criterio económico, ya que el beneficio agronómico no siempre compensa el mayor costo del insumo.

Los resultados se alinean con antecedentes que también reportan variabilidad en la relación beneficio/costo según el tipo y la dosis de insumos orgánicos. Escalante (2011) informó valores de $B/C > 2,0$ en tratamientos con abonos orgánicos, lo cual es consistente con el desempeño de T₁ ($B/C = 2,04$). Asimismo, Pinedo (2012) encontró $B/C > 1$ en aplicaciones de ácidos húmicos en lechuga, lo que respalda que estos productos pueden ser rentables cuando su costo se equilibra con el beneficio obtenido. En café, Álvarez (2017) reportó un $B/C = 1,56$ al combinar ácido húmico con micorriza, evidenciando retornos positivos con bioinsumos bajo un enfoque costo/beneficio similar. Por el contrario, Mendoza (2022) registró B/C entre 0,57 y 0,70 en vivero de café según el tratamiento, lo que confirma que la rentabilidad puede ser baja aun cuando existan mejoras agronómicas; el presente estudio muestra que no todas las combinaciones de dosis resultan económicamente viables y que la eficiencia depende del balance entre el costo incremental y el incremento real de beneficios.

V. CONCLUSIÓN

1. Se concluye que los niveles de ácido húmico granulado y del bioestimulante orgánico líquido influyeron significativamente en la obtención de plántones de *Coffea arabica* (Obatá), debido a que ambos factores presentaron efecto significativo ($p < 0,05$) sobre las principales variables de crecimiento y calidad evaluadas en vivero (altura, diámetro, número de hojas, variables radiculares y biomasa), superando en conjunto al tratamiento testigo.
2. Se concluye que la interacción ácido húmico \times bioestimulante fue variable-dependiente, evidenciándose principalmente en diámetro de tallo y en volumen de raíz ($p < 0,05$), mientras que para otras variables (altura y número de hojas) no se detectó interacción ($p > 0,05$), predominando los efectos principales. La combinación de dosis altas (60 g/planta de ácido húmico + 100 mL/20 L de bioestimulante) registró los mejores valores del crecimiento de plántones de café.
3. Se concluye que la alternativa más rentable según la relación beneficio/costo (B/C) fue el tratamiento T₁ (15 g de ácido húmico + 25 mL/20 L de bioestimulante), al presentar el mayor B/C y utilidad positiva dentro de los tratamientos evaluados. Asimismo, se determinó que las combinaciones con 60 g/planta incrementaron el costo total de producción y resultaron económicamente no convenientes bajo las condiciones del análisis realizado.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Realizar estudios de seguimiento en campo definitivo para determinar si los beneficios observados en vivero con la aplicación de 60 g de ácido húmico granulado y 100 ml de bio-estimulante líquido orgánico líquido se reflejan en un mayor porcentaje de prendimiento, crecimiento inicial y productividad de *Coffea arábica* (Obatá) durante las primeras etapas de establecimiento.
2. Investigar el efecto de estas mismas niveles y combinaciones de enmienda orgánica y bio-estimulante líquido en otras variedades comerciales de café (Catimor y Caturra y otros) con el fin de determinar su respuesta diferencial y seleccionar las niveles más eficientes y económicamente viables por variedad.
3. Desarrollar ensayos que combinen enmiendas orgánicas y bio-estimulante líquidos con biofertilizantes o microorganismos eficientes, evaluando sus efectos sinérgicos sobre la sanidad, el desarrollo radicular y la tolerancia al estrés hídrico en plántulas de café para mejorar la sostenibilidad productiva

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Albert, M. O. (2015). Efectos fisiológicos de las sustancias húmicas sobre los mecanismos
- Altieri, M. A., y Nicholls, C. I. (2017). Agroecology: a brief account of its origins and currents of thought in Latin America, *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 41(3-4), 231-237. <https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1287147>.
- Álvarez, T. (2017). *Efecto del ácido húmico y micorriza en el crecimiento de plántulas de café (Coffea arabica L.) a nivel de vivero en San Pedro, La Convención – Cusco* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional UNSAAC. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/1893/253T20170698.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Asociación Nacional del Café (Anacafé). (2019, marzo). *Guía de variedades de café* (2.^a ed.). <https://www.anacafe.org/uploads/file/9a4f9434577a433aad6c123d321e25f9/Gu%C3%ADa-de-variedades-Anacaf%C3%A9.pdf>.
- Benavides, S. V. (2021). *Relación de las propiedades edáficas y la distribución radicular en la producción del cultivo de café (Coffea arabica L.) en la región San Martín* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c3126f6a-0cde-4e93-a3da-6397f6020aa7/content>.
- Centro Nacional de investigación del Café [CENICAFE]. (2007). *Sistemas de Producción de café en Colombia*. Chinchiná. Colombia. 1a ed. Editorial Blanecolor Ltda
- Chay, O. M. (2020). *Evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en tres variedades de lechuga: zunil, Quetzaltenango*. [Tesis de grado, Universidad Rafael Landívar]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://recursosbiblio.url.edu.gt>.
- CICAFE. (2011). *Guía técnica para el cultivo del café*. Obtenido de Instituto del Café de Costa Rica, Centro de investigaciones en Café: <http://www.icafe.go.cr/icafe/anuncios/documentos/GUIA%20TECNICA%20V10.pdf>.
- Corral, C., y Anthony, F. (2003). *Variedades de café arábico*. En *Manual cafetalero nacional* (213–228). Manabí, Ecuador
- Díaz, V. C., y Carmen, W. M. (2017). *Línea de base del sector café en el Perú*. CAMCAFE Perú. <https://camcafeperu.com.pe/admin/recursos/publicaciones/Linea-base-del-sector-cafe-en-Peru.pdf>.

- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Escalante, N. P. (2011). *Efecto de abonos orgánicos en la obtención de plantones de dos variedades de café (Coffea arabica L.)*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.unas.edu.pe>.
- Granados, E. F. (2015). *Efecto de bioestimulantes foliares en el rendimiento del cultivo de berenjena: Ocós, San Marcos* [Tesis de pregrado, Universidad Rafael Landívar]. Repositorio institucional. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2015/06/17/Granados-Erick.pdf>.
- Estrada, P. (2015). *Severidad de Hemileia vastatrix Berk. & Br. en plantones de cuatro variedades de Coffea arabica L. en Río Negro, Satipo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio institucional UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c5fb97b0-f4f9-4504-8a7d-a69edd229864/conten>.
- Fischersworing, B., Robkamp, R. (2001). Guía para la Caficultura Ecológica. 3 ed. Editorial López. Obtenido de <http://www.gtz.de/organic-agriculture>
- García, C., Félix, J. A. (2014). *Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales*. Fundación Produce Sinaloa, A. C. https://www.ciaorganico.net/documentpublic/271_Manual_para_la_produccion_de_abonos_organicos_y_biorracionales.pdf.
- Gómez, O. (2010). *Guía para la innovación para la caficultura de lo convencional a lo orgánico*. San Salvador - El Salvador.
- González, E. (2022, mayo). *Guía técnica para la elaboración de viveros de café*. Asociación Nacional del Café (Anacafé). <https://www.anacafe.org/uploads/file/1dfff91b522447728bdcb386e646d47a/Guia-elaboracion-viveros.pdf>.
- González, D. O. (2001). *Comparación entre la bolsa y el “cono macetero” o “tubete” en la producción de plantas de café* [Trabajo de pregrado, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano] Repositorio institucional. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/5b4c8cb5-4ea6-4e41-b491-2b0013b89c6c/content>
- Gordón-Mendoza, R., y Camargo-Buitrago, I. (2015). Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 55–63. <https://doi.org/10.15517/am.v26i1.16920>.

- Holdridge, L. R. (1947). Determination of World Plant Formations from Simple Climatic Data. *Science* Vol 105 No. 2727: 367-368 pp. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.105.2727.367>.
- Christiansen, J. (2004). *Café orgánico con diversificación* (1.ª ed.). Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (2016). *Manual práctico: Producción de plantones de calidad: Café (Coffea arabica L.)* (Programa Nacional de Innovación Agraria). Estación Experimental Agraria “El Porvenir”, Tarapoto–San Martín. <https://repositorio.midagri.gob.pe>.
- Instituto para el Desarrollo y la Democracia (IPADE). (2009). *Abonos orgánicos: Un paso para ir avanzando hacia una agricultura orgánica rentable y sostenible* (Guía técnica). IPADE. <https://canacacao.org/wp-content/uploads/Abonos-organicos.pdf>.
- Picado, J., y Afisco, A. (2005). *Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos*. Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense (CEDECO). [https://www.ciaorganico.net/documypublic/641_Abonos_organicos_\(1\).pdf](https://www.ciaorganico.net/documypublic/641_Abonos_organicos_(1).pdf).
- Jara, D. (2017). *Efecto de dos fuentes de materia orgánica en la producción de plantones de café (Coffea arabica) en el caserío Nuevo Amazonas, distrito Yamón, provincia Utcubamba–Amazonas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. Repositorio institucional UNTRM. <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/1266/TESIS>.
- Jaulis, J. C., Martínez, A., Juscamaita, J., Adama Rojas, E. R., y Adama Gómez, J. V. (2020). Efecto de la aplicación combinada de abono líquido y sólido en la producción de plantines de café (*Coffea arabica*) cultivado bajo condiciones de vivero en Chirinos, Cajamarca, Perú. *Anales Científicos*, 81(2), 336–346. <https://doi.org/10.21704/ac.v81i2.1644>.
- Marcelo, W. R., Nakamine, E. C., Palomino, F. S., y Rodríguez, G. I. (2018). *Planeamiento estratégico para la industria peruana del café* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio institucional. PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/41cffa9e-78d1-4576-8ccc-d57f653e0642/content>
- Martínez, E. (2005). *Errores frecuentes en la interpretación del coeficiente de determinación lineal*. Anuario Jurídico y Económico Escurialense, XXXVIII, 315–332.
- Mendoza, M. L. (2022). *Efecto de la fertilización química y orgánica en plantones de café (Coffea arabica L.) en vivero, Luya Amazonas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. Repositorio Institucional

- UNTRM. <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/3015/Mendoza%20Rimarachin%20Mary%20Liliana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Nahuamel J, E. (2018). Factores competitivos para el desarrollo de la caficultura. *Pensamiento Crítico. Perú*. 23(2):97-114.
- Ordínola Guevara, M. (2022). *Abonos orgánicos: Módulo de formación técnico productiva*. Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA) – CETPRO CIPCA Loyola; Programa Horizontes de UNESCO en Perú. <https://chatgpt.com/c/696d6345-52b8-8327-b24c-8a40ca81e1cb>.
- Pinedo, D. (2012). *Dosis de ácido húmico granulado de leonardita y ácidos húmicos y fúlvicos con macro y micro elementos en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) variedad Great Lakes 659, bajo condiciones agroecológicas en la provincia de Lamas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín–Tarapoto]. Repositorio institucional. UNSM. <https://repositorio.unsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/2a8966ef-5177-4b05-b83f-2f4f9dbe1899/content>.
- Restrepo, J. M., Gómez, J., y Granados, R. (2014). *Utilización de los residuos orgánicos en la agricultura* (Vol. 1). Fundación para la Investigación y el Desarrollo Agrícola (FIDAR). Cali, Colombia.
- Restrepo, S. P., Pineda, E. C., y Ríos, L. A. (2017). Mecanismos de acción de hongos y bacterias empleados como biofertilizantes en suelos agrícolas: Una revisión sistemática. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(2), 335–351. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num.
- Rodríguez, A., García, C., Salmerón, R., y García, C. B. (2018). *The coefficient of determination in the ridge regression*. *Anales de ASEPUMA*, 26, A202.
- Salazar García, A., Vidal Farel, J., y Vela Casanova, M. (2021). *Producción orgánica I: Abonos orgánicos* (Material de capacitación). Instituto de Capacitación del Oriente (ICO). https://ico-bo.org/wp-content/uploads/2021/12/Abonos-organicos_ICO.pdf.
- Salinas, I. (2024). *Selección de semilla de buena calidad en café* [Módulo de diplomado, *Diplomado 2024: Tecnologías para mejorar la producción y productividad agropecuaria—III edición*]. Universidad Nacional Agraria. https://www.una.edu.ni/wp-content/uploads/2024/08/27_Rubro_VI_Tema_36_Documento.pdf
- Montañez, A. G., Arias, J. N., Ayala, W., Carrera, R. P., Dávila, J., Campos, J. D., Huacce, R., Hermoza, Y., Ruiz, F., Flores, M. M., y Altamirano, M. (2022). *Manual del cultivo de café en el VRAEM* (1.^a ed.). Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). <https://repositorio.inia.gob.pe/server/api/core/bitstreams/f3040aea-d753-46dc-b28e-957f08ee0280/content>

- Serfi. (2022). *Ficha técnica: AGROSTEMIN®-GL*. <https://serfi.pe/wp-content/uploads/2020/02/Ficha-Tecnica-AGROSTEMIN-GL-v10.2022-1.pdf>.
- Serfi. (2021). *Ficha técnica: EKOTRON® 70 GR*. <https://serfi.pe/wp-content/uploads/2020/02/Ficha-T%C3%A9cnica-EKOTRON-70-GR-v11.2021-1.pdf>
- Serrano, L., Castruita, M., Cervantes, G., Talavera, M., Potisek, M., Vidal, J., y Rangel, P. (2015). Influencia de los ácidos fúlvicos sobre la estabilidad de agregados y la raíz de melón en casa sombra. *Interciencia*, 40(5), 317–323.
- Sosa Medina, J. M. (2014). Influencia del pergamino sobre el tiempo de germinación de la semilla de café (*Coffea arabica* L. var. *typica*) en dos tipos de sustratos: turba y fibra de coco. *Granja*, 52–55.
- Soto, F., Vantour, A., Hernández, A., Planas, A., Figueroa, A., Fuentes, P. O., Tejeda, T., Morales, M., Vázquez, R., Zamora, E., Alfonso, H. M., Vázquez, L., y Caro, P. L. (2001). La zonificación agroecológica del *Coffea arabica* L. *Cultivos Tropicales*, 22(3), 27–51. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193230161004.pdf>
- Van Oosten, M. J., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S., & Maggio, A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4, Article 5. <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>
- Villaizan, J. P. (2025). *Efecto de diferentes bioestimulantes sobre el incremento de los indicadores morfofisiológicos en el cultivo de café (Coffea arabica L.) a nivel de vivero en Satipo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio Institucional UNDAC. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/5484/1/T026_10247191_T.pdf.
- World Coffee Research. (2019). *Las variedades del café arábica: Un catálogo global de variedades* [PDF]. https://juntadelcafe.org.pe/wp-content/uploads/2020/02/Cata%CC%81logo-de-variedades-2019-Espan%CC%83ol_OK.pdf.

ANEXOS

Tabla 26. Evaluación de altura de plantones de café a los 30 días

Bloques	N° Plantas	Tratamientos 30 días (cm)									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
BI	1	7,00	7,10	8,30	8,50	7,20	9,00	7,20	8,00	9,30	5,50
	2	7,40	8,00	7,90	6,00	9,10	8,70	7,00	9,20	9,00	5,00
	3	6,90	8,30	6,70	7,80	8,20	7,70	6,90	7,80	8,60	6,00
	4	6,00	7,90	7,50	8,00	7,00	6,30	8,60	8,50	7,90	5,00
	5	7,70	7,80	9,20	9,30	8,00	9,40	8,00	8,99	9,40	4,80
	6	8,30	9,00	8,90	5,70	9,40	9,40	7,70	9,40	9,40	4,00
BII	1	6,50	6,80	7,40	6,00	7,50	7,50	6,90	9,50	9,50	6,00
	2	7,60	7,30	7,00	7,90	8,00	8,90	7,30	9,00	8,90	5,70
	3	7,00	8,50	8,30	8,50	8,60	9,00	8,80	8,40	9,40	5,40
	4	7,90	9,40	9,40	8,00	7,00	7,70	8,00	7,80	9,00	6,80
	5	7,20	7,60	8,30	6,80	8,23	7,90	7,50	10,40	9,50	5,20
	6	8,60	7,30	7,00	8,90	8,70	9,90	8,30	10,00	9,30	6,20
BIII	1	8,00	7,60	7,50	6,80	8,30	9,50	7,50	8,50	9,00	6,00
	2	7,40	6,90	8,60	8,10	7,90	7,70	8,10	8,20	9,40	5,80
	3	6,20	8,20	8,00	7,50	8,80	7,40	6,30	8,00	8,70	5,60
	4	6,80	8,00	7,80	7,00	7,50	8,50	7,20	9,00	7,80	6,00
	5	9,00	8,60	8,40	7,30	9,20	9,40	8,40	9,30	9,40	5,70
	6	8,30	7,50	9,30	9,10	8,90	8,70	9,10	9,10	9,40	5,30
BIV	1	6,60	6,50	7,20	7,20	6,90	7,00	7,20	8,40	8,80	5,60
	2	6,90	7,40	7,00	6,50	8,90	8,10	6,90	7,90	9,50	5,00
	3	7,80	7,70	7,90	7,00	7,60	8,60	7,00	6,80	8,00	6,40
	4	7,30	8,00	7,50	7,90	6,00	7,50	8,30	8,00	7,60	5,90
	5	7,60	7,50	8,20	7,90	7,90	7,70	7,90	8,90	9,79	5,70
	6	7,80	8,40	7,90	7,50	8,60	9,00	7,80	8,90	10,50	4,60

Tabla 27. Evaluación de altura de plantones de café a los 60 días

Bloques	N° Plantas	Tratamientos 60 días (cm)									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
BI	1	9,40	10,00	10,60	10,20	11,10	11,00	9,30	10,50	12,00	6,80
	2	8,60	9,70	10,00	9,50	9,90	12,30	11,20	12,50	11,90	6,00
	3	10,20	10,60	11,30	9,80	11,60	10,00	10,30	11,00	12,50	7,00
	4	7,50	9,30	8,20	10,00	8,00	9,80	9,00	10,60	13,20	5,90
	5	10,40	10,80	11,00	10,90	11,00	11,00	10,30	11,00	11,16	5,90
	6	9,30	10,70	10,80	10,50	10,80	11,30	11,00	11,50	11,11	5,00
BII	1	9,00	9,80	10,40	8,00	9,50	10,50	8,50	12,30	12,30	6,90
	2	8,90	10,00	11,50	10,30	11,50	9,80	9,60	10,20	13,40	7,20
	3	8,50	9,00	10,00	9,10	10,20	11,60	9,40	13,00	13,60	7,50
	4	9,10	11,30	9,90	9,30	12,00	12,00	10,30	13,80	11,50	7,00
	5	9,90	10,70	11,00	8,20	10,50	11,00	9,10	11,30	11,30	6,10
	6	9,80	10,80	11,00	10,90	11,00	10,70	10,60	10,90	12,70	6,60
BIII	1	8,90	11,20	10,20	11,30	11,20	10,00	10,00	11,50	12,00	7,50
	2	9,50	10,00	9,90	9,80	12,00	10,30	10,40	13,40	13,60	8,50
	3	10,00	10,50	11,60	10,00	10,30	12,00	11,00	12,00	11,00	8,00
	4	9,00	9,90	10,00	9,20	10,80	12,60	8,90	11,10	12,70	7,90
	5	9,80	11,00	10,90	11,00	11,00	10,80	10,80	11,00	11,20	7,20
	6	10,50	10,80	10,80	10,70	11,20	10,90	11,00	12,70	13,10	9,10
BIV	1	10,20	11,50	10,30	8,70	11,20	11,90	10,00	11,70	10,60	9,00
	2	9,90	10,40	10,60	10,90	11,00	10,20	11,40	12,40	12,60	8,20
	3	10,00	10,00	9,90	11,00	10,00	10,80	10,10	10,00	14,60	8,70
	4	8,90	9,70	11,00	10,30	9,80	9,20	9,70	12,30	12,00	9,00
	5	10,90	11,00	10,90	9,50	11,00	11,00	10,80	11,10	11,00	9,90
	6	10,80	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,40	11,60	8,50

Tabla 28. Evaluación de altura de plántones de café a los 90 días

Bloques	N° Plantas	Tratamientos 90 días (cm)									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
BI	1	11,20	12,50	14,20	12,00	15,00	14,60	13,00	12,20	16,30	7,50
	2	10,00	14,20	13,60	11,50	13,40	14,00	12,50	19,50	16,10	7,00
	3	11,00	11,70	12,00	13,00	14,10	15,50	14,50	15,50	15,50	9,80
	4	9,50	11,30	12,80	12,30	10,20	13,30	10,00	14,30	16,40	7,00
	5	10,20	12,40	15,20	11,50	15,70	15,50	13,40	11,80	15,70	8,40
	6	9,50	15,20	14,50	10,60	14,10	15,00	12,40	20,10	15,70	7,70
BII	1	10,50	11,20	11,00	11,00	13,20	13,80	9,50	16,50	19,50	9,00
	2	10,60	12,00	14,50	9,00	12,50	13,40	12,50	18,70	14,50	8,50
	3	9,80	10,50	12,50	12,50	14,80	12,50	10,30	18,40	17,00	7,50
	4	10,30	13,70	15,00	10,50	14,00	12,60	10,40	16,00	20,00	9,80
	5	9,60	10,20	10,00	10,00	13,80	14,70	9,40	15,80	20,10	9,40
	6	9,70	11,50	15,40	9,40	12,40	14,10	12,40	18,60	15,40	9,30
BIII	1	9,80	14,20	13,00	12,00	12,00	13,70	13,50	13,00	16,40	8,50
	2	11,20	11,50	12,30	12,10	12,60	14,50	11,30	16,20	17,00	9,50
	3	11,70	12,30	14,00	12,50	15,30	13,00	11,40	14,30	16,90	8,40
	4	10,20	12,00	12,70	10,00	15,00	12,50	10,80	13,50	15,20	8,70
	5	9,40	15,20	13,40	11,50	11,50	14,60	14,30	13,40	15,80	9,30
	6	10,20	10,60	12,00	11,70	12,60	15,40	10,40	15,70	16,00	9,40
BIV	1	9,30	13,00	13,40	12,50	13,00	13,50	12,00	13,50	13,00	9,50
	2	12,30	12,00	11,50	12,00	12,50	12,00	12,50	15,30	18,00	8,50
	3	12,00	12,70	13,50	10,80	11,80	11,80	11,80	11,20	21,00	9,30
	4	11,30	11,50	11,00	10,00	11,00	14,00	11,50	14,00	16,00	9,50
	5	9,40	13,40	14,10	12,40	13,40	14,30	11,50	14,30	13,40	9,40
	6	12,00	11,50	10,60	11,50	12,40	11,50	12,40	15,70	17,30	9,30

Tabla 29. Evaluación de altura de plántones de café a los 120 días

Bloques	N° Plantas	Tratamientos 120 días (cm)									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
BI	1	14,00	15,00	22,00	21,30	23,40	26,50	20,50	30,00	32,00	11,00
	2	17,50	23,00	19,60	18,60	28,00	25,50	20,00	25,00	27,00	12,00
	3	17,20	25,00	20,50	20,70	18,80	21,50	17,00	26,50	26,50	11,00
	4	15,00	19,50	17,80	17,00	20,00	17,00	19,00	23,50	26,00	10,00
	5	14,99	15,65	21,99	21,94	22,41	27,48	21,50	29,01	32,55	10,00
	6	16,52	22,15	20,28	18,35	28,27	25,86	20,91	24,87	27,96	11,46
BII	1	18,00	18,50	21,00	22,50	24,00	20,00	20,00	28,50	34,60	10,50
	2	19,00	19,80	21,50	17,00	20,00	25,00	19,50	32,50	35,00	12,00
	3	20,00	20,30	20,00	18,50	24,00	19,00	20,00	31,00	32,00	11,00
	4	22,00	22,00	18,50	19,50	18,00	21,00	18,50	32,00	26,00	11,00
	5	17,30	18,20	21,80	22,00	23,10	21,00	20,90	28,30	34,60	9,60
	6	19,20	20,60	22,00	16,00	21,00	24,90	20,10	33,40	34,60	11,50
BIII	1	15,00	20,00	17,00	17,00	18,00	24,50	17,00	25,00	30,00	11,20
	2	18,00	17,60	20,50	20,00	22,00	21,00	22,00	24,50	28,00	12,00
	3	19,50	22,40	24,00	18,00	22,50	21,50	20,50	23,00	29,00	11,00
	4	19,00	19,00	22,50	17,00	21,00	20,00	18,00	22,00	25,00	12,00
	5	15,70	20,90	16,00	16,00	17,30	23,90	16,00	24,90	29,00	10,20
	6	17,30	16,70	21,50	20,90	22,00	21,90	22,00	23,90	28,30	11,50
BIV	1	18,00	20,30	22,00	17,40	23,40	23,50	17,00	24,30	25,00	11,50
	2	17,50	16,90	16,00	20,50	19,80	18,00	20,50	22,00	23,80	12,00
	3	16,00	18,00	21,50	17,00	16,00	22,60	18,00	18,50	19,20	13,30
	4	19,50	23,40	20,00	16,40	21,60	21,00	19,50	19,00	22,00	12,60
	5	17,30	21,30	22,00	16,40	22,40	22,50	16,00	23,60	24,90	10,60
	6	16,50	16,00	15,80	21,50	20,60	17,30	21,50	22,00	22,80	11,50

Tabla 30. Evaluación de altura de plantones de café a los 150 días

Bloques	N° Plantas	Tratamientos 150 días (cm)									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
BI	1	27,00	29,30	30,00	29,40	29,00	32,50	30,00	36,00	35,50	17,00
	2	31,50	30,00	31,00	27,70	33,00	35,00	33,00	37,50	40,00	19,50
	3	29,30	31,20	30,20	31,00	35,00	34,10	27,00	34,00	39,20	14,50
	4	29,00	31,50	30,00	30,60	25,50	30,00	26,50	38,20	36,00	14,00
	5	26,00	30,20	31,00	30,30	29,70	31,60	31,00	37,00	36,30	18,00
	6	31,40	31,00	31,40	27,20	32,00	35,40	32,00	37,70	39,30	19,00
BII	1	27,00	30,50	24,50	30,50	29,00	36,00	33,10	38,00	45,20	14,00
	2	24,50	31,00	37,00	32,00	34,50	37,40	30,80	37,50	46,00	12,40
	3	25,00	32,00	32,00	29,10	38,00	38,00	28,60	33,00	41,50	14,30
	4	25,60	29,40	34,00	27,80	32,30	35,10	29,00	40,00	38,60	12,00
	5	26,00	31,30	25,10	31,30	29,70	37,00	32,10	37,70	44,30	13,00
	6	25,10	31,40	37,70	31,50	34,40	37,70	31,40	37,70	45,10	12,60
BIII	1	24,00	26,80	33,30	26,50	36,30	34,00	25,00	36,20	42,50	15,00
	2	26,50	31,50	39,00	27,00	32,00	37,50	29,20	38,00	36,00	16,50
	3	26,00	33,00	31,00	30,50	38,00	38,00	26,50	36,80	36,00	16,00
	4	25,50	27,00	31,50	25,00	34,50	36,60	28,00	35,00	39,50	14,90
	5	24,90	25,80	32,40	25,50	37,30	33,50	25,10	37,20	43,50	14,40
	6	25,50	31,40	38,00	26,00	31,50	37,70	30,00	37,70	37,00	17,20
BIV	1	23,00	27,00	32,00	25,60	29,00	34,20	30,60	35,70	39,00	15,50
	2	27,20	35,50	31,50	27,00	32,20	32,00	27,00	33,40	38,50	18,00
	3	27,50	28,00	30,00	26,40	34,00	28,70	29,50	34,00	41,00	17,00
	4	24,90	34,00	33,00	29,00	33,00	31,00	31,00	30,50	37,90	18,50
	5	23,90	26,00	31,50	25,20	29,70	33,90	31,30	36,60	38,00	15,30
	6	26,30	36,30	31,40	26,00	31,50	31,50	26,00	32,50	37,80	18,80

Tabla 31. Evaluación del diámetro de plantones de café a los 30 días

Bloques	N° Plantas	Tratamientos 30 días (mm)									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
BI	1	1,48	1,48	1,48	1,42	1,48	1,53	1,42	1,42	1,48	1,48
	2	1,48	1,48	1,48	1,42	1,48	1,48	1,48	1,42	1,48	1,42
	3	1,42	1,48	1,42	1,48	1,42	1,42	1,48	1,48	1,48	1,42
	4	1,42	1,42	1,48	1,42	1,48	1,48	1,42	1,48	1,48	1,42
	5	1,39	1,42	1,45	1,45	1,45	1,42	1,45	1,51	1,48	1,39
	6	1,37	1,41	1,45	1,46	1,45	1,40	1,45	1,53	1,48	1,38
BII	1	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,53	1,53
	2	1,42	1,48	1,48	1,53	1,48	1,48	1,42	1,48	1,48	1,48
	3	1,42	1,48	1,48	1,48	1,53	1,53	1,48	1,53	1,48	1,42
	4	1,48	1,48	1,48	1,42	1,48	1,48	1,48	1,48	1,53	1,42
	5	1,45	1,48	1,48	1,42	1,51	1,51	1,48	1,51	1,51	1,36
	6	1,45	1,48	1,48	1,40	1,51	1,51	1,49	1,51	1,51	1,32
BIII	1	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,53	1,48	1,48	1,48
	2	1,48	1,48	1,53	1,48	1,53	1,53	1,48	1,53	1,48	1,48
	3	1,42	1,48	1,48	1,48	1,48	1,53	1,48	1,53	1,48	1,42
	4	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,53	1,42
	5	1,45	1,48	1,48	1,48	1,48	1,51	1,45	1,51	1,53	1,39
	6	1,45	1,48	1,47	1,48	1,47	1,51	1,44	1,51	1,55	1,37
BIV	1	1,42	1,42	1,48	1,48	1,53	1,53	1,48	1,48	1,48	1,48
	2	1,42	1,48	1,48	1,42	1,48	1,48	1,48	1,53	1,53	1,48
	3	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,42
	4	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,53	1,48
	5	1,51	1,51	1,48	1,48	1,45	1,45	1,48	1,48	1,53	1,45
	6	1,53	1,52	1,48	1,49	1,44	1,44	1,48	1,47	1,54	1,45

Tabla 32. Evaluación del diámetro de plantones de café a los 60 días

Bloques	N° Plantas	Tratamientos 60 días (mm)									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
BI	1	2,36	2,28	2,28	2,28	2,36	2,36	2,28	2,36	2,36	2,19
	2	2,36	2,36	2,36	2,28	2,36	2,36	2,28	2,36	2,80	2,19
	3	2,28	2,36	2,36	2,36	2,28	2,28	2,36	2,28	2,28	2,28
	4	2,28	2,28	2,28	2,28	2,36	2,36	2,28	2,36	2,36	2,19
	5	2,23	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,23
	6	2,20	2,32	2,32	2,33	2,31	2,31	2,33	2,31	3,00	2,24
BII	1	2,28	2,36	2,36	2,36	2,28	2,36	2,36	2,28	2,36	2,28
	2	2,36	2,28	2,28	2,36	3,17	2,28	2,48	2,36	2,28	2,19
	3	2,36	2,36	2,36	2,28	2,28	2,44	2,28	2,36	2,80	2,28
	4	2,28	2,36	2,36	2,36	2,28	2,36	2,28	2,44	3,17	2,19
	5	2,32	2,36	2,36	2,32	2,28	2,40	2,23	2,47	3,60	2,19
	6	2,32	2,37	2,37	2,31	1,93	2,42	2,36	2,52	3,60	2,17
BIII	1	2,28	2,28	2,28	2,28	2,36	2,19	2,36	2,28	2,28	2,28
	2	2,28	2,36	2,28	2,28	2,36	2,28	2,28	2,36	2,36	2,19
	3	2,36	2,36	2,28	2,36	2,28	2,28	2,28	2,36	2,44	2,28
	4	2,28	2,28	2,36	2,28	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	2,28
	5	2,32	2,32	2,36	2,32	2,32	2,40	2,32	2,40	2,44	2,28
	6	2,33	2,32	2,38	2,33	2,31	2,45	2,32	2,42	2,47	2,29
BIV	1	2,19	2,36	2,28	2,36	2,28	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36
	2	2,19	2,36	2,28	2,36	2,36	2,28	2,36	2,36	2,36	2,28
	3	2,28	2,36	2,28	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36
	4	2,36	2,28	2,36	2,28	2,28	2,36	2,28	2,36	2,36	2,28
	5	2,40	2,28	2,36	2,28	2,32	2,36	2,28	2,36	2,36	2,28
	6	2,45	2,25	2,38	2,25	2,32	2,37	2,25	2,36	2,36	2,26

Tabla 33. Evaluación del diámetro de plantones de café a los 90 días

Bloques	N° Plantas	Tratamientos 90 días (mm)									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
BI	1	3,96	3,96	3,96	3,96	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	3,76
	2	3,96	4,27	4,13	3,96	4,27	4,27	3,96	4,27	4,13	3,76
	3	3,96	3,96	4,27	3,96	4,27	4,27	4,13	4,27	4,39	3,76
	4	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	4,27	3,96	4,27	4,27	3,76
	5	3,96	3,96	4,13	3,96	3,96	4,27	3,87	4,27	4,33	3,76
	6	3,96	3,92	4,14	3,96	3,85	4,27	3,76	4,27	4,35	3,76
BII	1	3,96	3,96	3,96	3,76	4,27	4,27	3,96	4,27	3,96	3,76
	2	4,13	4,13	4,13	3,96	3,96	3,96	4,13	4,13	4,27	3,76
	3	4,13	4,13	4,27	3,96	4,27	4,27	4,13	4,27	4,27	3,96
	4	3,96	4,13	4,13	4,13	4,27	4,27	3,96	4,27	4,27	3,76
	5	4,05	4,20	4,27	4,20	4,27	4,27	4,05	4,27	4,39	3,87
	6	4,05	4,24	4,32	4,28	4,30	4,30	4,05	4,28	4,45	3,89
BIII	1	3,96	4,13	4,13	3,96	4,13	4,13	3,76	3,96	4,13	3,76
	2	3,96	3,96	3,96	4,13	3,96	4,27	3,96	4,27	4,27	3,76
	3	3,96	3,96	3,96	4,13	4,13	4,27	3,96	4,27	4,27	3,76
	4	4,13	4,13	4,13	3,96	4,13	4,13	4,13	4,27	4,27	3,76
	5	4,13	4,05	4,05	4,05	4,13	4,20	4,20	4,39	4,33	3,76
	6	4,17	4,05	4,05	4,05	4,14	4,20	4,28	4,45	4,37	3,76
BIV	1	3,76	4,13	3,96	3,96	3,96	4,39	3,96	4,13	4,13	3,76
	2	3,96	4,13	4,13	3,96	4,13	4,27	4,13	3,96	4,13	3,76
	3	4,13	4,27	4,27	3,96	4,27	4,13	4,13	4,27	4,27	3,96
	4	3,96	3,96	3,96	4,13	3,96	4,13	3,96	4,13	4,13	3,76
	5	4,13	4,05	4,13	4,13	4,13	3,96	4,05	4,20	4,20	3,87
	6	4,19	4,01	4,14	4,17	4,14	3,83	4,05	4,23	4,22	3,89

Tabla 34. Evaluación del diámetro de plantones de café a los 120 días

Bloques	N° Plantas	Tratamientos 120 días (mm)									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
BI	1	4,76	4,86	4,96	4,86	4,97	5,12	5,12	5,22	5,02	4,76
	2	4,86	4,81	5,12	5,02	5,02	5,12	5,02	5,12	6,00	4,76
	3	4,92	5,02	5,02	5,02	4,91	4,96	4,96	4,96	4,86	4,58
	4	4,86	4,86	4,86	4,76	5,02	5,02	4,86	5,12	4,97	4,76
	5	4,94	4,94	4,89	4,84	4,99	4,94	4,77	4,99	4,89	4,67
	6	4,98	4,91	4,85	4,81	4,99	4,89	4,68	4,94	6,23	4,65
BII	1	5,02	4,81	5,02	5,02	5,02	5,02	4,92	4,86	5,12	4,71
	2	5,70	6,59	4,76	4,76	4,96	4,86	5,02	5,12	4,96	4,53
	3	4,76	4,76	4,92	4,86	5,12	5,18	4,76	5,02	6,00	4,76
	4	4,86	4,76	5,02	5,02	5,02	5,12	5,02	5,28	6,64	4,53
	5	4,72	4,73	4,97	4,94	5,07	5,20	4,94	5,35	7,50	4,56
	6	4,47	4,01	4,99	4,95	5,09	5,26	4,94	5,46	7,47	4,52
BIII	1	4,86	4,86	4,86	5,02	4,63	5,02	5,02	4,86	4,86	4,76
	2	4,86	4,96	5,12	5,07	4,86	5,02	4,86	5,02	5,02	4,58
	3	5,02	5,12	5,12	4,96	4,97	4,96	4,86	5,02	5,28	4,76
	4	4,86	4,86	4,86	4,86	5,02	5,02	5,02	5,12	5,02	4,76
	5	4,94	4,99	4,99	4,82	5,18	4,99	4,94	5,20	5,23	4,76
	6	4,96	5,01	4,99	4,75	5,30	4,98	4,94	5,28	5,30	4,77
BIV	1	4,86	4,97	4,86	4,76	5,02	5,02	5,02	5,02	5,02	4,71
	2	4,97	5,02	4,96	5,02	4,92	4,91	4,97	5,12	5,12	4,76
	3	5,02	5,02	4,86	4,86	5,02	5,02	5,02	5,12	5,02	4,76
	4	4,76	4,81	4,92	4,86	4,96	5,02	4,81	5,02	5,12	4,76
	5	4,84	4,83	4,92	4,91	4,96	5,02	4,81	5,07	5,12	4,78
	6	4,81	4,78	4,93	4,92	4,94	5,03	4,74	5,07	5,14	4,80

Tabla 35. Evaluación del diámetro de plantones de café a los 150 días

Bloques	N° Plantas	Tratamientos 150 días (mm)									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
BI	1	5,02	5,82	5,22	4,96	7,73	6,79	5,05	6,66	6,66	4,87
	2	4,96	6,53	7,02	4,96	6,66	5,33	6,08	6,66	7,83	5,05
	3	4,96	5,10	4,86	5,02	6,53	5,80	5,05	6,44	6,44	4,58
	4	5,21	5,22	5,82	5,21	5,68	6,66	5,05	6,53	6,31	4,76
	5	5,18	4,99	5,40	5,24	5,08	6,16	5,05	6,42	6,20	4,71
	6	5,23	4,99	6,96	5,32	4,85	6,17	4,94	6,36	5,96	4,70
BII	1	4,86	5,00	6,53	4,91	4,81	6,53	4,76	6,66	6,94	5,02
	2	5,02	7,70	6,31	4,73	6,46	6,44	5,05	5,15	7,99	5,59
	3	5,22	5,56	6,73	4,96	5,17	6,66	4,58	7,80	7,83	4,76
	4	4,76	4,95	5,33	4,96	6,25	6,53	5,05	6,90	6,86	4,86
	5	4,84	5,23	5,41	4,99	6,67	6,59	4,96	7,80	7,30	4,72
	6	4,81	4,43	5,26	5,03	7,12	6,61	5,21	7,47	7,23	4,59
BIII	1	4,78	4,86	5,22	5,09	5,02	4,81	5,05	5,05	6,31	5,00
	2	4,73	5,15	5,87	4,78	5,68	5,05	5,00	5,22	5,22	5,00
	3	5,09	5,33	5,15	4,96	6,31	5,68	5,05	5,49	5,87	4,97
	4	4,96	5,68	5,87	5,09	5,22	5,80	5,12	6,53	6,66	4,76
	5	5,11	6,16	5,84	5,03	6,10	6,47	5,12	6,79	6,42	4,84
	6	5,20	6,57	5,96	5,04	6,36	6,99	5,14	7,30	6,58	4,84
BIV	1	4,97	4,86	5,22	4,92	6,53	6,53	4,92	6,31	7,83	4,91
	2	5,22	6,31	5,82	5,22	7,01	5,99	5,68	7,09	6,66	4,84
	3	5,22	4,95	6,53	4,95	5,87	6,53	4,97	5,68	7,99	4,96
	4	5,00	5,05	5,00	4,95	5,22	5,99	4,95	6,40	6,53	4,84
	5	5,34	5,31	5,62	5,46	5,02	5,99	5,28	6,08	6,59	4,87
	6	5,47	5,36	5,61	5,73	5,03	5,88	5,49	5,96	6,33	4,86

Tabla 38. Evaluación del número de hojas de plántones de café a los 90 días

Bloques	N° Plantas	Tratamientos 90 días (hojas/planta)									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
BI	1	6	6	6	6	8	8	6	8	8	6
	2	6	6	6	6	8	8	6	8	8	6
	3	6	6	6	6	8	8	6	8	8	6
	4	6	6	6	6	8	8	6	8	8	6
	5	6	6	6	6	8	8	6	8	8	6
	6	6	6	6	6	8	8	6	8	8	6
BII	1	6	8	8	6	8	8	6	8	8	6
	2	6	8	8	6	8	8	6	8	8	6
	3	6	8	8	6	8	8	6	8	8	6
	4	6	8	8	6	8	8	6	8	8	6
	5	6	8	8	6	8	8	6	8	8	6
	6	6	8	8	6	8	8	6	8	8	6
BIII	1	6	8	8	6	8	8	6	8	8	6
	2	6	8	8	6	8	8	6	8	8	6
	3	6	8	8	6	8	8	6	8	8	6
	4	6	8	8	6	8	8	6	8	8	6
	5	6	8	8	6	8	8	6	8	8	6
	6	6	8	8	6	8	8	6	8	8	6
BIV	1	6	6	8	6	8	8	6	8	8	6
	2	6	6	8	6	8	8	6	8	8	8
	3	6	6	8	6	8	8	6	8	8	6
	4	6	6	8	6	8	8	6	8	8	4
	5	6	6	8	6	8	8	6	8	8	4
	6	6	6	8	6	8	8	6	8	8	4

Tabla 39. Evaluación del número de hojas de plántones de café a los 120 días

Bloques	N° Plantas	Tratamientos 120 días (hojas/planta)									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
BI	1	8	10	10	10	10	10	10	10	12	8
	2	8	10	10	10	10	10	10	10	12	8
	3	8	10	10	10	10	10	10	10	12	8
	4	8	10	10	10	10	10	10	10	12	8
	5	8	10	10	10	10	10	10	10	12	8
	6	8	10	10	10	10	10	10	10	12	8
BII	1	10	10	10	10	10	10	10	10	12	8
	2	10	10	10	10	10	10	10	10	12	8
	3	10	10	10	10	10	10	10	10	12	8
	4	10	10	10	10	10	10	10	10	12	8
	5	10	10	10	10	10	10	10	10	12	8
	6	10	10	10	10	10	10	10	10	12	8
BIII	1	8	10	10	10	10	10	10	10	12	8
	2	8	8	10	10	10	10	8	10	12	6
	3	8	12	10	10	10	10	12	10	12	10
	4	8	10	10	10	10	10	10	10	12	8
	5	8	11	10	10	10	10	11	10	12	9
	6	8	11	10	10	10	10	11	10	12	9
BIV	1	8	10	10	10	10	10	10	12	12	10
	2	8	10	10	10	10	10	10	12	12	8
	3	8	10	10	10	10	10	10	12	12	6
	4	8	10	10	10	10	10	10	12	12	8
	5	8	10	10	10	10	10	10	12	12	6
	6	8	10	10	10	10	10	10	12	12	5

Tabla 40. Evaluación del número de hojas de plántones de café a los 150 días

Bloques	N° Plantas	Tratamientos 150 días (hojas/planta)									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
BI	1	10	12	12	12	10	14	12	14	14	10
	2	10	12	12	12	12	14	12	14	14	10
	3	12	14	14	14	14	16	14	16	16	12
	4	13	15	15	15	17	17	15	17	17	13
	5	14	16	13	13	16	18	16	18	18	14
	6	10	12	12	12	16	14	12	14	14	10
BII	1	12	12	12	12	14	14	12	14	14	10
	2	12	14	14	14	14	16	14	16	16	12
	3	13	15	15	15	17	17	15	17	17	13
	4	14	16	13	16	16	18	16	18	18	12
	5	12	12	13	12	14	14	12	14	16	10
	6	12	12	12	12	14	14	12	14	18	10
BIII	1	12	14	14	14	14	16	14	16	16	12
	2	13	15	15	15	17	17	15	17	17	13
	3	14	14	16	12	16	18	16	18	18	14
	4	12	14	16	12	12	14	12	14	14	10
	5	12	14	16	12	12	14	12	14	14	12
	6	12	15	12	12	12	14	12	14	14	13
BIV	1	12	12	15	12	12	12	12	14	17	10
	2	12	12	14	12	15	10	12	14	16	10
	3	12	14	14	14	14	16	14	16	16	12
	4	13	15	15	15	17	17	15	17	17	13
	5	14	16	16	16	16	18	16	18	18	10
	6	12	12	16	12	15	15	12	14	18	10

Tabla 41. Evaluación de la longitud de raíz de plántones de café

Bloques	N° Plantas	Tratamientos Longitud de raíz (cm)									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
BI	1	24,00	30,00	32,00	22,30	26,30	32,47	22,60	30,20	25,50	22,00
	2	26,00	29,50	25,50	21,00	28,40	32,00	25,00	28,00	30,20	25,30
	3	25,50	25,30	28,00	26,10	30,00	30,10	23,10	32,50	38,40	24,00
	4	23,00	29,00	29,00	24,00	27,00	29,60	25,40	29,80	29,00	21,00
	5	23,80	26,70	27,00	25,90	28,90	28,40	25,70	31,00	35,50	22,00
	6	23,40	25,90	26,40	26,90	29,20	27,40	26,30	31,30	37,30	21,60
BII	1	24,00	28,40	26,00	22,00	32,40	26,30	25,30	30,00	26,00	21,50
	2	21,50	31,00	31,50	21,80	28,00	28,00	26,00	31,00	31,00	20,00
	3	21,50	30,20	26,00	20,00	27,20	26,70	22,00	29,40	31,80	24,50
	4	22,00	25,00	29,50	26,30	30,50	31,30	24,20	30,50	32,00	19,90
	5	20,80	25,90	29,50	25,30	27,90	31,50	22,60	30,20	34,90	21,40
	6	20,20	24,80	30,00	26,40	27,30	32,90	21,80	30,20	36,80	21,40
BIII	1	25,00	31,00	30,00	26,40	29,50	27,30	21,00	26,50	32,40	21,00
	2	24,00	32,50	26,60	28,50	28,00	26,00	23,70	27,00	31,00	20,40
	3	23,50	26,40	26,00	26,50	26,70	29,80	27,20	28,20	30,20	19,80
	4	24,50	27,00	29,50	24,00	31,20	30,00	25,00	31,00	29,60	22,00
	5	23,80	24,70	27,50	24,10	29,80	31,30	28,10	31,90	28,50	21,40
	6	23,60	22,90	27,30	23,10	30,20	32,40	29,70	33,30	27,60	21,60
BIV	1	23,50	30,00	28,50	26,00	25,50	31,00	31,00	29,50	29,80	22,00
	2	25,50	25,80	29,00	27,00	24,00	30,20	28,60	31,10	30,00	19,00
	3	23,00	27,50	25,70	24,80	29,30	29,50	25,90	32,60	31,50	18,90
	4	23,90	28,40	30,00	24,50	30,00	30,00	24,00	29,30	34,00	22,20
	5	23,70	27,20	28,60	23,90	31,90	29,30	21,50	30,90	34,90	20,70
	6	23,50	26,80	28,70	23,20	33,80	28,90	19,10	30,90	36,30	20,70

Tabla 42. Evaluación del volumen de raíz de plantones de café

Bloques	N° Plantas	Tratamientos Volumen de raíz (cm3)									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
BI	1	5,00	7,00	9,00	5,00	12,00	9,00	5,00	13,00	14,00	4,00
	2	3,40	9,00	7,00	3,20	8,00	7,60	6,00	10,60	11,00	3,50
	3	5,00	5,30	8,00	5,40	6,00	9,00	4,80	9,70	10,50	3,00
	4	3,00	8,10	10,00	3,00	7,00	13,00	5,00	7,00	10,00	4,20
	5	4,70	6,30	9,90	4,70	11,20	9,90	4,70	12,10	13,90	4,70
	6	4,40	9,90	6,30	4,20	8,20	7,40	5,00	11,00	11,00	4,40
BII	1	6,00	9,00	9,00	6,20	9,00	9,00	7,40	12,00	9,00	4,50
	2	5,70	8,00	10,00	5,60	11,30	11,00	6,10	10,00	12,00	4,80
	3	8,30	7,20	7,00	9,00	5,00	10,10	5,00	8,40	10,00	3,60
	4	7,00	6,80	6,10	7,10	10,20	8,60	9,00	8,00	11,00	3,40
	5	5,00	9,90	9,90	5,20	9,90	9,90	7,00	11,20	9,90	4,70
	6	4,90	8,20	10,80	4,80	11,00	11,00	5,10	10,80	11,20	4,70
BIII	1	5,00	6,00	8,00	7,60	9,00	10,00	6,00	12,00	12,00	3,60
	2	6,00	7,00	6,20	4,50	5,30	9,00	5,20	10,00	10,00	4,40
	3	4,80	6,40	9,00	3,90	9,00	11,10	5,00	8,50	12,00	4,20
	4	6,10	7,20	5,60	5,00	6,00	6,80	9,00	8,00	9,00	4,00
	5	4,70	5,00	8,20	7,40	9,90	10,80	5,00	11,20	11,20	4,50
	6	5,00	6,30	5,20	4,70	4,80	9,90	4,70	10,80	10,80	4,70
BIV	1	4,00	4,80	8,00	3,90	5,40	5,30	4,70	10,00	7,00	3,40
	2	3,70	8,00	4,90	5,00	8,00	9,00	6,00	6,00	9,00	3,70
	3	4,60	6,00	6,60	4,50	6,00	8,00	5,40	7,00	12,00	4,00
	4	3,80	5,00	6,10	4,10	9,00	5,00	4,80	5,30	10,00	4,30
	5	4,70	4,70	8,20	4,60	4,80	4,80	4,70	10,80	6,30	4,40
	6	4,60	8,20	4,70	4,70	8,20	9,90	5,00	5,00	9,90	4,60

Tabla 43. Evaluación del peso fresco de plantones de café

Bloques	N° Plantas	Tratamientos Peso fresco (g)									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
BI	1	26,10	30,20	25,30	21,00	22,60	36,80	26,00	38,90	45,50	20,90
	2	19,90	24,60	31,20	19,00	20,10	30,10	29,80	35,00	33,20	18,10
	3	21,40	26,00	20,10	26,70	24,90	32,20	31,00	40,70	27,80	14,40
	4	15,20	25,80	18,00	25,00	35,90	34,40	16,00	30,30	26,30	18,00
	5	25,28	31,14	25,13	20,16	23,17	37,58	25,24	37,97	44,50	20,01
	6	19,03	25,11	31,41	18,85	19,15	31,07	30,80	35,43	32,22	18,78
BII	1	21,00	19,80	25,40	20,80	24,30	31,30	25,30	34,10	41,40	16,80
	2	16,80	25,00	22,00	24,20	34,20	38,00	17,90	41,30	40,70	15,10
	3	18,50	24,00	26,70	25,00	21,00	15,60	28,00	45,20	34,00	12,00
	4	19,70	34,70	34,00	28,30	30,00	26,90	31,60	39,30	41,30	14,30
	5	20,16	18,99	25,14	19,87	25,04	31,42	25,13	33,66	41,93	17,69
	6	17,69	25,13	22,01	25,00	33,85	37,70	18,71	41,74	40,56	14,53
BIII	1	24,50	26,20	22,30	23,40	27,70	34,40	19,00	32,00	41,00	11,80
	2	17,50	18,80	24,90	18,00	25,00	27,60	31,20	23,30	40,60	18,00
	3	21,00	26,80	31,40	24,50	25,20	21,40	24,70	36,20	35,80	17,90
	4	22,80	35,10	26,00	23,90	27,00	22,60	22,00	20,50	30,00	21,60
	5	25,09	25,32	22,60	24,39	27,16	34,24	18,85	31,45	41,16	12,49
	6	18,48	18,85	25,13	18,75	25,13	26,98	31,41	24,27	40,36	18,75
BIV	1	16,90	24,60	30,10	17,40	20,80	34,50	18,60	28,50	41,80	13,80
	2	22,50	19,10	26,70	19,00	36,80	26,00	20,00	30,00	33,00	17,40
	3	20,30	29,00	22,00	23,80	30,60	19,80	25,00	22,90	39,80	12,80
	4	22,60	35,60	25,30	27,00	21,20	31,00	28,90	33,60	30,00	17,70
	5	17,83	25,11	31,07	18,39	19,87	34,44	18,85	28,72	42,62	12,86
	6	22,99	18,85	25,70	18,85	37,58	25,24	19,09	30,99	32,00	18,39

Tabla 44. Evaluación del peso seco de plántones de café

Bloques	N° Plantas	Tratamientos Peso seco (g)									
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀
BI	1	4,00	6,90	5,60	5,30	9,60	9,70	5,40	10,00	11,50	3,00
	2	4,10	4,80	9,20	5,10	7,90	9,50	4,90	5,80	12,00	2,90
	3	3,50	6,10	8,70	6,00	6,60	8,00	3,90	6,70	12,10	3,20
	4	3,70	8,00	6,40	3,90	8,60	8,20	4,60	6,60	10,60	3,90
	5	4,76	6,32	6,23	6,13	9,77	9,97	6,17	10,54	12,38	2,86
	6	4,92	5,80	8,98	6,03	6,90	9,58	5,88	6,26	12,54	2,66
BII	1	4,10	5,80	7,50	4,40	8,70	5,00	4,20	12,30	11,60	3,00
	2	3,80	8,00	7,90	4,00	9,60	8,00	5,00	10,00	13,00	3,90
	3	3,70	5,60	8,30	3,10	4,20	10,90	4,80	10,10	13,20	4,00
	4	4,00	6,00	6,90	3,40	6,50	9,70	3,90	11,00	11,00	4,20
	5	4,92	6,26	6,56	5,35	8,04	5,96	5,07	12,56	12,42	2,86
	6	4,41	7,01	6,90	4,76	9,77	7,01	5,96	10,54	12,58	4,59
BIII	1	4,30	7,90	6,90	4,00	7,00	8,10	7,50	9,80	10,00	4,00
	2	5,00	6,70	5,40	6,60	6,20	8,00	6,90	6,70	10,60	4,20
	3	4,90	5,90	7,70	7,70	8,60	7,50	6,00	9,50	9,90	4,50
	4	6,70	6,00	8,80	6,60	7,40	6,90	5,80	5,80	9,60	3,70
	5	5,22	6,90	6,32	4,76	6,34	7,13	6,56	10,17	10,54	4,76
	6	5,96	6,30	6,17	6,29	6,28	7,01	6,32	6,30	11,52	5,07
BIV	1	5,00	7,20	8,00	5,60	5,60	7,70	6,20	6,90	11,40	3,90
	2	5,10	6,00	7,50	5,00	8,90	6,50	5,80	10,00	6,70	4,50
	3	4,90	6,50	6,40	4,90	6,00	7,70	5,20	9,90	10,70	4,30
	4	5,70	5,80	5,80	5,80	6,40	8,80	5,40	8,50	7,30	3,50
	5	5,96	6,41	7,01	6,23	6,23	6,71	6,28	6,32	12,32	4,59
	6	6,03	6,28	6,56	5,96	8,40	6,28	6,26	10,54	6,30	5,48

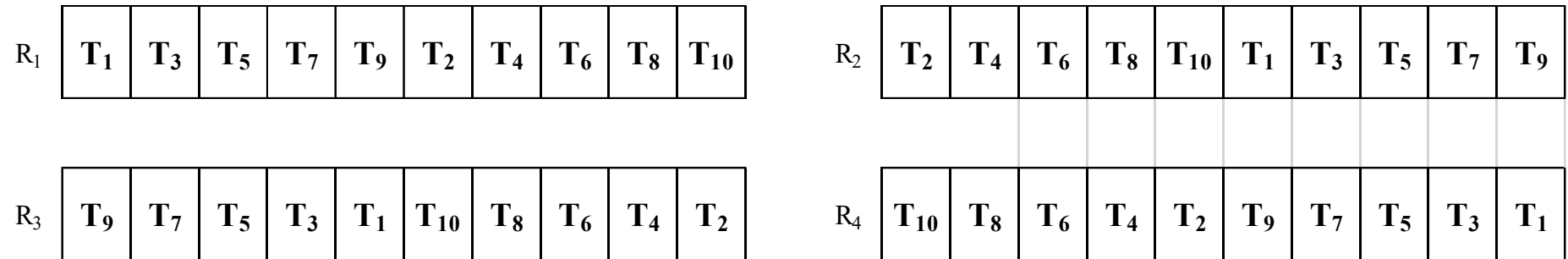


Figura 16. Croquis del campo experimental.

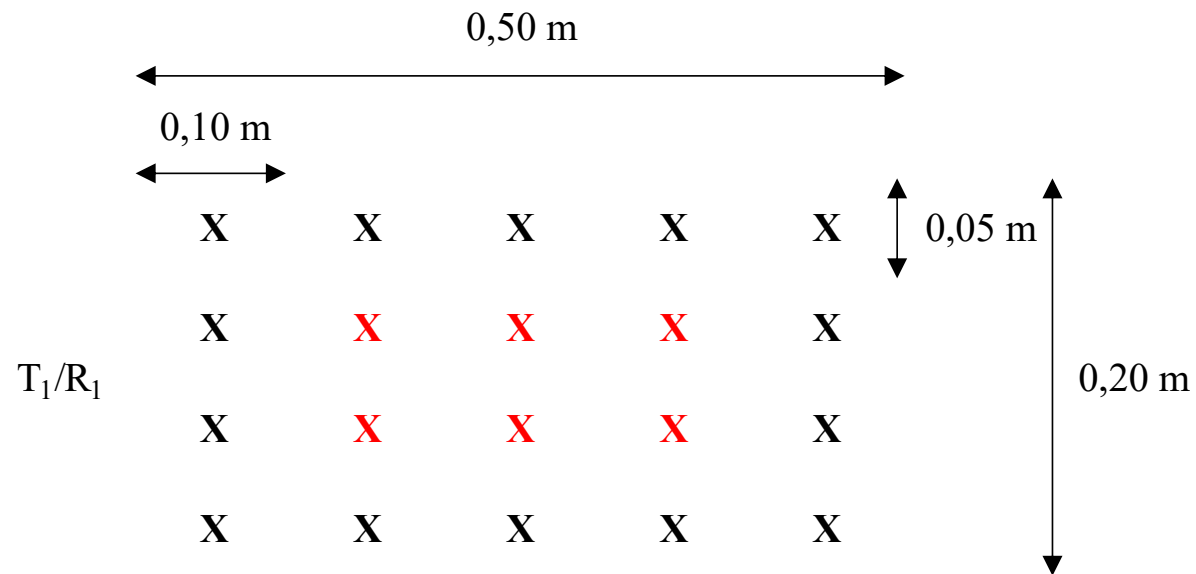


Figura 17. Croquis de una unidad experimental dentro de un tratamiento

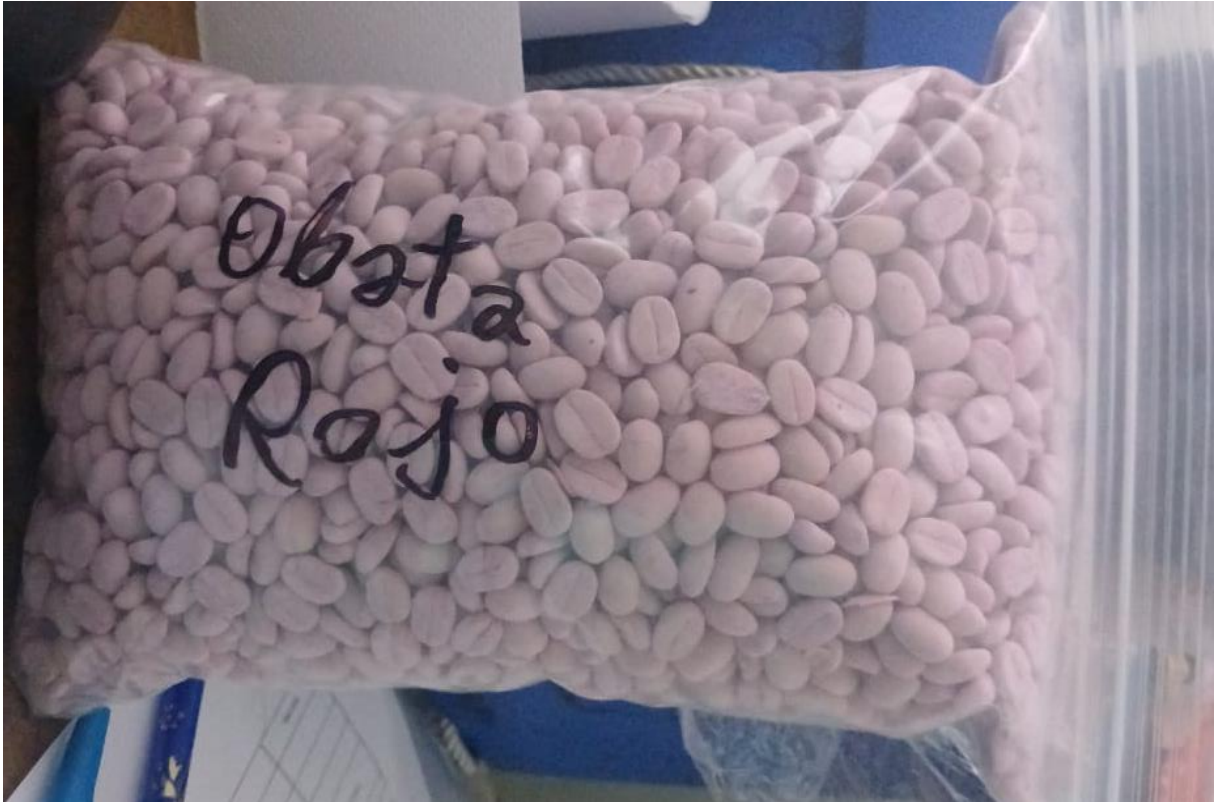


Figura 18. Semilla de café



Figura 19. Plantines listos para el trasplante



Figura 20. Llenado de bolsas



Figura 21. Traslado de bolsas al vivero y distribuidas según el croquis



Figura 22. Evaluaciones de altura



Figura 23. Evaluaciones de altura



Figura 24. Plantas sacrificadas para las evaluaciones finales



Figura 25. Separación de las hojas y medida del volumen de raíces



Figura 26. Muestras en la estufa, para peso seco