

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



**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE ENMIENDAS MICROBIANAS AL SUELO EN
EL CRECIMIENTO DE PLANTONES DE *Theobroma cacao***

Tesis

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

**PRESENTADO POR:
JHON JAIRO NUÑEZ BUSTAMANTE**

**Asesor:
GIANNFRANCO EGOÁVIL JUMP**

Tingo María – Perú

2024



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE AGRONOMÍA



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

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

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N° 003-2024-FA-UNAS

BACHILLER : JHON JAIRO NUÑEZ BUSTAMANTE

TÍTULO : "EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ENMIENDAS
MICROBIANAS AL SUELO EN EL CRECIMIENTO DE
PLANTONES DE *Theobroma cacao*"

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
VOCAL : M.Sc. LUIS GERMAN MANSILLA MINAYA
VOCAL : Ing. OSCAR ESMAEL CABEZAS HUAYLLAS

ASESOR : M.Sc. GIANNFRANCO EGOAVIL JUMP

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 07/02/2024

HORA DE SUSTENTACIÓN : 03:00 P.M.

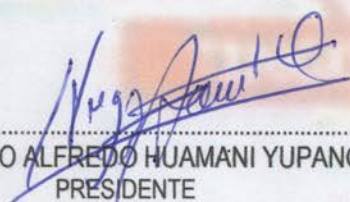
LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA AUDIVISUAL DE LA F.A


CALIFICATIVO : REGULAR

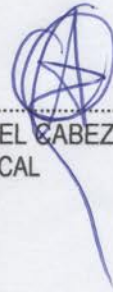
RESULTADO : APROBADO


OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 07 DE FEBRERO DE 2024


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


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


.....
Ing. OSCAR ESMAEL CABEZAS HUAYLLAS
VOCAL


.....
M.Sc. GIANNFRANCO EGOAVIL JUMP
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN - DGI
REPOSITORIO INSTITUCIONAL - UNAS
Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 216 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Agronomía

Tipo de documento:

Tesis

X

Trabajo de Suficiencia Profesional

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE ENMIENDAS MICROBIANAS AL SUELO EN EL CRECIMIENTO DE PLANTONES DE Theobroma cacao	JHON JAIRO NUÑEZ BUSTAMANTE	15 % Quince

Tingo María, 02 de julio de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Mallqui
JEFE

C.C. Archivo

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



**Efecto de la aplicación de enmiendas microbianas al suelo en el crecimiento de plantones
de *Theobroma cacao***

Área de investigación : Ciencias agrícolas

Línea (s) de investigación : Propagación de plantas y sistemas de producción agrícola

Eje temático de investigación : Propagación de plantones

Autor : Jhon Jairo Nuñez Bustamante

Asesor : M. Sc. Giannfranco Egoávil Jump

Lugar de ejecución : Vivero “El Agrónomo” Facultad de Agronomía (UNAS)

Duración del trabajo : 10 Meses

Financiamiento : S/ 4 542,00

Tingo María – Perú. Febrero, 2024



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

**FORMATO PARA REGISTRAR EL PROYECTO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO UNIVERSITARIO**

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la selva
Facultad : Agronomía
Escuela profesional : Agronomía
Departamento académico : Académico de Ciencias Agrarias
Título de la tesis : Efecto de la aplicación de enmiendas microbianas al suelo en el crecimiento de plántones de *Theobroma cacao*
Objetivo general : Determinar el efecto de la aplicación de enmiendas microbianas (Bacthon y Tricho-D) en el crecimiento de los plántones de cacao

Autor de la tesis : Jhon Jairo Nuñez Bustamante
DNI : 70246618
Correo electrónico : Jhon.nunez@unas.edu.pe
Asesores : 1. M. Sc. Giannfranco Egoávil Jump
Área de investigación : Ciencias agrícolas
Grupo de investigación : Plantas agrícolas, medicinales, ornamentales y florísticas (PLAMOF)
Línea de investigación : Propagación de plantas y síntomas de producción agraria
Lugar de ejecución : Vivero “El Agrónomo” – Facultad de Agronomía – UNAS
Fecha de inicio : Setiembre del 2019
Fecha de finalización : Enero del 2020
Presupuesto : S/. 4 542,00
Financiamiento : Propio (x) FIF () Externo (x)

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

DEDICATORIA

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mis padres, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

Gracias a mis hijas por haber nacido de las cuales estoy orgulloso, con mi apoyo moral y emocional constante, que me ha permitido ser una persona de bien,

Gracias a mi esposa por entenderme en todo, gracias porque en todo instante fue un acompañamiento incondicional en mi vida,

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, mi Alma Mater, por su invaluable contribución a mi desarrollo profesional.
- A los distinguidos profesores de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quienes desempeñaron un papel fundamental como guías académicos, impartiendo conocimientos esenciales y proporcionando valiosos consejos que han forjado la base de mi preparación como profesional comprometido con el servicio a la sociedad.
- Al M. Sc. Giannfranco Egoávil Jump, mi asesor, por su inquebrantable apoyo en todas las etapas de la instalación, ejecución, conducción y redacción del informe final de este trabajo de investigación.
- Al jurado de tesis, encabezados por el Dr. Hugo Huamani Yupanqui como presidente, y los miembros del jurado, Ing. Oscar Esmael Cabezas Huayllas y M. Sc. Luis Germán Mansilla Minaya, les agradezco sinceramente por sus oportunas sugerencias, orientación durante la revisión y supervisión constante que contribuyeron significativamente a la culminación exitosa de mi tesis.
- A la Ing. Wilma Gonzales Toscano, técnica del Laboratorio de Entomopatógenos, por facilitar los espacios necesarios para llevar a cabo las mediciones de las enmiendas microbianas en el experimento.
- A la M Sc. Erica Guisella Merino Maguiña, responsables del vivero El Agrónomo de la Facultad de Agronomía, por brindarnos el ambiente y el espacio necesario en el vivero para la ejecución de la tesis.
- Al Ing. Manuel Paredes Arce, técnico del Laboratorio de Análisis de Calidad de Semillas, por facilitar el espacio para las evaluaciones finales del experimento.
- Al a los alumnos que llevaron el curso de fitopatología general, promoción 2016

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades del <i>Theobroma cacao</i> L.....	3
2.1.1. Condiciones edafoclimáticas	4
2.1.2. Propagación del cultivo de cacao	4
2.1.2.1. Propagación sexual	4
2.1.2.2. Propagación asexual.....	5
2.2. Promotores de crecimiento	5
2.2.1. Bacterias promotoras del crecimiento	6
2.2.2. Micorrizas.....	6
2.3. <i>Trichoderma</i> spp como promotor de crecimiento de plantas	6
2.3.1. Importancia de <i>Trichoderma</i>	6
2.3.2. Mecanismo de acción <i>Trichoderma</i>	7
2.3.3. <i>Trichoderma</i> como bioestimulante en los plantones	7
2.4. Enmiendas microbianas	8
2.4.1. Bacterias	8
2.4.1.1. <i>Azospirillum brasilense</i>	9
2.4.1.2. <i>Azotobacter chroococcum</i>	10
2.4.1.3. <i>Lactobacillus acidophilus</i>	10
2.4.1.4. <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	11
2.5. Tratamientos en estudio.....	11
2.5.1. Tricho-D	11
2.5.2. Bacthon.....	13
2.6. Estado del arte.....	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Lugar de ejecución.....	19
3.1.1. Zona de vida	19
3.1.2. Análisis inicial del suelo.....	19
3.1.3. Registro meteorológico	20
3.1.4. Procedencia de materiales vegetales	21

3.1.5.	Procedencia de los productos	21
3.2.	Análisis estadístico	21
3.2.1.	Componentes en estudio.....	21
3.2.2.	Tratamientos en estudio.....	21
3.2.3.	Diseño experimental	21
3.2.4.	Características del campo experimental	22
3.2.5.	Croquis del experimento.....	24
3.2.6.	Dosificación.....	24
3.2.7.	Análisis estadístico	25
3.2.8.	El error estándar de la media (EEM).....	26
3.2.9.	Regresión lineal	27
3.2.10.	Coefficiente de determinación	27
3.2.11.	Caja y bigotes (Box-Plot)	27
3.2.12.	VARIABLES A EVALUAR	28
3.3.	Metodología.....	28
3.3.1.	Análisis físico-químico y microbiológico de los sustratos.....	28
3.3.2.	Altura, diámetro y número de hojas de plántulas de cacao	29
3.3.3.	Área foliar.....	30
3.3.4.	Clorofila.....	31
3.3.5.	Longitud y volumen de raíces	32
3.3.6.	Peso fresco y seco.....	33
3.3.7.	Análisis foliar	33
3.3.8.	Análisis económico	33
3.4.	Ejecución del experimento	34
3.4.1.	Limpieza	34
3.4.2.	Preparación de sustrato.....	34
3.4.3.	Embolsado y acomodo de bolsas.....	35
3.4.4.	Desinfección de semillas y siembra de bolsas.....	36
3.4.5.	Riegos	36
3.4.6.	Control de malezas	37
3.4.7.	Aplicación de los productos biológicos.....	37
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
4.1.	Características químicas y microbianas del suelo.	39
4.1.1.	Análisis del suelo.....	39

4.1.2.	Análisis microbiano.....	42
4.2.	Crecimiento de los plántones de cacao (Altura, diámetro, número de hojas, clorofila, área foliar, longitud y volumen de raíces, peso fresco y seco)	44
4.2.1.	Altura, diámetro y número de hojas	44
4.2.2.	Clorofila, área foliar, longitud y volumen de raíces, peso fresco y seco de plántones de cacao.	53
4.3.	Análisis foliar.....	62
4.4.	Correlación de Pearson de las variables en estudio	65
4.5.	Costo beneficio e índice de rentabilidad de los tratamientos en estudio	74
V.	CONCLUSIONES	76
VI.	PROPUESTAS A FUTURO.....	77
VII.	REFERENCIAS.....	78
	ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Análisis físico – químico inicial del suelo	20
2. Datos meteorológicos durante la ejecución del trabajo 2019-2020	20
3. Componentes en estudio	21
4. Tratamientos en estudio	21
5. Dosis de los tratamientos (ml o g) por aplicación y en todo el experimento	25
6. Modelo del análisis de varianza con unidades de muestreo.....	26
7. Modelo del Análisis de Variancia	26
8. Variables y métodos del análisis químico del suelo.....	29
9. Métodos y medios utilizados para cuantifica macroorganismos.....	29
10. Tiempos de la aplicación de las enmiendas microbianas	38
11. Cuadrados medios del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) corresponden al análisis químico del suelo realizado 90 días después de la siembra	40
12. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) para el análisis químico final del suelo evaluado a los 90 días después de la siembra, presentado como Media \pm Error estándar.....	40
13. Cuadrados medios del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para el análisis microbiológico del suelo, realizado a los 90 días después de la siembra	42
14. Cuadrados medios del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de la altura (cm), diámetro (mm) y número de hojas de los plantones de cacao, a los 90 días después de la instalación	45
15. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de la altura (cm), diámetro (mm) y número de hojas de plantones de cacao, evaluado a los 90 días después de la instalación (Media \pm Error estándar).....	45
16. Cuadrado medios del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de clorofila, área foliar, longitud y volumen de raíces, peso fresco y seco de plantones de cacao evaluados a los 90 días después de la siembra	55
17. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de clorofila, área foliar, longitud e volumen de raíces, peso fresco y seco de plantones de cacao evaluados a los 90 días después de la siembra, expresados en Media \pm Error estándar.	55
18. Cuadrados medios del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para el análisis químico de las hojas de las plántulas de cacao evaluado a los 90 días después de la siembra	64
19. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) para el análisis químico de las hojas de las plántulas de cacao evaluadas a los 90 días después de la siembra (Media \pm Error estándar)	64

20.	Correlación de Pearson, coeficientes/probabilidades de las características en estudio, Tratamiento T1 (Testigo).....	66
21.	Correlación de Pearson, coeficientes/probabilidades de las características en estudio, Tratamiento T2 (Bachon)	68
22.	Correlación de Pearson, coeficientes/probabilidades de las características en estudio, Tratamiento T3 (Tricho-D).....	71
23.	Correlación de Pearson, coeficientes/probabilidades de las características en estudio, Tratamiento T4 (Bachon + Tricho-D)	73
24.	Análisis de beneficio y costo de los tratamientos en estudio	75
25.	Evaluación de altura de plántones de cacao bloque I.....	92
26.	Evaluación de altura de plántones de cacao bloque II	93
27.	Evaluación de altura de plántones de cacao bloque III	94
28.	Evaluación de diámetro del tallo de plántones de cacao bloque I.....	95
29.	Evaluación de diámetro del tallo de plántones de cacao bloque II	96
30.	Evaluación de diámetro del tallo de plántones de cacao bloque III.....	97
31.	Evaluación de número de las hojas de plántones de cacao bloque I.....	98
32.	Evaluación de número de las hojas de plántones de cacao bloque II.....	99
33.	Evaluación de número de las hojas de plántones de cacao bloque III	100
34.	Evaluación de clorofila y área foliar de hojas de plántones de cacao	101
35.	Evaluación raíces (Longitud y volumen), peso (Fresco y seco) de plántones de cacao.....	101
36.	Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de altura de plántones de cacao a los 30 días.....	102
37.	Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de altura de plántones de cacao a los 45 días.....	102
38.	Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de altura de plántones de cacao a los 60 días.....	102
39.	Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de altura de plántones de cacao a los 75 días.....	102
40.	Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de altura de plántones de cacao a los 90 días.....	102
41.	Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de diámetro de plántones de cacao a los 30 días	103
42.	Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de diámetro de plántones de cacao a los 45 días	103
43.	Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de diámetro de plántones de cacao a los 60 días	103
44.	Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de diámetro de plántones de cacao a los 75 días	103
45.	Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de diámetro de plántones de cacao a los 90 días	103
46.	Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del número de hojas de plántones de cacao a los 30 días	104

47.	Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del número de hojas de plántones de cacao a los 45 días	104
48.	Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del número de hojas de plántones de cacao a los 60 días	104
49.	Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del número de hojas de plántones de cacao a los 75 días	104
50.	Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del número de hojas de plántones de cacao a los 90 días	104
51.	Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de clorofila A de hojas de plántones de cacao	105
52.	Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de clorofila B de hojas de plántones de cacao	105
53.	Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de clorofila total de hojas de plántones de cacao	105
54.	Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de longitud de raíces de plántones de cacao	105
55.	Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de longitud de raíces de plántones de cacao	105
56.	Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de peso fresco de plántones de cacao	106
57.	Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de peso seco de plántones de cacao	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ubicación del vivero donde se desarrolló el experimento	19
2. Croquis del experimento	24
3. Croquis de una unidad experimental dentro del tratamiento	24
4. Evaluaciones del crecimiento de plántulas de cacao: a. Altura y b. Diámetro	30
5. Área foliar: a. Dibujo de las siluetas de las hojas en papel bond y b. Corte de las siluetas de las hojas dibujadas.....	30
6. Evaluación de clorofila: a. Molido de hojas, b. Papel filtro, c. Filtrado del extracto y d. Extractos en tubos de ensayo	31
7. Evaluación de raíces de plántulas de cacao: a. Lavado de raíces, b. Medida de volumen de raíces y c. Longitud de raíces	32
8. Preparación de sustrato: a. Extendido de suelo para que seque, b. Tamizado de suelo, c. Haciendo hervir agua para desinfectar y d. Aplicando agua caliente al suelo para su desinfección.	34
9. Labores de embolsado y ordenamiento de bolsas en vivero: a. Llenado de bolsas, b. Ordenamiento de bolsas según tratamiento y c. Bolsas ordenadas según croquis.....	35
10. Tiempo de aplicación de los productos biológicos de acuerdo a los tratamientos mencionados: a. Medida de productos y b. Aplicación de productos	37
11. Macroorganismos del suelo en respuesta a los tratamientos, realizado a los 90 días después de la siembra.....	43
12. Altura de los plántulas de cacao a los 30, 45, 60, 75 y 90 días posteriores a la siembra, con respecto a los tratamientos en estudio	47
13. Altura de los plántulas de cacao a los 90 días de la siembra, con respecto a los tratamientos en estudio.....	48
14. Evaluación del diámetro del tallo de los plántulas de cacao a los 30, 45, 60, 75 y 90 días después de la siembra, con respecto a los tratamientos en estudio.....	49
15. Diámetro del tallo de los plántulas de cacao evaluados después de 90 días de la siembra, con respecto a los tratamientos en estudio	50
16. Evaluación del número de hojas de plántulas de cacao evaluados a los 30, 45, 60, 75 y 90 días después de la siembra, con respecto a los tratamientos en estudio.....	52
17. Número de hojas de plántulas de cacao evaluadas 90 días después de la siembra, con respecto a los tratamientos en estudio	53

18. Clorofila en las hojas de los plántones de cacao evaluados a los 90 días después de la siembra, con respecto a los tratamientos en estudio.....	56
19. Área foliar de los plántones de cacao evaluados después de 90 días de la siembra, llevada a cabo en enero de 2020 en el Laboratorio de Semillas de la Facultad de Agronomía.....	58
20. Longitud y volumen de las raíces de los plántones de cacao a los 90 días después de la siembra (X) representa longitud de raíces (Y) el volumen de raíces	59
21. Evaluación de peso de plántones de cacao a los 90 días después de la siembra, peso fresco (X) y peso seco (Y).	61
22. Preparación de sustratos: a. tamizado de tierra, b. tierra tamizado, c. desinfección de tierra y d. ordenamiento de bolsas.....	106
23. Crecimientos de plantas de cacao	107
24. Comparación de plántones de los diferentes tratamientos	107
25. Evaluación de área foliar.....	108
26. Preparación para clorofila	108
27. Medidas de longitud de raíces: a. T ₁ (Testigo), b. T ₂ (Bacthon), c. T ₃ (Tricho-D) y T ₄ . (Bacthon + Tricho-D)	109
28. Evaluación de volumen de raíces.....	109
29. Evaluación de peso de plántones de cacao.....	110
30. Análisis microbiano	110
31. Análisis inicial de suelo	111
32. Análisis de suelo al final del experimento	112
33. Análisis de plántones de cacao.....	113
34. Diagnostico microbiano	114

RESUMEN

La investigación se desarrolló en el vivero "El Agrónomo" de la Facultad de Agronomía, ubicado en Tingo María, en la provincia de Leoncio Prado, perteneciente al departamento de Huánuco, el propósito principal fue examinar los impactos de la enmienda microbiana Bacthon y el biorregulador Tricho-D en la producción de plántulas de cacao de alta calidad, los distintos tratamientos incluyeron T₁ (Control), T₂ (Bacthon), T₃ (Tricho-D) y T₄ (Bacthon + Tricho-D), siendo asignados mediante un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con unidades de muestreo. Se utilizó el programa estadístico Infostat versión 2008, con un nivel de significancia del 5 %, como consecuencia de la aplicación de las enmiendas microbianas, se evidenció un aumento notable en diversas características de las plántulas de cacao, como la altura, el diámetro del tallo, el número de hojas, el contenido de clorofila, el área foliar, la longitud y volumen de las raíces, además del peso fresco y seco. La influencia de las enmiendas microbianas incrementa el contenido de nutrientes en el suelo, debido que se notó un incremento, a excepción del contenido de nutrientes en hojas que no se determina efecto notable, se determinó correlación positiva altamente significativa entre minerales del suelo con potasio foliar, también correlación con altura, diámetros, número de hojas, área foliar y peso de plántulas de cacao, y no se nota correlación con microorganismos a excepción de raíz con mohos y levaduras, el mayor costo beneficio se determinó en los tratamientos con Bacthon y Tricho-D, S/ 2,58 y 2,28 respectivamente, obteniendo una ganancia de S/ 1,58 y 1,28.

Palabras claves: Bacthon, microorganismos, Tricho-D, correlaciona de Pearson

ABSTRACT

The research was developed in the "El Agrónomo" nursery of the Faculty of Agronomy, located in Tingo María, in the province of Leoncio Prado, belonging to the department of Huánuco, the main purpose was to examine the impacts of the microbial amendment Bacthon and the bioregulator Tricho-D in the production of high quality cocoa seedlings, the different treatments included T₁ (Control), T₂ (Bacthon), T₃ (Tricho-D) and T₄ (Bacthon + Tricho-D), being assigned through a design of completely randomized blocks (DBCA) with sampling units. The Infostat statistical program version 2008 was used, with a significance level of 5 %, as a consequence of the application of microbial amendments, a notable increase was evident in various characteristics of cocoa seedlings, such as height, stem diameter, the number of leaves, chlorophyll content, leaf area, length and volume of roots, as well as fresh and dry weight. The influence of microbial amendments increases the nutrient content in the soil, because an increase was noted, except for the nutrient content in leaves, which did not determine a notable effect, a highly significant positive correlation was determined between soil minerals and foliar potassium. , also correlation with height, diameters, number of leaves, leaf area and weight of cocoa seedlings, and no correlation is noted with microorganisms except for roots with molds and yeasts, the highest cost benefit was determined in the treatments with Bacthon and Tricho-D, S/ 2,58 and S/ 2,28 respectively, obtaining a profit of S/ 1,58 and S/ 1,28.

Keywords: Bacthon, microorganisms, Tricho-D, Pearson's correlate.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de cacao ha evolucionado para convertirse en una valiosa fuente de empleo tanto directo como indirecto, además de representar una fuente significativa de ingresos para los agricultores involucrados en esta actividad (Peñalosa, 2022), El cacao es económicamente importante para el Perú por su alto valor exportador actual y potencial, representando un cultivo estratégico en los principales corredores comerciales y generando ingresos clave para productores, cooperativas y exportadores (Familiar et al., 2018), sin embargo, uno de los dificultades que se plantea en la fase de establecimiento de plantaciones de cacao en campo definitivo es la problemática relacionada con la calidad de los plántones, que a menudo presentan debilidad, fragilidad y enfermedades (Paredes, 2003), por consiguiente, una fase crítica en la control de este cultivo se encuentra en la etapa de vivero (Paredes, 2003; Vargas et al., 2020), es fundamental realizar una control apropiada desde la adquisición y la germinación de las semillas con el fin de asegurar un desarrollo óptimo y una mayor productividad de los plántones de cacao (Agudelo et al., 2021).

Con la finalidad de investigar los resultados derivados de la aplicación de una enmienda microbiana y un biorregulador, ambos clasificados como productos biológicos, se ha iniciado el proceso de cultivar plántones de cacao con características destacadas, tales como calidad excepcional, robustez, resistencia y la ausencia de enfermedades, dentro de este situación, surge la siguiente interrogante de investigación: ¿Hasta qué punto las enmiendas microbianas, como el producto comercial Bacthon (*Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus* y *Saccharomyces cerevisiae*), y el biorregulador Tricho-D (*Trichoderma harzianum*), influyen en el desarrollo de los plántones de cacao?. La hipótesis planteada sugiere que, como mínimo, tanto la enmienda microbiana (Bacthon) como el biorregulador (Tricho-D), así como su combinación, generarán un efecto positivo en el crecimiento de los plántones de cacao. Considerando estas premisas, los objetivos de este estudio se han formulado de la siguiente manera:

Objetivo general

Determinar el efecto de la aplicación de enmiendas microbianas (Bacthon y Tricho-D) en el crecimiento de los plántones de cacao.

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de la aplicación de enmiendas microbianas (Bacthon, Tricho-D y la combinación de ambos) en las características químicas del suelo, foliar y microbiológico del suelo

2. Evaluar el efecto de la aplicación de enmiendas microbianas (Bacthon, Tricho-D y la combinación de ambos) en el crecimiento de los plantones de cacao.
3. Determinar la evaluación de Pearson entre las características químicas del suelo, el análisis foliar, el crecimiento de los plantones y la presencia de microorganismos.
4. Realizar el análisis económico de los tratamientos.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades del *Theobroma cacao* L

Se trata de una planta perenne que genera varias cosechas al año y recibe el nombre científico de *T. cacao*, expresión que se traduce como "alimento de los dioses", esta planta es originaria de América y ya desempeñaba un papel esencial en determinadas sociedades, antecedentes a la llegada de los colonizadores europeos, los aztecas, por ejemplo, creían que el dios Quetzalcóatl les había enseñado a cultivar esta especie, y en ciertas ocasiones, las semillas de cacao se empleaban como unidad de intercambio en transacciones comerciales (Sánchez, 2015), a nivel mundial, la mayor producción y exportación de cacao proviene de países africanos como Costa de Marfil y Ghana, mientras que los principales importadores y consumidores son Estados Unidos y países europeos como Alemania, con un crecimiento en China (Vega, 2016), Perú contribuye con el 1,7 % de la producción global de cacao, ocupando la octava posición en la clasificación mundial; asimismo, se sitúa como el tercer mayor productor de cacao en América Latina, siendo superado únicamente por Brasil y Ecuador (López et al., 2020).

Pertenece a la familia de las esterculiáceas, el cacao es un árbol tropical que se desarrolla favorablemente en climas cálidos y húmedos, su desarrollo se observa principalmente en regiones situadas dentro de una franja estrecha de aproximadamente 20° al N y al S de la Línea Ecuatorial (Morales et al., 2015), es una planta con una altura media de 6 m y la posibilidad de alcanzar hasta los 20 m, sus hojas, que pueden medir hasta 30 cm de longitud, presentan un brillo característico y su coloración va desde un verde claro hasta un tono violeta oscuro; las flores, de tamaño reducido y tonalidad rosa, se desarrollan en el tronco y en las ramas más antiguas (fenómeno conocido como caulifloría) (López y Gil, 2017).

La capacidad de florecer durante todo el año se presenta en el árbol de cacao, siempre y en ausencia de periodos extensos de sequía o cambios notables de temperatura, las frutas tipo baya se forman a partir de las flores en un periodo de cinco a seis meses, generalmente apareciendo al comienzo de la temporada de lluvias y tras ser polinizadas por insectos, la fruta contiene entre 25 y 50 semillas con forma de almendra, caracterizadas por un sabor amargo y dispuestas en filas oblongas que varían entre cinco y ocho (Lizarbe, 2013), hay una amplia variedad de genotipos de cacao resultantes de la mezcla entre variedades amazónicas, criollas y trinitarias, los cuales exhiben características agronómicas destacadas (Avendaño-Arrazate et al., 2018).

2.1.1. Condiciones edafoclimáticas

El cacao requiere temperaturas promedio anuales de 24,5 a 25,6 °C, lluvias bien distribuidas de alrededor de 1 200 mm al año y humedad relativa cercana al 80 %, condiciones climáticas esenciales para su buen desarrollo y productividad (Batista, 2009), en áreas con precipitaciones más intensas, es esencial prestar atención al sistema de drenaje, se adapta a suelos fértiles, ricos en materia orgánica, de gran profundidad, con un buen drenaje y un pH que oscila entre 4,5 y 6,5. Su desarrollo es favorable en suelos que van desde texturas franco-arenosas hasta arcillosas (Cerrón, 2012), la presencia de materia orgánica es importante, dado que esta sirve como nutriente para los microelementos del suelo, los cuales desempeñan un papel activo en la formación y evolución del suelo, la descomposición de la materia orgánica en el suelo da como resultado la formación de humus, que actúa como un depósito de Ca, Mg y K (Farfan, 2022).

2.1.2. Propagación del cultivo de cacao

El árbol de cacao tiene la capacidad de reproducirse tanto por cruce sexual, que es el proceso que da origen a la semilla, como por cruce asexual a través de estacas, acodos y yemas (Gárate et al., 2020).

2.1.2.1. Propagación sexual

Consiste en utilizar semillas botánicas para la reproducción del cacao, es importante comprender el biotipo y las características fundamentales de las plántulas que servirán como fuentes de semillas, esta comprensión es esencial para aplicar el tratamiento adecuado y asegurar que las plántulas se desarrollen de manera saludable, uniforme y con una producción elevada (López y Gil, 2017), es imperativo adquirir las semillas exclusivamente de campos productores oficiales, en situaciones en las que no existan campos oficiales para la producción de semillas, se puede abordar esta falta mediante una cuidadosa selección de los plantones madres, estos plantones cuidadosamente seleccionados desempeñarán el papel de ser la fuente primaria para obtener las semillas (Panduro, 2011), los cuales han sido minuciosamente elegidas de árboles destacados, específicamente designados como árboles élitos, árboles madres o árboles productores de semillas, estos árboles se caracterizan por poseer atributos superiores en términos de vigor, desarrollo, producción, así como una notable resistencia a enfermedades y plagas (Avila et al., 2013). La semilla de cacao se origina a través de la polinización natural de la flor del cacao, la cual es hermafrodita, esto implica que la misma flor contiene tanto polen como pistilo, es decir, ambas estructuras sexuales. El polen desempeña la función de fertilizar el ovario situado dentro del pistilo, justificando así la clasificación de la flor como de ambos sexos, masculino y femenino (Alvarado et al., 2017). En cada plantación

de cacao, se encuentran árboles que muestran características distintivas y son identificados como plantones madres, estos árboles constituyen la fuente primaria de las semillas que serán utilizadas para la propagación (Gárate et al., 2020).

2.1.2.2. Propagación asexual

Se refiere a un proceso de reproducción del cacao que utiliza los tejidos vegetativos de plantones élite, como yemas, ramas o estacas, a partir de estos tejidos seleccionados de los plantones, se lleva a cabo la creación de nuevos plantones de cacao, el método más comúnmente empleado para este propósito es el injerto (Valenzuela, 2021), constituye un método para reproducir tejidos de cacao mediante el uso de partes vegetativas, como varetas, de un plantón seleccionado, estos plantones deben destacar por su vigor, productividad, así como por su tolerancia y/o resistencia a enfermedades (Osuna et al., 2016), el injerto en cacao es una técnica de propagación que une un clon con un patrón para mejorar su desarrollo, siendo su éxito influenciado por el tipo de injerto (Gonzales, 2017), y muestran una alta uniformidad en todos sus rasgos morfológicos y fisiológicos debido a que comparten el mismo genotipo, esta población se conoce como "clon", se trata de un material genéticamente uniforme originándose a partir de un único individuo y reproduciéndose exclusivamente a través de métodos vegetativos, los procesos que permiten la replicación de las características deseables con mínimas alteraciones abarcan el injerto de parche, el injerto de yema lateral, el injerto de yema terminal, el acodo y la estaca (Palencia et al., 2009).

2.2. Promotores de crecimiento

Los bioestimulantes son sustancias que mejoran el desarrollo vegetativo y la absorción de nutrientes en plántulas de cacao, incrementando su crecimiento morfológico y contenido nutricional en vivero, lo que favorece su vigor y reduce pérdidas en esta etapa (Rodríguez-Arrobo et al., 2023), tales como los bioestimulantes y las enmiendas, ejercen un impacto positivo en el desarrollo fisiológico de las plántulas de cacao; este efecto abarca la estimulación de la división celular, el alargamiento de las raíces y la formación de estructuras vegetales saludables, un desarrollo fisiológico adecuado resulta fundamental para asegurar un crecimiento robusto y una producción de cacao óptima (Alonso, 2015), que contienen *Trichoderma*, han evidenciado la capacidad de reforzar el sistema inmunológico de las plantas de cacao, este fortalecimiento las vuelve más resistentes a enfermedades, como la moniliasis o el oídio, que pueden tener un impacto significativo en la productividad de los cultivos, estos promotores contribuyen a activar los mecanismos de defensa naturales presentes en las plantas (González y Fuentes, 2017), los promotores de crecimiento en cacao son sustancias o prácticas,

como la fertilización y los abonos foliares orgánicos, que estimulan el desarrollo radicular, la absorción de agua y nutrientes, y la formación de compuestos nutritivos en las hojas, favoreciendo así el crecimiento y la productividad de la planta (Gómez et al., 2014).

2.2.1. Bacterias promotoras del crecimiento

Las bacterias que promueven el crecimiento, como *Azospirillum* y *Azotobacter*, desempeñan un papel fundamental en el cultivo del cacao. Estas bacterias tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, esencial para el crecimiento, y estimulan el desarrollo de un sistema radicular saludable que mejora la absorción de nutrientes y la estabilidad de las plantas de cacao. Esto conduce a un aumento en la calidad y la vitalidad de las plantas, disminuyendo la necesidad de utilizar fertilizantes químicos y fomentando la sostenibilidad agrícola (Ferrarezi et al., 2023).

2.2.2. Micorrizas

Las micorrizas son simbioses que establecen relaciones mutuamente beneficiosas con las raíces de las plantas. Estas asociaciones mejoran de manera significativa la capacidad de las plantas para absorber nutrientes, como fósforo y agua, del suelo, lo que resulta en un crecimiento más saludable y sostenible; en el caso específico del cacao, la presencia de micorrizas puede contribuir al desarrollo más vigoroso de las plántulas y a una mayor tolerancia a condiciones adversas, impactando positivamente en la producción de cacao (Sanchez et al., 2021).

2.3. *Trichoderma* spp como promotor de crecimiento de plantas

2.3.1. Importancia de *Trichoderma*

Radica en su condición de hongos cosmopolitas, comúnmente encontrados en ambientes del suelo; estos hongos desempeñan un papel clave en los ecosistemas, dado que poseen una versatilidad notable en sus funciones, además de ser conocidos por su capacidad para extraer nutrientes, competir con otros organismos y degradar hongos patógenos, los miembros del género *Trichoderma* también se destacan por su habilidad para establecer relaciones simbióticas beneficiosas con las raíces de las plantas (Hernández-Melchor et al., 2019), su importancia radica en ser hongos que se encuentran comúnmente en suelos alrededor del mundo, lo que los convierte en elementos clave de los ecosistemas, estos hongos desempeñan un papel fundamental gracias a su versatilidad en diversas funciones, además de ser reconocidos por su capacidad para extraer nutrientes, competir con otros organismos y degradar hongos patógenos, los integrantes del género *Trichoderma* también destacan por su capacidad para establecer relaciones simbióticas beneficiosas con las raíces de las plantas (Andrade, 2012), la capacidad de *Trichoderma* para oponerse y controlar patógenos, ya sea

compitiendo por recursos, generando compuestos antimicrobianos u otros mecanismos, lo convierte en un valioso aliado en el control integral de enfermedades en la agricultura. Su capacidad para ajustar la microbiota del suelo y mejorar la salud de las plantas ha resultado en su aplicación en prácticas agrícolas sostenibles, contribuyendo a la protección de los cultivos y al fomento de sistemas agrícolas más resistentes (Chiriboga et al., 2015), *Trichoderma* es un hongo de rápido crecimiento y alta capacidad de colonización en la rizosfera, que produce estructuras asexuales como conidios y clamidosporas para su propagación y supervivencia prolongada en el suelo, además de estructuras sexuales denominadas ascosporas (Costa et al., 2009; citado por Meyer et al., 2022).

2.3.2. Mecanismo de acción *Trichoderma*

La resistencia a varios hongos fitopatógenos, transmitidos tanto por el suelo como por el aire, se debe a la capacidad del cacao para tolerar condiciones ambientales extremas y hábitats propensos a enfermedades (Chiriboga et al., 2015), este género se emplea como agente de control biológico contra hongos fitopatógenos debido a su variedad de mecanismos de acción, entre sus destacadas habilidades se encuentran el efecto antibacteriano, el parasitismo fúngico, la competencia por espacio y nutrientes, además de la producción de metabolitos secundarios (Infantes et al., 2009), distintas especies de *Trichoderma* han sido empleadas en procesos de fermentación, ya sea en sustratos sólidos o en cultivos sumergidos, con la finalidad de descomponer residuos lignocelulósicos y producir fuentes de energía alternativas, como el etanol (Hernández-Melchor et al., 2019), en calidad de sistemas de fermentación, se emplean para mejorar y perfeccionar las condiciones de cultivo, con el fin de maximizar tanto la generación de biomasa como la de metabolitos, estos dispositivos posibilitan un control preciso de factores como la temperatura, el pH, la agitación y la concentración de oxígeno, generando así un entorno propicio para el desarrollo celular y la síntesis de compuestos específicos, la incorporación de biorreactores en los procesos de fermentación representa una herramienta eficaz y controlada para la obtención de productos biotecnológicos (León et al., 2012), además de sus funciones biocontroladoras, que incluyen la liberación de enzimas y la generación de compuestos inhibidores, el género *Trichoderma* genera compuestos orgánicos volátiles con propiedades antibióticas o antifúngicas como productos secundarios (Infantes et al., 2009).

2.3.3. *Trichoderma* como bioestimulante en los plantones

Las especies de este género mantienen una estrecha asociación con la rizosfera vegetal o actúan como endófitos, a través de la producción de auxinas y giberelinas, estas especies tienen la capacidad de estimular el crecimiento y desarrollo de los plantones;

además, producen ácidos orgánicos como el ácido glucónico, ácido fumárico y ácido cítrico, que colaboran en la reducción del pH del suelo, promueven la solubilización de P, Mg, Fe y Mn, nutrientes esenciales para el metabolismo de las plántulas (Sabando y Zambrano, 2022), incrementa de manera notable el crecimiento y desarrollo de las plántulas, afectando variables fisiológicas como la germinación, la superficie foliar, el peso fresco y seco de las raíces, el peso fresco y seco de la parte aérea, además de la longitud de las raíces (Camargo-Cepeda y ávila, 2014), tiene la capacidad de reproducirse en el suelo y establecerse en las raíces de las plántulas, liberando compuestos de crecimiento como auxinas, giberelinas y citoquininas, los cuales promueven la germinación y el desarrollo de las plántulas (Cubillos-Hinojosa et al., 2009).

2.4. Enmiendas microbianas

Las enmiendas microbianas se presentan como una alternativa ambientalmente amigable y sostenible en lugar de la aplicación de fertilizantes minerales solubles, al introducir microorganismos beneficiosos en el suelo, estas enmiendas ofrecen diversos beneficios, que engloban la mejoría de la composición del suelo y el incremento de la disponibilidad de nutrientes para las plantas y la facilitación de procesos biológicos esenciales en el ecosistema, su uso contribuye a reducir la dependencia de insumos químicos, fomentando prácticas agrícolas más equilibradas y sostenibles a largo plazo, además, estas enmiendas refuerzan la resistencia de las plantas a enfermedades y al estrés ambiental, consolidando su papel en estrategias de control agrícola respetuosas con el entorno (Luis, 2023), estas enmiendas microbianas pueden elaborarse utilizando ciertos microorganismos que promueven el crecimiento de las plantas, como los microorganismos que solubilizan fosfato (Beltrán, 2014), tienen la capacidad de interactuar en la rizosfera, aprovechando los exudados radicales ricos en compuestos orgánicos de las raíces de los plantones, esta interacción proporciona a los microorganismos una diversidad de nutrientes es necesaria para realizar sus funciones metabólicas (González y Fuentes, 2017), la composición química de las enmiendas orgánicas varía según el procedimiento de producción, la extensión temporal, la actividad biológica y las variedades de materiales empleados, la evaluación de la calidad de estas enmiendas se lleva a cabo mediante el análisis de propiedades físicas, químicas y biológicas (Pérez et al., 2008).

2.4.1. Bacterias

Son microorganismos procariotas de pequeño tamaño (0,5 a 5 μm) con diversas formas como cocos, bacilos, vibrios y espirilos, que se diferencian de las células eucariotas por carecer de núcleo definido y estructuras membranosas internas (Stanier et al., 1996; citado por Abasolo y Morante, 2019), desempeñan un papel importante en el desarrollo

de los plantones al promover su crecimiento y protegerlos frente a organismos presentes en el suelo que pueden inducir enfermedades, esta asociación beneficiosa en el ámbito ecológico se denomina "simbiosis", caracterizada por la coexistencia beneficiosa de dos organismos diferentes, siendo la bacteria el simbiote que aporta beneficios al huésped (los plantones) (Cruz, 2011), exhiben una amplia variedad, siendo la mayoría no patógenas, lo que implica que no generan enfermedades ni perjuicios, su aporte resulta esencial en la transformación de material del suelo en nutrientes fundamentales para el crecimiento de las plántulas (Montaño et al., 2010), viven en la rizosfera y estimulan el desarrollo de las plantas mediante la producción de reguladores de crecimiento, fijación de nitrógeno, solubilización de nutrientes, producción de sideróforos y control de fitopatógenos, destacando géneros como *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Klebsiella*, *Beijerinckia*, *Pseudomonas* y *Bacillus* (Loredo-Osti et al., 2004), los plantones y el sustrato que los rodea establecen una conexión, creando lo que se denomina la rizosfera, que constituye un nuevo hábitat para las bacterias, en este entorno, las bacterias tienen acceso a una constante fuente de compuestos liberados por las raíces, tales como aminoácidos, proteínas, enzimas, azúcares, ácidos orgánicos, vitaminas, entre otros (Rojas, 2011).

2.4.1.1. *Azospirillum brasilense*

Funciona como impulsora del crecimiento de las plántulas al establecer una asociación con las raíces, favoreciendo así la producción y rendimiento de los cultivos, estimula el desarrollo tanto de las raíces aéreas como de las raíces sistémicas, y estos beneficios se originan a partir de la liberación de nutrientes por parte de los plantones en crecimiento, destacando especialmente la producción de auxinas (Domingues et al., 2020), promueve el crecimiento de los plantones al establecer una asociación con el sistema radicular de las plantas, estos microorganismos contribuyen al aumento de la producción de cultivos, estimulando tanto la parte aérea como el sistema de raíces (Velasco-Jiménez et al., 2020).

Es reconocido por su habilidad para capturar nitrógeno atmosférico y transformarlo en una forma que las plantas pueden asimilar, este proceso de fijación de nitrógeno desempeña un papel importante en el estímulo del crecimiento de las plantas (Dobbelaere et al., 2003). Las fitohormonas, entre las que se incluyen las auxinas, desempeñan un papel significativo en el crecimiento y desarrollo de las plantas, en esta situación, *Azospirillum*, un género de bacterias, genera auxinas que actúan como agentes estimulantes para el crecimiento de las raíces en las plantas que hospeda, estas auxinas contribuyen al desarrollo saludable del sistema radicular de las plantas asociadas con *Azospirillum* (Tien et al., 1979), la interacción de *Azospirillum* con las plantas estimula la liberación de compuestos orgánicos conocidos como exudados radiculares, los cuales son

secretados por las raíces, estos exudados desempeñan un papel fundamental al mejorar la absorción de nutrientes y, en consecuencia, promover el crecimiento de las plantas, los efectos positivos de estos compuestos incluyen la atracción de microorganismos beneficiosos alrededor de las raíces, la solubilización de nutrientes en el suelo y la creación de un entorno propicio para el desarrollo saludable de las plantas; la presencia de *Azospirillum* puede potenciar estos procesos, contribuyendo así a un mayor rendimiento y vitalidad de los cultivos (Timmusk et al., 2005), además de estimular el crecimiento vegetal y mejorar la captación de nutrientes, puede activar respuestas de defensa en las plantas, fortaleciendo su resistencia a enfermedades, las complejas interacciones bioquímicas en esta relación simbiótica subrayan la relevancia de estas bacterias para promover la salud y la resistencia de los cultivos (Fouda et al., 2015).

2.4.1.2. *Azotobacter chroococcum*

Es una rizobacteria promotora de crecimiento vegetal, nativa de la región norte del Perú, que al inocularse en plantas mejora significativamente su desarrollo, incrementando variables agronómicas como número de hojas, longitud de tallo y raíz, y peso seco total (Cerna-Yamali et al., 2018). Este microorganismo utiliza los compuestos secretados durante la fijación de nitrógeno atmosférico, aprovechando los exudados de las raíces, para suministrar nitrógeno a las plantas (Pérez-Pazos y Sánchez-López, 2017).

Atribuido a su capacidad de bioestimulación, así como a su habilidad para fijar N y a las sustancias metabólicas liberadas, incluyendo proteínas y enzimas que pueden inducir cambios fisiológicos y metabólicos en las plantas (Rodríguez et al., 2016), La fijación biológica de nitrógeno es un proceso realizado por microorganismos que transforman el nitrógeno atmosférico en formas asimilables por las plantas, incrementando la fertilidad y productividad de los suelos y sustentando las redes tróficas agrícolas y naturales (López y Boronat 2016).

Las bacterias, ya sean de vida libre en el suelo o asociadas en simbiosis con las plantas, desempeñan un papel fundamental en la fijación del nitrógeno, transformándolo en nitratos y amonio. Estas bacterias capturan el nitrógeno directamente de la atmósfera y lo convierten en compuestos que pueden ser integrados al suelo o utilizados por los organismos vivos (Calvo, 2011). Estas interacciones son importantes con las raíces de las plantas y el suelo son fundamentales para el ciclo del nitrógeno y la capacidad de la planta para utilizar el nitrógeno fijado (Pérez-Pazos y Sánchez-López, 2017).

2.4.1.3. *Lactobacillus acidophilus*

Lactobacillus acidophilus es una bacteria ácido láctica grampositiva y probiótica, ubicua en alimentos, suelos, plantas y organismos vivos, que

desempeña funciones clave como mejorar la salud humana y animal, actuar como biofertilizante, bioestimulante y biocontrolador en agricultura sostenible, contribuyendo a la inocuidad alimentaria y al crecimiento vegetal (Murindangabo et al., 2023), un modulador de temperaturas extremas o climas adversos, corrige el pH en suelos alcalinos y también mejora las características físicas y químicas del suelo agrícola (James et al., 2017).

2.4.1.4. *Saccharomyces cerevisiae*

Este microorganismo forma parte del grupo de levaduras y desempeña un papel esencial en diversos procesos biotecnológicos, siendo particularmente importante en la fermentación, la industria alimentaria y la investigación científica (Suárez-Machín et al., 2016), una de las funciones fundamentales de estos organismos es actuar como descomponedores primarios de materia orgánica proveniente de plantas y animales en diversos ecosistemas, obtienen energía a través del proceso de fermentación, utilizando azúcares como fuente de nutrientes (Folch-Mallol et al., 2004), actúa como biosorbente en plantas, mejorando la bioaccesibilidad de compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes, antimicrobianas y anticancerígenas, al protegerlos de la degradación y facilitar su absorción (Rampazzo et al., 2019).

2.5. Tratamientos en estudio

2.5.1. Tricho-D

Es un fungicida biológico que utiliza el hongo *Trichoderma harzianum* como base; este hongo actúa como un biorregulador y antagonista natural contra fitopatógenos de los géneros *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Sclerotium*, *Sclerotinia* sp, *Phythium* sp, *Rosellinia* sp. *Trichoderma harzianum*, como biorregulador, este hongo inhibe el desarrollo de fitopatógenos presentes en el suelo, crece y coloniza rápidamente el suelo, ofreciendo protección a las raíces de las plantas al competir y antagonizar a los fitopatógenos, limitándoles el espacio y frenando su desarrollo (Serfi, 2023), para su aplicación en viveros, almácigos y semilleros, se recomienda una concentración de 3 g/L de agua; la aplicación debe realizarse mediante aspersión sobre el suelo humedecido a capacidad de campo, con una frecuencia de una a dos veces por semana hasta el trasplante (Agroactivo, 2021).

La asociación de *Trichoderma* spp. con las raíces confiere beneficios significativos a las plantas, resultando en un aumento marcado en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo, estas plantas exhiben una resistencia reforzada frente a condiciones de estrés biótico, lo que las hace más capaces de enfrentar dificultades como la presencia de patógenos y otros organismos perjudiciales, un aspecto importante de esta simbiosis es la mejora

sustancial en la capacidad de absorción de nutrientes por parte de las plantas colonizadas, contribuyendo así a una nutrición más eficaz y, en última instancia, a un rendimiento superior del cultivo, la presencia de *Trichoderma* spp. en la rizosfera establece una relación simbiótica beneficiosa que impulsa la salud y la productividad de las plantas (Hernández-Melchor et al., 2019), Se ha comprobado que utilizar *Trichoderma hamatum* o *Trichoderma koningii* puede conducir a un incremento de más del 300 % en la productividad de los cultivos en condiciones de campo. Varios géneros de *Trichoderma* producen factores de crecimiento, y en el laboratorio se han identificado sustancias como auxinas, citoquininas y etileno entre estos (E. Romero, 2012), además, se ha observado que el *Trichoderma* lleva a cabo la síntesis de fitohormonas como indol, ácido acético y etileno, este hongo también presenta la capacidad de acidificar su entorno mediante la secreción de ácidos orgánicos como ácido glutámico, cítrico y fumárico, estos ácidos orgánicos se generan a partir del metabolismo de diversas fuentes de carbono, principalmente la glucosa, lo que resulta en la solubilización de fosfatos, micronutrientes y minerales, incluyendo el Fe, Mg y Mn (Chambe-Mamani et al., 2021), evidencia una notable habilidad para descomponer una diversidad de compuestos organoclorados, que abarcan desde clorofenoles hasta insecticidas como el DDT, endosulfán y pentacloronitrobenceno, así como herbicidas como trifluralina y glifosato. Esta característica resalta su potencial en la biorremediación de suelos contaminados con tales compuestos, contribuyendo de manera efectiva a la descomposición y eliminación de contaminantes ambientales persistentes, la capacidad única de *Trichoderma* spp. para descomponer estos compuestos tóxicos subraya su importancia Importante en la promoción de prácticas agrícolas sostenibles y la restauración de ecosistemas afectados por la contaminación (Martínez et al., 2013).

a. Ficha técnica. Proviene de las esporas mágicas del benevolente hongo *T. harzianum*. Este intrépido héroe secreta enzimas especializadas que dismantelan las malévolas paredes celulares de los hongos responsables de enfermedades radiculares, despliega sus habilidades como campeón por competencia, conquistando el sustrato antes que nadie; como antagonista, evitando que las esporas enemigas germinen; y como astuto parasitario, frustrando los siniestros planes de los microorganismos fitopatógenos. Tricho-D es el noble caballero del control integrado de cultivos y el celoso guardián de la Agricultura orgánica (Serfi, 2023).

b. Características generales

Nombre del producto	:	Tricho-D
Clase de uso	:	Fungicida agrícola – Agente de Control Biológico Microbiano
Ingrediente activo	:	<i>T. harzianum</i>

Composición	: <i>T. harzianum</i> 1 x 10 ⁸ esporas viables/g. Aditivos c.s.p. 1 g
Formulación	: Polvo Mojable (WP)
Aspecto	: Polvo fino
Color	: Café claro
Olor	: A levadura
Densidad	: 2,22 g/mL
pH	: 5,5 al 10 % (Serfi, 2023)

2.5.2. Bacthon

Está compuesto por *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus* y *Saccharomyces cerevisiae*, una fórmula que combina bacterias y levaduras benéficas cuya misión es desintoxicar el suelo de sustancias nocivas, actuando en sinergia para neutralizar y transformar toxinas, aumentando la carga microbiana benéfica y permitiendo una análisis biológico eficiente de los restos de cultivos, mejorando la dicontrol de materia orgánica, como el guano, que a menudo se acumula en las raíces, estableciendo un entorno ideal para el desarrollo radicular, eliminando compuestos químicos indeseables y liberando nutrientes atrapados en las partículas del suelo, actuando como protector del suelo y liberador de nutrientes (Serfi, 2021), El potencial de las raíces se ve potenciado, promoviendo el desarrollo de plantones robustos y resistentes a dificultades como plagas y condiciones climáticas extremas, diversos géneros bacterias desempeñan un papel fundamental en el complejo rompecabezas del suelo, participando activamente en las dinámicas biológicas del ecosistema edáfico, su labor incansable dinamiza el ciclo de nutrientes, asegurando una producción de cultivos sostenible y en armonía con el entorno (Orius, 2020), la utilización y control, en viveros, almácigos y semilleros se aconseja la aplicación de 10 cm³/L H₂O, la aplicación se realiza mediante aspersion sobre el suelo húmedo a intervalos de una o dos semanas 9 (Serfi, 2021).

a) Ficha técnica. Este producto consiste de un acondicionador microbiano del suelo diseñado con bacterias beneficiosas y levaduras para facilitar la biodegradación eficiente del salvado de cereal, contribuye al desglose de la materia orgánica en el suelo, mejorando así la disponibilidad de nutrientes y promoviendo la asimilación por parte de las raíces, puede aplicarse en diversos cultivos, y se aconseja dirigir la aplicación hacia el guano, estiércol, residuos de cultivo u otras fuentes de materia orgánica, se recomienda aplicarlo al inicio del ciclo de cultivo o de la nueva temporada para fortalecer o aumentar la población

microbiana del suelo, lo que favorecerá un desarrollo radicular óptimo y una mejor absorción de los nutrientes disponibles para ese cultivo (Serfi, 2021)

b) Características generales

Grupo	: Enmienda microbiana
Composición	: <i>Azospirillum brasilense</i> 10 000/UFC/mL : <i>Azotobacter choococcum</i> 10 000 UFC/mL : <i>Lactobacillus acidophilus</i> 10 000 UFC/mL : <i>Saccharomyces cerevisiae</i> 100 UFC/mL : Ingredientes inertes c.s.p. 1L
Formulación	: Suspensión concentrada
Aspecto	: Líquido café claro
Olor	: Levadura
Densidad	: 1,17 g/mL (Serfi, 2021)

c) Beneficios. Este producto revitaliza y activa biológicamente la población microbiana del suelo, promoviendo la absorción de nutrientes tanto del suelo como de los elementos presentes en los fertilizantes aplicados; además, estimula la formación de raíces, mejorando el vigor y el desarrollo inicial de los cultivos, optimiza el equilibrio nutricional en las plantas, fortalece la resistencia contra plagas y aumenta tanto los rendimientos como la calidad de las cosechas. Es adecuado para su aplicación tanto en Agricultura Orgánica como en sistemas convencionales (Serfi, 2021).

2.6. Estado del arte

En el año 2021, en Managua, Nicaragua, se llevaron a cabo evaluaciones de diversos tratamientos en un experimento que incluyó *SERENADE*®, *MANCOZEB*® 80 WP, *Bacillus subtilis* I-C, dos cepas de *Trichoderma spp* (T0301 y T0501H), *Trichomax*®, *Trichozam*®, Micorrizas (*Glomus intraradices*), y un grupo de control con agua. Las variables analizadas abarcaron el porcentaje de semillas germinadas, longitud de raíz, diámetro del tallo, altura de los plantones, número de hojas y área foliar. En el vivero, los tratamientos más efectivos fueron *Trichozam*® y *Bacillus I-C*, generando plantones con mayor diámetro de tallo y altura. Asimismo, *Trichozam*® y *Bacillus I-C* se destacaron en el número de hojas por plantón y en el área foliar. La longitud de la raíz fue significativamente mayor con T0301 y *Serenade*® (García y González, 2021).

En el año 2021, en Ayacucho y Huancayo, las actividades humanas, especialmente la agricultura intensiva, provocaron cambios en el ecosistema que llevaron a una disminución en la calidad del suelo. Se realizaron diferentes tratamientos (10, 30 y 50 %) con dos repeticiones a lo largo de un período de 30 días en condiciones de invernadero. Los resultados obtenidos para los parámetros químicos mostraron diferencias significativas, con impactos notables en los niveles de pH, fósforo (P) y potasio (K), mientras que no se observaron diferencias significativas en la conductividad eléctrica, materia orgánica (MO), nitrógeno (N) y capacidad de intercambio catiónico (CIC) (Ramirez, 2023).

En el año 2015, en Manizales, Colombia, se llevaron a cabo aplicaciones de los bioproductos *MicosPlag* y Tricho-D a concentraciones de 2 y 10 g/L de agua, respectivamente, con un volumen de 20 ml por bolsa, utilizando carbofurano (*Furadan*) como referencia química, la aplicación preventiva de *MicosPlag*, que contiene *Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, en el suelo mostró un impacto positivo al reducir las infecciones de *M. incognita* y *M. javanica* en las raíces del café (6 % de infecciones), por otro lado, se observó que el uso preventivo del Tricho-D orgánico (*T. harzianum*) proporcionó protección contra el ataque de *M. incognita* y *M. javanica* en comparación con el grupo de control. Sin embargo, esta protección no alcanzó la misma eficacia que los productos biológicos *MicosPlag* (Ortiz et al., 2015).

En el año 2015, en Bolivia, se realizó una investigación para evaluar los efectos de tres niveles de fertilizante líquido orgánico en la producción de nabo (*Brassica napus*), los resultados señalaron que el ciclo agrícola del cultivo de nabo fue de 96 días, el grupo T₃ mostró ser el más eficaz en la absorción de nutrientes del té de estiércol, evidenciado por un mayor número de hojas, mayor altura de los plantones, diámetro de raíz más extenso, longitud de raíz mejorada y un rendimiento superior en comparación con los grupos T₂, T₁ y el grupo de control, respectivamente (Pascual, 2015).

En el año 2009, en Riobamba, Ecuador, se investigó el impacto de *T. harzianum* y *T. viride* en el desarrollo de plántulas de café (*Coffea arabica*) de la variedad caturra en un vivero, durante el proceso de germinación, se observó que *T. harzianum* fue el hongo más beneficioso, ya que mostró una incidencia menor de atenuación de capolas de café (10 %), en comparación con otros tratamientos y el grupo de control absoluto (51 %), además, este hongo exhibió el mayor porcentaje de semillas de café germinadas, así como la longitud máxima de raíz, la altura, el diámetro del tallo, el número de hojas y el vigor de los plantones verdes, con una incidencia del 12 % (Guilcapi, 2009).

En el año 2002, en Ecuador, se realizó un estudio sobre el impacto de *T. viride* y *T. harzianum* en la estimulación de la germinación y el desarrollo de plántulas de café Arábica, se emplearon *T. viride* y *T. harzianum* como agentes estimulantes, logrando tasas de germinación del 93 y 63 %, respectivamente, en comparación con las semillas no tratadas con antagonistas, las cuales alcanzaron un 38 % después de 60 días de siembra, en relación con el desarrollo de las plántulas, aquellas tratadas con *T. viride* mostraron un área foliar de 363 cm², mientras que las tratadas con *T. harzianum* presentaron un área foliar de 339 cm², en contraste, las plántulas del grupo de control registraron 204 cm², estas diferencias presentaron significancia estadística en la germinación y el desarrollo de las plántulas entre los distintos tratamientos (Cupull et al., 2003).

En el año 2021, en Atenas, Grecia, se llevó a cabo un estudio titulado "Efecto de la Colonización de *T. harzianum* en el desarrollo del crecimiento y contenido de CBD en el cáñamo (*Cannabis sativa* L.), se examinaron los efectos de la inoculación de *T. harzianum* en dos variedades de cáñamo monoicas, Fedora 17 y Felina, mediante la aplicación de dos tratamientos con dosis baja y alta de *T. harzianum* en un diseño de invernadero, los resultados indicaron que la densidad de raíces y la colonización de hongos micorrícicos arbusculares aumentaron con *T. harzianum*, especialmente en la variedad Fedora 17; asimismo, el tratamiento de alta dosis (T₂) mejoró la altura y el peso en seco de las plantas, así como características de las inflorescencias como el número, peso fresco, humedad y compactación en ambas variedades. Sin embargo, no se observaron mejoras en el peso en seco, la longitud y el rendimiento en seco de las inflorescencias. En resumen, la fertilización con *T. harzianum* resultó en un aumento del contenido de cannabidiol (CBD), especialmente en el tratamiento T₂ (Kakabouki et al., 2021).

En el año 2020, en Venezuela, se llevó a cabo una investigación para analizar los impactos de la aplicación de bioestimulantes, con y sin la presencia de *T. harzianum*, en el desarrollo de plántulas de maracuyá, la investigación se desarrolló en una finca ubicada en Santiago Mariño, estado de Aragua, utilizando un diseño experimental aleatorio con un arreglo factorial de 5 x 2 y tres repeticiones, se probaron cuatro bioestimulantes comerciales (*Terrahumus*, *Estimulante Plus Manvert*, *Biorend* y *Biovida Activador*), además de un grupo de control sin bioestimulante, en combinación con la presencia o ausencia de *T. harzianum*, dando como resultado un total de 10 tratamientos, se evaluaron diversas variables, como el número de hojas, la altura de la planta, el índice de clorofila, la longitud de la raíz, y el peso seco tanto de la parte aérea como de la radical de las plántulas, los resultados revelaron un impacto positivo de los bioestimulantes en el número de hojas y el peso seco de la parte radical

en comparación con el grupo de control, además, se observaron diferencias significativas entre la aplicación de *T. harzianum* y el grupo de control, con aumentos notables en el número de hojas, la altura de la planta, la longitud de la raíz, y el peso seco tanto de la parte aérea como de la radical de las plántulas (Díaz et al., 2020).

En 2013, en Cuba, se realizó un estudio en "La Quinta" para analizar el potencial bioestimulante de dos formulados líquidos de *T. harzianum* Rifai A-34 en la producción protegida de tomate. Se emplearon plantas de la variedad HA 3163, caracterizadas por su crecimiento indeterminado. El diseño del experimento fue completamente aleatorio, evaluando dos formulaciones líquidas de *T. harzianum* A-34, fermentadas en dos fases (una sin conidias y otra con conidias), aplicadas en dos concentraciones diferentes (50 y 100 ml/l), en comparación con un grupo de control sin tratamiento. A lo largo de las 57 semanas del estudio, se llevaron a cabo evaluaciones semanales del número de hojas y flores en cada planta. A los 35 días después de la siembra, se efectuaron mediciones de la altura de las plantas, así como de las dimensiones (largo y ancho) y el número de folíolos en las hojas. Los resultados revelaron que la aplicación foliar de *T. harzianum* A-34 tuvo un impacto positivo, manifestándose en un aumento en el número de hojas, flores, altura de las plantas, tamaño de las hojas, cantidad de folíolos y rendimiento en el cultivo de tomate (Perez et al., 2013)

En 2015, en Chile, se llevó a cabo una investigación sobre el uso de *T. harzianum* Rifai como promotor de crecimiento en la producción de *Eucalyptus globulus* en un vivero, el objetivo principal de este estudio fue analizar el impacto del hongo *T. harzianum* Rifai en el crecimiento de *E. globulus* durante el ciclo de cultivo en un vivero, se utilizó un sustrato de siembra compuesto principalmente por turba y perlas volcánicas esterilizadas, este sustrato fue mezclado con *T. harzianum* y se aplicó fertilizante de liberación lenta en todos los tratamientos, las semillas de *Eucalyptus globulus* de origen local se sembraron en bandejas, utilizando un diseño experimental que incluía cinco tratamientos diferentes, incluyendo un grupo de control, después de 5 meses, se realizaron evaluaciones de diversas métricas de crecimiento y desarrollo de las plantas, como altura, diámetro al cuello, Índice de Dickson, biomasa aérea y biomasa radical (Penon et al., 2015).

En 2017, en Colombia, se examinó el efecto bioestimulante de *T. harzianum* Rifai en plántulas de leucaena, cedro y samán, se llevaron a cabo tres experimentos separados, uno para cada especie, con un diseño completamente aleatorio que constaba de cuatro parcelas de tratamiento, los tratamientos incluyeron diferentes concentraciones de *T. harzianum* (20 y 40 g/L) y un grupo de control, se evaluaron variables como el porcentaje de germinación y medidas morfométricas, como el diámetro y la altura del tallo, además de la biomasa seca en las raíces

y la parte aérea de las plantas, los resultados indicaron que los tratamientos con *Trichoderma* no tuvieron un efecto significativo en el porcentaje de germinación en cedro, samán y leucaena. Sin embargo, en cedro, se observó un aumento en la altura, el número de hojas y la biomasa seca del área foliar, en leucaena y samán, el tratamiento con *Trichoderma* solo resultó en un incremento en el diámetro basal de las plántulas (González y Díaz, 2017).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El estudio se ejecutó en el vivero "El Agrónomo" (Figura 1), vinculado a la Facultad de Agronomía en Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco. Las coordenadas geográficas UTM de este vivero fueron: latitud sur 390543, longitud norte 8970032, y su altitud se ubicó a 657 msnm.



Figura 1. Ubicación del vivero donde se desarrolló el experimento

3.1.1. Zona de vida

Pertenece al Bosque Muy Húmedo Premontano Subtropical (bmh-PMS), con un clima cálido-húmedo y vegetación diversa, alberga alta biodiversidad (Holdridge, 1967).

3.1.2. Análisis inicial del suelo

La realización de esta actividad tuvo lugar después de completar el proceso de tamizado, durante el cual se extrajo una muestra de suelo de aproximadamente 1 kg, que fue posteriormente trasladada al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía para su análisis detallado. Los resultados obtenidos indican que el pH del suelo fue 4,51, lo cual lo clasifica como ácido; adicionalmente, se evidenció un bajo contenido de materia orgánica (1,02 %), junto con niveles reducidos de fósforo y potasio disponibles; la capacidad de intercambio catiónico (CIC) también presentó niveles bajos, con un porcentaje de bases cambiables del 95,34 % y una acidez cambiabile del 4,66 %; la saturación de aluminio se registró en un 4,35 %

(Tabla 1). Estos resultados apuntan hacia la naturaleza residual del suelo y señalan un contenido mineral relativamente bajo.

Tabla 1. Análisis físico – químico inicial del suelo

Características	Valores	Método	Referencia (*)	Descripción
Textura	Franco	Hidrómetro Bouyoucos		
	Arcillo arenoso			
pH	4,51	potenciómetro	>5,6	bajo
M.O %	1,02	Walkley y Black	>2 %	bajo
N %	0,05	0,05 % (MO)	>0,2 %	bajo
P (disponible) ppm	7,43	Olsen modificado	>7 ppm	bajo
K (disponible) ppm	110,45	Desplazamiento acetato de amonio	>300 ppm	bajo
CIC (Suma de cationes)	6,44	Suma de cationes	>7	bajo
Ca (Cmol+)/kg	4,8	Absorción atómica	6,6 - 11,30	bajo
Mg (Cmol+)/kg	1,34	Absorción atómica	>2,5	bajo
k (Cmol+)/kg	0	Absorción atómica	11 - 18	bajo
Na (Cmol+)/kg	0	Absorción atómica		
Al (Cmol+)/kg	0,28	Titulación		
H (Cmol+)/kg	0,02	Titulación		
Bases cambiables (%)	95,34	Calculo		
Acides cambiables (%)	4,66	Calculo		
Saturación de aluminio (%)	4,35	Calculo		

(*) IPNI (2015)

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía

3.1.3. Registro meteorológico

El ensayo experimental tuvo su inicio en septiembre y concluyó en enero. Durante el mes de septiembre, se alcanzó la temperatura máxima, que fue de 31,53 °C, mientras que la temperatura mínima se registró en diciembre, alcanzando 29,58 °C. La temperatura mínima persistió durante los meses de septiembre y octubre. Respecto a la humedad relativa, se alcanzó el valor más alto en diciembre, llegando al 85,87 %. Además, el mes de diciembre también fue testigo de la máxima precipitación, con un total de 615,60 mm/mes (Tabla 2)

Tabla 2. Datos meteorológicos durante la ejecución del trabajo 2019-2020

Meses	Temperatura		Humedad relativa	Precipitación
	Max	Min.	%	mm/mes
Setiembre	31,53	20,42	80,53	127,00
Octubre	30,31	20,64	83,36	311,60
Noviembre	31,02	21,10	81,93	333,90
Diciembre	29,58	21,08	85,87	615,60
Enero	30,53	21,54	84,88	527,90
Promedio	30,59	20,96	83,31	383,20

3.1.4. Procedencia de materiales vegetales

En el proceso de desarrollar la tesis, se utilizaron semillas de cacao del clon IMC-67, seleccionadas cuidadosamente., junto con tierra proveniente de BRUNAS (utilizando 14 sacos de 50 kg cada uno). La instalación de la investigación demandó la utilización de diversos materiales como bolsas de dimensiones 6 x 12 x 0,02 cm, un cucharón de plástico, pala, azadón, carretilla, regadora, regla, vernier digital, entre otros.

3.1.5. Procedencia de los productos

Además, se emplearon dos productos biológicos, Tricho-D y Bacthon. Me vendió el Ing. Manuel Gerardo Gavidia Córdova, de la empresa Serfi S.A. de la ciudad de Lima.

3.2. Análisis estadístico

3.2.1. Componentes en estudio

Los componentes en estudio son los siguientes (Tabla 3)

Tabla 3. Componentes en estudio

Productos biológicos	Unidad Experimental	Dosis adecuada en el desarrollo y crecimiento de los plántones cacao
Bacthon y Tricho-D	Plántones de Cacao	Determinar el mejor desarrollo de los plántones de cacao

3.2.2. Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudio fueron los siguientes (Tabla 4)

Tabla 4. Tratamientos en estudio

Tratamientos	Productos	*Dosis/1 L de H₂O	Recomendación de aplicación
T ₁	H ₂ O	0 ml	Se realizaron tres aplicaciones: una al momento de la siembra, otra a los 30 días y la última a los 60 días. Todas las aplicaciones se realizaron al suelo en condiciones de humedad equivalente a la capacidad de campo.
T ₂	Bacthon	10 ml	
T ₃	Tricho-D	3 g	
T ₄	Bacthon + Tricho-D	10 ml + 3 g	

* La dosis recomendada de Tricho-D es 3 g/L y la dosis recomendada de Bacthon es 10 cc/L (Serfi, 2021, 2023). De acuerdo a ello se hicieron los siguientes tratamientos Tabla 4.

3.2.3. Diseño experimental

Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA), que incluye unidades de muestreo destinadas para medir la altura, el diámetro y el número de

hojas; la formulación del Modelo Aditivo Lineal para el DBCA se presenta en la siguiente ecuación (1):

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

Donde:

- Y_{ijk} : Valor observado en la k -ésima unidad de muestreo dentro del j -ésimo tratamiento en el i -ésimo bloque
- μ : Media general
- β_i : Efecto del i -ésimo bloque
- τ_j : Efecto del j -ésimo tratamiento
- ε_{ij} : Error aleatorio asociado a la interacción entre el bloque i y el tratamiento j
- δ_{ijk} : Variación aleatoria dentro de las unidades de muestreo

Para otras características como: análisis químico y microbiológico del suelo, clorofila, aria foliar, longitud y volumen de raíces, peso fresco y seco de plantonos de cacao y análisis foliar, se aplicó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), sin unidades de muestreo. El Modelo aditivo lineal, se presenta en la siguiente ecuación (2):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

Donde:

- Y_{ij} : Es la respuesta obtenida en la unidad experimental correspondiente al j -ésimo bloque, al cual se le aplicó el i -ésimo tratamiento.
- μ : Media general.
- τ_i : Efecto del i -ésimo tratamiento
- β_j : Efecto del j -ésimo bloque.
- ε_{ij} : Efecto aleatorio del error experimental de la unidad experimental correspondiente al j -ésimo bloque al cual se le aplicó el i -ésimo tratamiento.

3.2.4. Características del campo experimental

- **Características de tratamientos**

- Número de tratamientos : 4
- Número de unidades experimentales/tratamiento : 3
- Número de plantas/unidad experimental : 28
- Número de plantas/tratamiento : 84
- Número de plantas evaluada/unidad experimental : 10
- Nuero de plantas evaluadas/tratamiento : 30

- Largo de una unidad experimental : 1,20 m
- Ancho de una unidad experimental : 0,60 m
- Área de una unidad experimental : 0,72 m²
- Distancia entre unidades experimentales : 0,20 m
- **Características de los bloques**
 - Número de bloques : 3
 - Largo del bloque : 2,60 m
 - Ancho del bloque : 1,40 m
 - Área del bloque : 3,64 m²
 - Distanciamiento entre bloques : 1 m
 - Número de plántones/bloque : 112
 - Numero de plantas evaluadas/bloque : 40
- **Características del sustrato**
 - Cantidad de sustrato/bolsa : 3 kg
 - Cantidad de sustrato/unidad experimental : 84 kg
 - Cantidad de sustrato/parcela neta : 30 kg
 - Cantidad de sustrato/tratamiento : 253 kg
 - Cantidad de sustrato/bloque : 336 kg
 - Cantidad de sustrato en el experimento : 1 008 kg
- **Área experimental**
 - Número total de plántones : 336
 - Número de plántones para evaluación : 120
 - Largo del experimento : 10,80 m
 - Ancho del experimento : 1,50 m
 - Área del experimento : 16,20 m²

3.2.5. Croquis del experimento

El croquis del experimento se muestra a continuación (Figura 2)

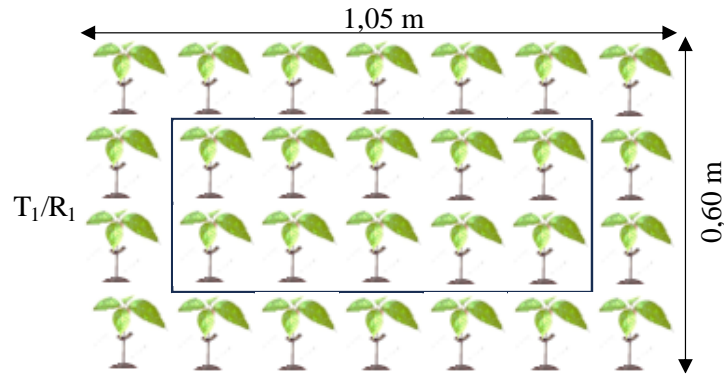


Figura 2. Croquis del experimento

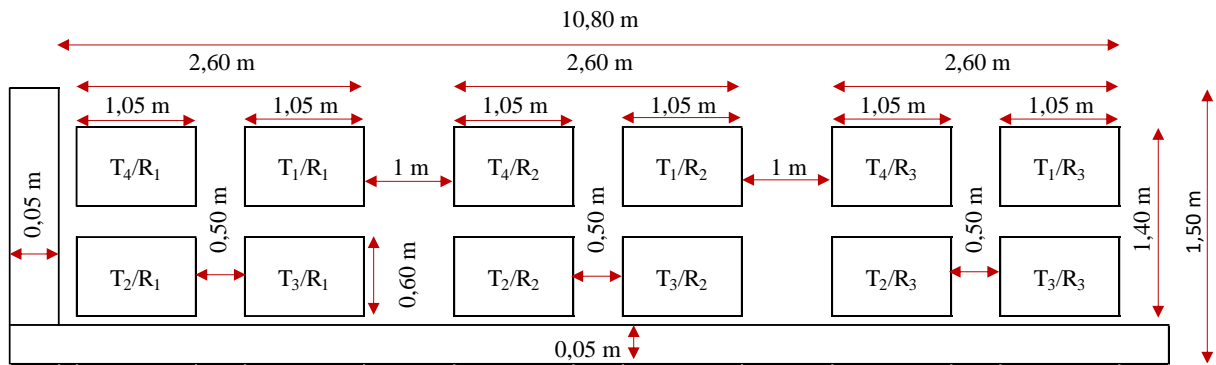


Figura 3. Croquis de una unidad experimental dentro del tratamiento

3.2.6. Dosificación

Para calcular la cantidad de producto necesaria, se empleó la regla de tres simples, teniendo en cuenta el consumo de agua (Tabla 5), a modo de ejemplo, en el tratamiento T₂ Bacthon, con una dosis de 10 mL/1 L, se determinó el gasto por cada aplicación.

10 mL de Bacthon ↔ 1 L

21 mL de Bacthon * Tratamiento * Aplicación ↔ 2,1 L

Para el tratamiento T₂ Bacthon, el consumo del producto por aplicación se estableció en 21 mL, diluido en 2,1 L de agua.

3 g de Tricho – D ↔ 1 L

6,3 g de Tricho – D * Tratamiento * Aplicación ↔ 2,1 L

Para el tratamiento T₃ Tricho-D, la cantidad del producto por aplicación se fijó en 6,3 g, diluido en 2,1 L de agua

Tabla 5. Dosis de los tratamientos (ml o g) por aplicación y en todo el experimento

Tratamiento	Descripción	Dosis/1 L	Gasto de H ₂ O	Gasto del producto/aplicación	Gasto total
T ₁	Testigo	0 ml	2,1 L	0 ml	0 ml
T ₂	Bacthon	10 ml	2,1 L	21 ml	63 ml
T ₃	Tricho-D	3 g	2,1 L	6,3 g	18,9 g
T ₄	Bacthon+Tricho-D	10 ml+3 g	2,1 L	21 ml+6,3 g	63 ml+18,9 g

Antes de aplicar el producto, el sustrato se llevó a capacidad de campo. Para ello, se realizó el cálculo utilizando la fórmula:

$$\% \text{ CC} = \left(\frac{\text{PH}-\text{PS}}{\text{PS}} \right) \times 100 \quad (3)$$

Se utilizó una muestra de suelo de 107 g en estado húmedo, extraído del montículo del suelo tamizado, con un cucharón de plástico, la cual fue colocada en una estufa durante 48 horas. Posteriormente, la muestra fue pesada en seco, obteniéndose un valor de 83 g. Al aplicar la fórmula, se obtuvo un porcentaje de capacidad de campo del 28,92 %. Dado que el peso seco del sustrato de una bolsa era de 3000 g, se realizó el siguiente cálculo:

$$\text{Agua necesario (ml)} = \left(\frac{28,92}{100} \right) \times 300 = 867,6 \text{ ml} \quad (4)$$

Por lo tanto, antes de aplicar el producto, se añadieron 868 ml de agua a cada bolsa para alcanzar la capacidad de campo. Este procedimiento se realizó en las horas de la mañana, y los tratamientos se aplicaron durante la tarde

3.2.7. Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza con unidades de muestreo para medir la altura, el diámetro y el número de hojas y se determinó el CV mediante la aplicación de la ecuación (5), además, se llevó a cabo la prueba de medias utilizando la prueba de DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves) con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, utilizando el software estadístico InfoStat versión 2008.

Tabla 6. Modelo del análisis de varianza con unidades de muestreo

Fuente de variación	Grados de libertad (GL)	Suma de cuadrado (SC)
Bloques (β)	b-1	$SC\beta$
Tratamiento (τ)	t-1	$SC\tau$
Error experimental (ε)	(b-1)(t-1)	$SC\varepsilon$
Unidad de muestreo (δ)	b.t.(n-1)	$SC\delta$
Total	b.t.n-1	SC_{total}

Coeficiente de variación (CV %)

Coeficiente de determinación (R^2)

Se realizó el análisis de varianza de DBCA para análisis químico y microbiológico del suelo, clorofila, aria foliar, longitud y volumen de raíces, peso fresco y seco de plantones de cacao con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ (Tabla 7), y se determinó el CV mediante la aplicación de la ecuación (5), además, se llevó a cabo la prueba de medias utilizando el test de DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves) con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, utilizando el software estadístico InfoStat versión 2008.

Tabla 7. Modelo del Análisis de Variancia

Fuente de variación	Grados de libertad (GL)	Suma de cuadrado (SC)
Bloques (β)	b-1	$SC\beta$
Tratamiento (τ)	t-1	$SC\tau$
Error experimental (ε)	(b-1)(t-1)	$SC\varepsilon$
Total	bt-1	SC_{total}

Coeficiente de variación (CV %) introducido por Pearson (1896)

Coeficiente de determinación (R^2)

$$CV = \sqrt{\frac{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}}{\frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}}} \quad (5)$$

Donde:

 x_i : Cada valor individual en la población. μ : Media de la población.

N : Número total de valores en la población.

3.2.8. El error estándar de la media (EEM)

Para una población mide cuánto varía la media muestral en relación con la media verdadera de la población (Romero, 2011). Se calcula con la siguiente fórmula:

$$EEM = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad (6)$$

Donde:

σ : Desviación estándar de la población

N : Tamaño de la población

3.2.9. Regresión lineal

En el ámbito estadístico, la regresión lineal o ajuste lineal constituye un modelo matemático empleado para estimar la relación de dependencia entre una variable dependiente, según lo descrito por Pearson (1896); citado por Martínez (2005), y se expresa de la siguiente manera:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_m X_m + \varepsilon \quad (6)$$

Donde:

Y es la variable dependiente o variable de respuesta.

X_1, X_2, \dots, X_m son las variables explicativas, independientes o regresoras.

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_m$ son los parámetros del modelo, miden la influencia que las variables explicativas tienen sobre el regrediendo.

3.2.10. Coeficiente de determinación

es una medida utilizada en problemas de regresión que cuantifica el grado de dependencia lineal entre dos variables aleatorias, XXX e YYY . Indica la concentración de su distribución conjunta alrededor de las líneas de regresión y evalúa la eficacia de aproximar una variable en función de la otra, proporcionando así una medida del ajuste del modelo (Ezekiel, 1930; citado por Martínez, 2005).

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_i + \mu \quad (7)$$

3.2.11. Caja y bigotes (Box-Plot)

El gráfico de caja y bigotes (Box-Plot) (Figura 4), es una representación gráfica que resume la distribución de un conjunto de datos, destacando su rango intercuartílico (IQR), la mediana, los bigotes y los valores atípicos. La caja muestra el IQR, que incluye el 50% central de los datos, delimitado por el primer cuartil (Q_1) y el tercer cuartil (Q_3). La mediana, representada por una línea dentro de la caja, divide los datos en dos mitades. Los bigotes se extienden hasta los valores más extremos que no se consideran atípicos, calculados típicamente como 1.5 veces el IQR por encima o por debajo de Q_1 y Q_3 . Los valores atípicos, representados como puntos fuera de los bigotes, señalan datos extremos (Tukey, 1977; citado por Ferrer et al., 1992).

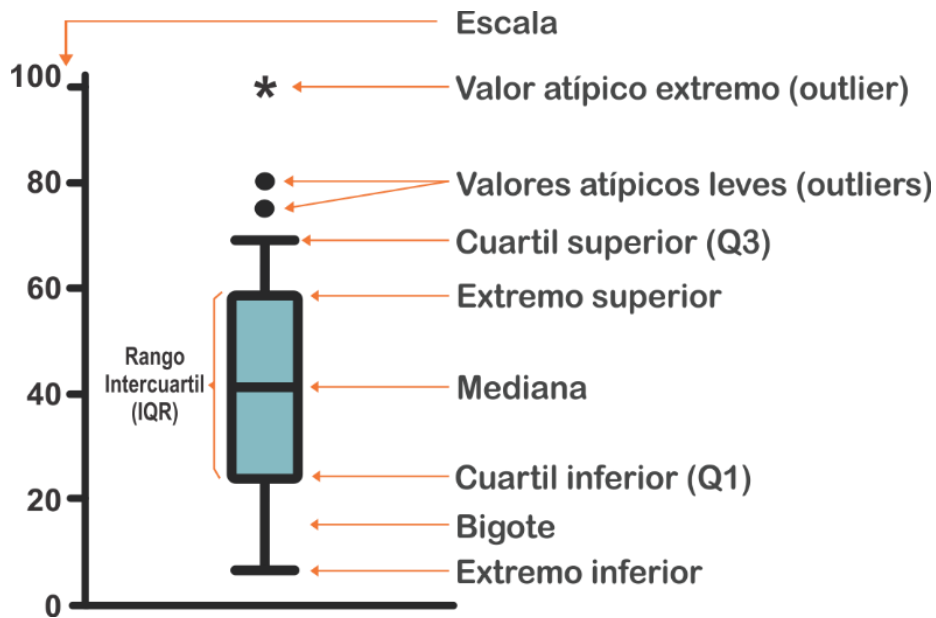


Figura 4. Partes de gráfico de caja y bigotes (Box-Plot)

3.2.12. Variables a evaluar

- **Variables dependientes**

- Altura de la planta
- Diámetro de tallo de plantas
- Número de hojas
- Área foliar
- Clorofila
- Longitud y volumen de raíz
- Peso fresco y seco
- Análisis físico - químico del suelo
- Análisis económico

- **Variables independientes**

- Dosis de Bacthon (*Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus* y *Saccharomyces cerevisiae*)
- Dosis de Tricho-D (*Trichoderma harzianum*)

3.3. Metodología

3.3.1. Análisis físico-químico y microbiológico de los sustratos

Se llevaron a cabo evaluaciones de diversas variables utilizando muestras de suelo extraídas de los plantones sacrificados al concluir el experimento. Estas muestras

procedían de las Unidades Experimentales (UE) correspondientes a los distintos tratamientos aplicados en los tres bloques experimentales. Posteriormente, los suelos fueron codificados y enviados al Laboratorio de Suelos, Agua y Toxicología de la Facultad de Agronomía.

Tabla 8. Variables y métodos del análisis químico del suelo

Variable	Método	Unidad
pH	Potenciometría	(1:1)
Materia Orgánica (MO)	Walkley-Black	%
Fósforo (P)	Olsen	ppm
Potasio (K)	Acetato de amonio 1N, Fotometría	Ppm
Calcio (Ca ²⁺)	Acetato de amonio 1N, Absorción	cmol(+)/kg
Magnesio (Mg ²⁺)	Acetato de amonio 1N, Absorción	cmol(+)/kg
Sodio (Na ⁺)	Acetato de amonio 1N, Absorción	cmol(+)/kg

Para el análisis microbiológico del suelo, las muestras recolectadas fueron enviadas al laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS). En este laboratorio, se realizaron análisis específicos para evaluar la presencia de microorganismos clave en el suelo, incluyendo Microorganismos Aerobios Viables, Actinomicetos, y Mohos y Levaduras

Tabla 9. Métodos y medios utilizados para cuantifica macroorganismos

Microorganismo	Método	Medio de Cultivo	Incubación
Microorganismos Aerobios Viables	Dilución seriada y siembra en placa	Agar Nutritivo	28-30 °C por 24-48 h
Actinomicetos	Siembra en medio selectivo	Agar Actinomiceto	28-30 °C por 7-10 días
Mohos y Levaduras	Siembra en medio selectivo	Agar PDA	25-28 °C por 3-5 días

3.3.2. Altura, diámetro y número de hojas de plántones de cacao

La primera evaluación se realizó 30 días después de la siembra, seguida de evaluaciones posteriores cada 15 días hasta completar los 90 días (Figura 4). En cada unidad experimental (UE) se seleccionaron y marcaron 10 plántones para las evaluaciones subsiguientes. La altura de los plántones se midió desde el cuello hasta la yema terminal visible, expresada en centímetros (cm), utilizando una regla metálica milimétrica marca SAIDA TEX, modelo de 60 cm. Simultáneamente, se midió el diámetro a la altura de la cicatriz del cotiledón empleando un vernier digital marca Truper, modelo CALDI-6MP, fabricado en acero inoxidable, con pantalla LCD de color plateado y negro; las mediciones se

expresaron en milímetros (mm). Además, se realizó un conteo visual del número de hojas formadas en cada planta.



Figura 5. Evaluaciones del crecimiento de plántones de cacao: a. Altura y b. Diámetro

3.3.3. Área foliar

Se llevó a cabo la obtención de las siluetas de todas las hojas de un solo plantón sobre una hoja de papel, las cuales fueron cuidadosamente recortadas (Figura 5).

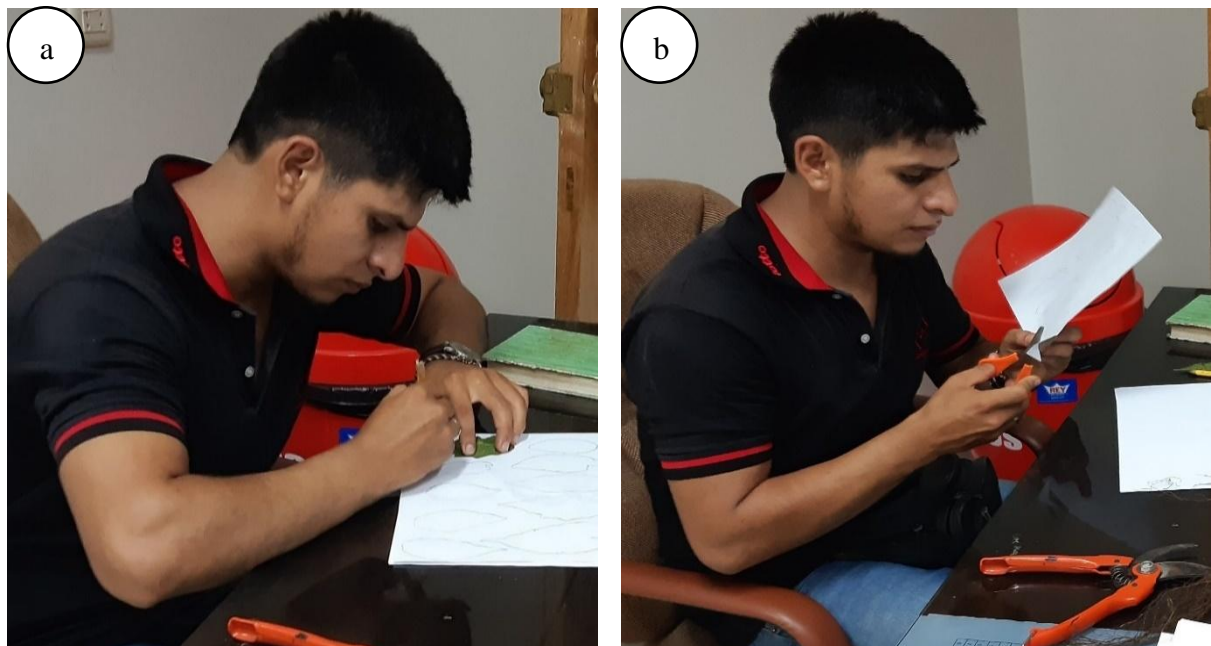


Figura 6. Área foliar: a. Dibujo de las siluetas de las hojas en papel bond y b. Corte de las siluetas de las hojas dibujadas

Posteriormente, se procedió a pesar el conjunto total de las siluetas obtenidas. Simultáneamente, se cortaron y pesaron 100 cm² del mismo papel utilizado para

obtener las siluetas. A través de este procedimiento, utilizando el método de regla de tres simples con base en el peso de los 100 cm² de papel y el peso total de las siluetas, se determinará con precisión el área foliar de los plántones correspondientes a cada tratamiento en estudio (Montgomery, 1911). Este punto de vista meticuloso proporcionará información detallada sobre la superficie foliar de las plantas, un aspecto importante para entender su desarrollo y fisiología en la situación del experimento

A través de este procedimiento, utilizando el método de regla de tres simples con base en el peso de los 100 cm² de papel y el peso total de las siluetas, se determinará con precisión el área foliar de los plántones correspondientes a cada tratamiento en estudio. Este punto de vista meticuloso proporcionará información detallada sobre la superficie foliar de las plantas, un aspecto importante para entender su desarrollo y fisiología en la situación del experimento.

3.3.4. Clorofila

Este parámetro fue evaluado al término del experimento, que abarcó un periodo de 90 días.



Figura 7. Evaluación de clorofila: a. Molido de hojas, b. Papel filtro, c. Filtrado del extracto y d. Extractos en tubos de ensayo

Para realizar la medición, se extrajeron las hojas de cinco plantones del área neta. Posteriormente, se procedió a mezclarlas y se extrajo una muestra de 200 mg (peso fresco). Estas hojas fueron colocadas en un mortero limpio, donde se agregaron 25 ml de acetona al 80 %, y se trituraron hasta obtener una mezcla homogénea (Arnon, 1949). De manera inmediata, se filtró la mezcla, recolectando el extracto resultante en un tubo de ensayo (Figura 6). Los extractos se llevaron al espectrofotómetro, y se registraron las densidades ópticas a longitudes de onda específicas, incluyendo 645, 663 y 652 nm. Estos datos posibilitaron el cálculo de la concentración de clorofila en el extracto, expresándola en miligramos (mg) de clorofila por gramo de peso fresco de tejido, este procedimiento detallado ofreció una evaluación precisa de la presencia de clorofila en las hojas de las plantas, brindando información valiosa sobre su estado fisiológico y su capacidad fotosintética.

3.3.5. Longitud y volumen de raíces

Implicó el sacrificio de cinco plantones por cada unidad experimental (UE) de cada tratamiento.

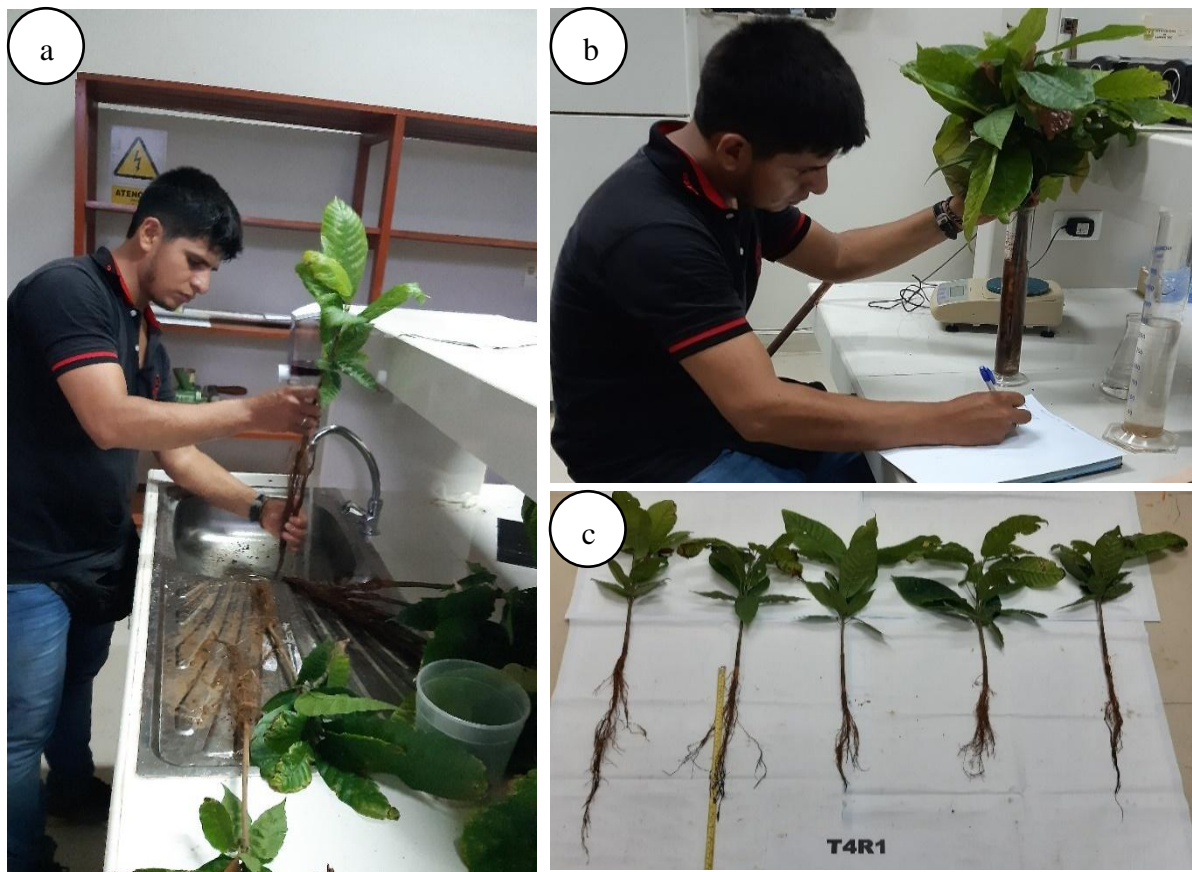


Figura 8. Evaluación de raíces de plantones de cacao: a. Lavado de raíces, b. Medida de volumen de raíces y c. Longitud de raíces

Para obtener mediciones precisas, se procedió a retirar cuidadosamente la tierra adherida a las raíces. Posteriormente, las raíces fueron lavadas en la pileta del laboratorio de semillas de la Facultad de Agronomía. Después del proceso de limpieza, las raíces se dejaron secar a la sombra y se procedió a realizar las mediciones utilizando una regla metálica graduada. Las medidas se tomaron desde la inserción del tallo hasta la parte terminal de las raíces principales, proporcionando datos detallados sobre la longitud de las raíces (Figura 7).

Además, se llevó a cabo la medición del volumen de las raíces sumergiendo la plántula hasta el cuello de la raíz en una probeta graduada con un volumen de agua predefinido, utilizando este método, se pudo calcular el volumen por diferencia, registrando las mediciones de los cinco plantones seleccionados para sacrificio, este punto de vista integral proporciona información significativa sobre el desarrollo radicular de las plantas en relación con los diversos tratamientos del experimento.

3.3.6. Peso fresco y seco

Para calcular este parámetro, se utilizaron los mismos plantones empleados para medir la longitud y el volumen de las raíces, estas raíces se pesaron y luego se colocaron en bolsas de papel periódico para obtener el peso fresco, para obtener el peso seco, las muestras se sometieron a un proceso de secado en una estufa a 70 °C durante 48 horas, o hasta alcanzar un peso constante, posteriormente, se pesaron las muestras secas y, mediante la diferencia, se calculó el porcentaje de humedad y materia seca.

3.3.7. Análisis foliar

Las hojas fueron cuidadosamente recolectadas y sometidas a mediciones de peso fresco y peso seco para evaluar la concentración de nutrientes y otros compuestos químicos relevantes, las muestras de hojas fueron trasladadas al Laboratorio de Suelos, Agua y Toxicología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de La Selva (UNAS) para llevar a cabo un análisis químico detallado. Este análisis abarcó la cuantificación de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio, así como otros elementos importantes para el desarrollo vegetal

3.3.8. Análisis económico

Se realizó la evaluación de la viabilidad económica de los diferentes tratamientos en investigación mediante la aplicación del método de "análisis comparativo de ingresos y costos de producción", el índice costo-beneficio (C/B) de cada tratamiento se determinará utilizando la ecuación (3):

$$Relacion\ B/C = \frac{Ingreso\ Bruto}{Costo\ Produccion} \dots(3)$$

El ingreso bruto en todos los tratamientos se determinará multiplicando la cantidad de plántones producidos por hectárea por el precio individual de cada plántón.

3.4. Ejecución del experimento

3.4.1. Limpieza

Una vez identificado la cama de vivero designado por el encargado, se procedió hacer el control de malezas (dentro y fuera de la cama de vivero), se retiró todas las malezas, posteriormente se niveló la cama de vivero con la finalidad de evitar encharcamiento, luego se cercó con malla raschel, para evitar el ingreso de personas ajenas y animales, posteriormente se identificó los bloques y tratamiento, según el croquis planteado.

3.4.2. Preparación de sustrato

Para llevar a cabo esta actividad, se extrajo tierra de purma (negra) de la capa superficial del suelo (0-10 cm) en el bosque de reserva de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS).



Figura 9. Preparación de sustrato: a. Extendido de suelo para que seque, b. Tamizado de suelo, c. Haciendo hervir agua para desinfectar y d. Aplicando agua caliente al suelo para su desinfección

Esta tierra fue tamizada para obtener una textura fina y posteriormente mezclada con lombrihumus en una proporción específica: 10 % de lombrihumus (87,50 kg) y 90 % de tierra (612,50 kg). La mezcla fue desinfectada utilizando agua hervida y expuesta al sol durante dos días. Antes de este proceso, se tomó una muestra de suelo que se envió al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía para un análisis de caracterización detallado. Se emplearon 14 sacos de tierra, cada uno de 50 kg, totalizando 700 kg. Dado que el 10 % de esta tierra contenía materia orgánica (MO), esto equivalía al 70,000 % de MO en 700,000 g de tierra. Como el lombrihumus tenía un 80 % de MO por cada 100 g, el contenido total de MO requerido (70,000 %) correspondía a 87,500 g (87,50 kg) de lombrihumus, que se mezclaron con 612,50 kg de tierra para alcanzar el objetivo de 10 % de MO en la mezcla final. Según Vásquez (2018), el uso de sustratos con un 10 % de MO es esencial para obtener plántones de cacao de alta calidad (Figura 8).

3.4.3. Embolsado y acomodo de bolsas

Se llenó un total de 336 bolsas con el sustrato previamente preparado, aplicando presión con los dedos para asegurar un llenado uniforme en la base.



Figura 10. Labores de embolsado y ordenamiento de bolsas en vivero: a. Llenado de bolsas, b. Ordenamiento de bolsas según tratamiento y c. Bolsas ordenadas según croquis

Se buscó que las bolsas quedaran firmes, con el objetivo de prevenir posibles caídas en etapas posteriores. Posteriormente, se organizaron las bolsas en bloques, siguiendo el esquema delineado en el croquis y asignándoles los tratamientos correspondientes según lo planificado (Figura 9).

3.4.4. Desinfección de semillas y siembra de bolsas

La obtención de las semillas de cacao IMC-67 fue un proceso meticuloso, desarrollado en etapas cuidadosamente planificadas para garantizar su calidad y sanidad. En primer lugar, se seleccionaron mazorcas maduras y bien formadas, preferentemente ubicadas en el tercio superior del tronco, asegurando que estuvieran libres de plagas y enfermedades. Posteriormente, se cortó el extremo donde se encuentra el pedúnculo que conecta la mazorca con el tronco, y las semillas fueron extraídas manualmente utilizando guantes quirúrgicos para mantener condiciones higiénicas. Durante este proceso, se descartaron las semillas ubicadas en las puntas de las mazorcas. Finalmente, el mucílago que recubría las semillas fue eliminado mediante frotación con aserrín fino, asegurando que estuvieran completamente limpias. El siguiente paso consistió en la desinfección de las semillas, empleando el fungicida Homai, para ello, se pesaron 10 g del producto, que se diluyeron en 10 L de agua, las semillas se sumergieron en esta solución durante 20 min. y, posteriormente, fueron retiradas y colocadas en un cernidor de metal para escurrir el exceso de agua.

Luego, se procedió a la pre-germinación. En esta etapa, se humedecieron 5 kg de aserrín utilizando la solución fungicida restante; sobre un costal negro extendido en una mesa de 0,50 x 1 m a una altura de 1 m del suelo, se colocó una capa de aserrín de 2 cm aproximadamente, seguida de las semillas desinfectadas. Estas fueron cubiertas nuevamente con aserrín, luego con un costal negro húmedo, y finalmente con un plástico negro; tras tres días, se observó la emisión de la radícula, luego se seleccionaron únicamente las semillas con radículas saludables para la siembra. En la etapa final, las semillas seleccionadas se sembraron en bolsas, disponiendo la raíz perpendicularmente a una profundidad de 2 cm, finalmente, se realizó el riego utilizando una regadera manual, asegurando condiciones óptimas para el desarrollo inicial de las semillas de cacao IMC-67.

3.4.5. Riegos

Durante el primer mes, la atención diaria a las plántulas se efectuó puntualmente en las horas matutinas, en los meses subsiguientes, la frecuencia se redujo a cada tres días, adaptándose al desarrollo de las plántulas, cabe destacar que esta labor no se llevó a

cabo en los días lluviosos, permitiendo un control más cauteloso y eficiente del proceso de crecimiento.

3.4.6. Control de malezas

Se implementó un riguroso control de malezas tanto dentro como en las áreas circundantes al vivero, extendiéndose también a las propias bolsas utilizadas en el proceso. El propósito principal de esta actividad fue prevenir que las malezas se convirtieran en hospederos de plagas, al mismo tiempo que se buscaba minimizar la competencia por agua y nutrientes. Es importante destacar que todo este procedimiento se llevó a cabo de manera minuciosa y manual, garantizando así un ambiente propicio para el desarrollo saludable de las plantas.

3.4.7. Aplicación de los productos biológicos

La primera aplicación de los productos biológicos se llevó a cabo durante la siembra, integrándolos al sustrato de acuerdo con los diferentes tratamientos establecidos.



Figura 11. Tiempo de aplicación de los productos biológicos de acuerdo a los tratamientos mencionados: a. Medida de productos y b. Aplicación de productos

Posteriormente, se programaron aplicaciones adicionales: la segunda, a los 30 días después de la primera, y la tercera, a los 60 días después de la segunda aplicación. Este cronograma estratégico asegura una cobertura continua y efectiva a lo largo del ciclo de desarrollo de las plantas, optimizando así los beneficios de los productos biológicos utilizados (Figura 10).

Tabla 10. Tiempos de la aplicación de las enmiendas microbianas

Nº de Aplicaciones	Tiempo de aplicación
Primera aplicación	Al momento de la siembra
Segunda aplicación	30 días después de la primera aplicación
Tercera aplicación	60 días después de la segunda aplicación

En el proceso de aplicación de tratamientos, se llevaron a cabo tres aplicaciones en distintos momentos (Tabla 7). Estos intervalos estratégicos aseguran una cobertura continua a lo largo del ciclo de desarrollo, permitiendo un control eficiente y efectivo de los tratamientos en estudio.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características químicas y microbianas del suelo.

4.1.1. Análisis del suelo

El análisis de varianza del análisis químico del suelo (Tabla 11) revela que no existen diferencias estadísticas significativas entre los bloques, dado que el valor de probabilidad es superior al nivel establecido ($p > 0,05$), por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0), sugiriendo que los bloques no ejercen un efecto significativo en el pH, MO, P, K, Ca, Mg, K^+ y Na del suelo (Dagnino, 2014; Navarro y Pascual, 2020). En contraste, se observan diferencias estadísticas significativas en los tratamientos, ya que el valor de probabilidad es inferior al nivel establecido ($p < 0,05$), en este caso, se acepta la hipótesis alternativa (H_a), indicando que al menos un tratamiento presenta diferente pH, MO, P, K, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+ en el suelo (García y Pino, 2018; Navarro y Pascual, 2020). Pimentel (1985), citado en Gordón-Mendoza y Camargo-Buitargo (2015), clasifica los coeficientes de variación (CV) como bajos ($<10\%$) y medios ($10-20\%$). En los ensayos agrícolas, los CV oscilaron entre 4,07 y 13,01 %. Los coeficientes de determinación (R^2) variaron entre 0,81 y 0,99, mostrando un buen ajuste del modelo a las variables estudiadas (Martínez, 2005).

En la evaluación de la prueba de DGC con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, se observa que el tratamiento control presenta un contenido de nutrientes inferior en comparación con los tratamientos que recibieron enmiendas microbianas (Tabla 12). La aplicación de Bacthon puede aumentar el pH del suelo debido a la actividad de los microorganismos presentes en este producto, debido que es un inoculante biológico que contiene microorganismos eficientes capaces de descomponer materia orgánica y liberar nutrientes; durante este proceso, se producen compuestos que pueden neutralizar la acidez del suelo, elevando su pH (Vega, 2013), La combinación de Bacthon y Tricho-D incrementa el pH del suelo debido a su acción sinérgica, Bacthon descompone materia orgánica y neutraliza ácidos, mientras que Tricho-D mejora la salud radicular; aplicado individualmente, Tricho-D no modifica significativamente el pH, ya que su función principal es antagonizar patógenos (Del Castillo, 2023). La aplicación de Tricho-D incrementa el contenido de materia orgánica (MO) debido a la acción de microorganismos como *Trichoderma*, que descomponen los residuos orgánicos y promueven la biomasa microbiana, mientras que Bacthon, al acelerar la mineralización de la MO, reduce su acumulación; por lo tanto, la combinación de ambos productos genera un aumento moderado, aunque la aplicación individual de Tricho-D es más efectiva para incrementar el contenido de MO en el suelo (Lazo et al., 2020).

Tabla 11. Cuadrados medios del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) corresponden al análisis químico del suelo realizado 90 días después de la siembra

Fuente de variación	GL	(1:1)		%		PPM (disponible)						Cmol(+)/kg													
		pH		MO		P			K			Ca ²⁺		Mg ²⁺		K ⁺		Na ⁺							
		CM	Sig. p-valor	CM	Sig. p-valor	CM	Sig.	p-valor	CM	Sig.	p-valor	CM	Sig.	p-valor	CM	Sig.	p-valor	CM	Sig.	p-valor					
Bloque	2	0,15	NS	0,1565	0,03	NS	0,2554	3,98	NS	0,3957	351,47	NS	0,7457	0,88	NS	0,4822	0,01	NS	0,5785	0,02	NS	0,2655	0,01	NS	0,2504
Tratamiento	3	0,39	S	0,0254	0,65	S	0,0001	2883,30	S	<0,0001	87381,56	S	<0,0001	107,57	S	<0,0001	1,56	S	<0,0001	0,68	S	0,0001	0,22	S	0,0001
Error experimental	6	0,06			0,01			3,66			1140,10			1,07			0,01			0,01			0,00		
Total	11																								
CV		4,07			5,51			3,43			12,79			8,37			5,43			13,01			11,35		
R ²		0,81			0,96			0,99			0,97			0,98			0,99			0,97			0,97		

SN : No significativo

S : Significativo

Tabla 12. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) para el análisis químico final del suelo evaluado a los 90 días después de la siembra, presentado como Media \pm Error estándar.

Trat.	(1:1)			%			Trat.	ppm (disponible)						Cmol(+)/kg												
	pH			MO				P			K			Ca ²⁺		Mg ²⁺		K ⁺		Na ⁺						
	\bar{x}	EE	Sig.	Trat.	\bar{x}	EE		Sig.	\bar{x}	EE	Sig.	\bar{x}	EE	Sig.	\bar{x}	EE	Sig.	\bar{x}	EE	Sig.	\bar{x}	EE	Sig.			
T ₂	6,30	± 0,14	a	T ₃	2,71	± 0,07	a	T ₄	81,10	± 1,11	a	487	± 19,5	a	19,40	± 0,6	a	2,64	± 0,06	a	1,39	± 0,06	a	1,39	± 0,06	a
T ₄	6,26	± 0,14	a	T ₄	2,27	± 0,07	b	T ₃	74,80	± 1,11	b	305	± 19,5	b	15,00	± 0,6	b	2,22	± 0,06	b	0,92	± 0,06	b	0,92	± 0,06	a
T ₃	5,69	± 0,14	b	T ₂	1,92	± 0,07	c	T ₂	54,70	± 1,11	c	157	± 19,5	c	8,55	± 0,6	c	1,46	± 0,06	c	0,49	± 0,06	c	0,49	± 0,06	b
T ₁	5,63	± 0,14	b	T ₁	1,63	± 0,07	d	T ₁	12,40	± 1,11	d	107	± 19,5	c	6,37	± 0,6	d	1,04	± 0,06	d	0,33	± 0,06	c	0,33	± 0,06	b

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

T₁ : Testigo

T₂ : Bacthon

T₃ : Tricho-D

T₄ : Bacthon + Tricho-D

La aplicación de Bacthon también incrementa el contenido de materia orgánica (MO) en el suelo, aunque en menor proporción que Tricho-D y la mezcla de ambos, debido a la actividad de sus microorganismos, los cuales descomponen los residuos orgánicos y favorecen la mineralización, mejorando la liberación de nutrientes esenciales para las plantas y aumentando la fertilidad del suelo, lo que contribuye a un mejor desarrollo y productividad de los cultivos (Cruz, 2022). En cuanto al contenido de P y K disponibles, así como de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+ intercambiables, se observó un mayor contenido con la aplicación de la mezcla de productos (Bacthon + Tricho-D), específicamente en el tratamiento T₄, seguido por el tratamiento con la aplicación de Tricho-D correspondiente al tratamiento T₃. Las enmiendas microbianas, como las estudiadas, se perfilan como alternativas sostenibles a los fertilizantes inorgánicos, capaces de rehabilitar suelos degradados y mejorar sus restricciones fisicoquímicas (Álvarez-Solós et al., 2010). Por otro lado, la aplicación comercial de *Trichoderma* sp. en los cultivos actúa como un impulsor eficaz del contenido de nutrientes, gracias a su capacidad para descomponer la materia orgánica mediante la acción conjunta de hongos y bacterias (Camargo-Cepeda y Ricardo, 2014).

Las enmiendas microbianas tienen un impacto positivo en la descomposición de la MO del suelo, los cuales liberan nutrientes esenciales como fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}) y sodio (Na^+), lo que mejora el suelo (Orius, 2020; Héctor-Ardisana et al., 2020; Serfi, 2021 y 2023). Además, las enmiendas microbianas desempeñan un papel importante en la mejora de la estructura del suelo (Altamirano et al., 2022).

El análisis detallado del suelo revela que el mayor contenido de nutrientes se alcanza con la aplicación de la mezcla de productos (Bacthon + Tricho-D). Cuando los productos se aplican de manera individual, los resultados más favorables se obtienen con Tricho-D, a excepción del pH, donde no se observan diferencias estadísticamente significativas (Cruz, 2022). Este análisis refuerza la idea de que la combinación de enmiendas microbianas es clave para optimizar el rendimiento nutricional del suelo, mejorando así la salud y productividad de los cultivos.

La aplicación de productos incrementa significativamente el contenido de nutrientes y materia orgánica (MO) en el suelo debido a la acción de microorganismos que mejoran sus propiedades físico-químicas y biológicas, favoreciendo la estructura, aireación y absorción eficiente de nutrientes (Pedraza et al., 2010), facilita la formación de humus al descomponer la MO, lo que mejora la retención de agua y nutrientes, creando condiciones óptimas para el desarrollo de los plantones de cacao (Beltrán, 2014).

Es esencial resaltar que la implementación de la nutrición mineral centrada en microorganismos juega un papel clave en la agroecología, no obstante, este punto de vista resulta efectivo únicamente cuando se tiene un conocimiento profundo de la actividad microbiana y sus repercusiones en las propiedades del suelo y el desarrollo de las plantas (Cruz-Cárdenas et al., 2021), estos productos, al contener bacterias beneficiosas, funcionan como facilitadores para el incremento del crecimiento de las plantas, la asociación simbiótica con estas bacterias genera un nuevo conjunto de ventajas, suministrando a las plantas una fuente continua de sustancias liberadas por las raíces, como aminoácidos, proteínas, enzimas, azúcares, ácidos orgánicos y vitaminas, entre otros (Holguín, 2008), estas citas respaldan y demuestran de manera concluyente el incremento significativo de nutrientes en el suelo en relación con el grupo de control.

4.1.2. Análisis microbiano

El análisis de varianza de macroorganismos del suelo, en respuesta a la aplicación de Bacthon, Tricho-D y la mezcla de productos (Tabla 13), revela que no se observan diferencias estadísticas en los bloques, excepto en el número de macroorganismos aerobios viables, esto se debe a que el valor de probabilidad es inferior al umbral establecido ($p > 0,05$), lo que conlleva a la aceptación de la H_0 , esto indica que los bloques no ejercen influencia en la cantidad de actinomicetos, mohos y levaduras presentes (Dagnino, 2014; Navarro y Pascual, 2020). En cuanto a los tratamientos, tampoco se evidencian diferencias estadísticas, dado que el valor de probabilidad es inferior al establecido ($p < 0,05$), de esta manera, se acepta nuevamente la H_0 , indicando que la aplicación de Bacthon, Tricho-D y la mezcla de productos generaron un número similar de microorganismos (aerobios viables, actinomicetos, mohos y levaduras) (García y Pino, 2018; Navarro y Pascual, 2020).

Tabla 13. Cuadrados medios del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para el análisis microbiológico del suelo, realizado a los 90 días después de la siembra

Fuente de Variación	GL	Microorganismos Aerobios Viables			Actinomicetos			Mohos y Levaduras		
		CM	Sig.	p-valor	CM	Sig.	p-valor	CM	Sig.	p-valor
Bloque	2	27,85	S	0,0349	4,45	NS	0,3436	0,24	NS	0,7347
Tratamiento	3	6,89	NS	0,3006	2,43	NS	0,5840	0,78	NS	0,4346
Error experimental	6	4,51			3,46			0,74		
Total	11									
CV		22,36			28,97			24,49		
R2		0,74			0,44			0,39		

Los coeficientes de variación (CV) de 22,36 %, 28,97 % y 24,49 % son considerados altos en ensayos agrícolas (Pimentel, 1985; citado en Gordón-Mendoza y

Camargo-Buitargo, 2015). El coeficiente de determinación (R^2) fue de 0,74, 0,44 y 0,39, mostrando una relación adecuada entre microorganismos aerobios viables, aunque menor en actinomicetos, mohos y levaduras (Martínez, 2005).

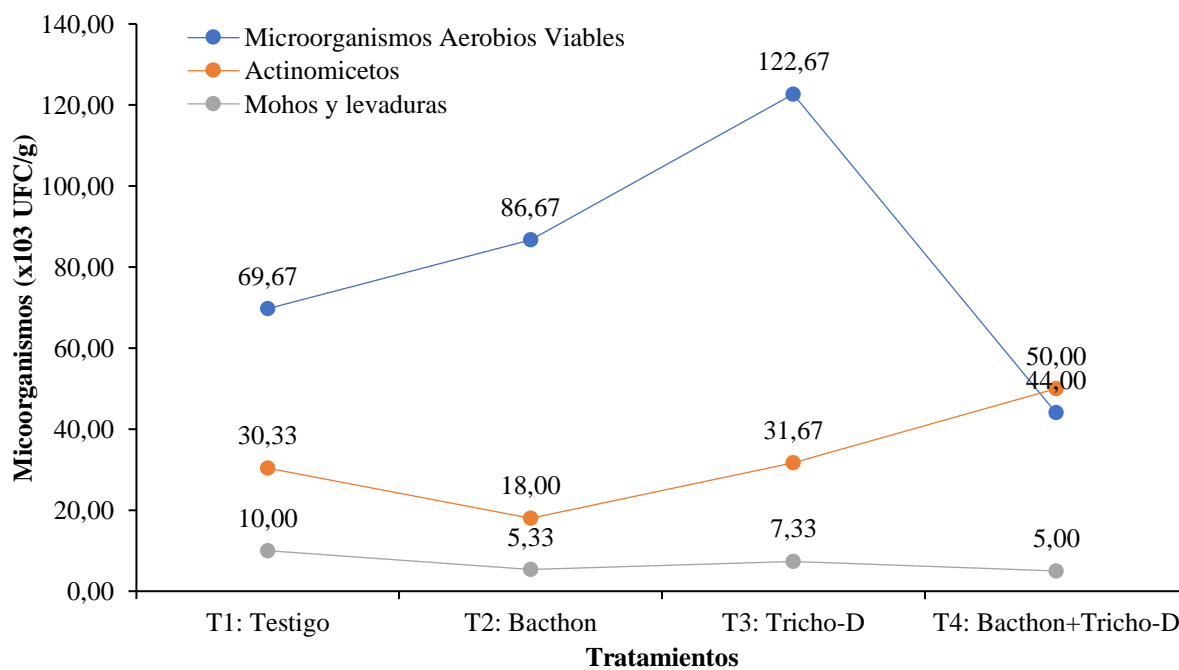


Figura 12. Macroorganismos del suelo en respuesta a los tratamientos, realizado a los 90 días después de la siembra

Para determinar el mayor número de microorganismos aerobios viables, actinomicetos, mohos y levaduras, en los suelos de cada tratamiento (Figura 12), se observó una mayor variación y mayor contenido de microorganismos con la aplicación de Tricho-D, al respecto Ramos (2023), refiere que la aplicación de productos biotecnológicos incrementó significativamente la población microbiana. El número de actinomicetos ($\times 1000$ UFC/g) fue mayor con Tricho-D + Bacthon, seguido de Tricho-D, el testigo y Bacthon muestran el menor valor. Los actinomicetos son importante es para la preservación del suelo, ya que interactúan con otras especies microbianas, mejorando la salud y estructura del suelo (Calvo et al., 2008), estos se distinguen por la formación de filamentos ramificados similares a los de los hongos, son organismos saprófitos cuyas células son de tipo procarionte (Dávila et al., 2013), estas razones justifican por qué la aplicación de enmiendas microbianas tiene un impacto en el crecimiento de los plantones y en las propiedades químicas del suelo. Se observará un mayor número de mohos y levaduras en el tratamiento testigo en comparación con los demás tratamientos, la reducción en la cantidad de hongos en los otros tratamientos podría deberse a

la competencia con los hongos presentes en las enmiendas microbiológicas que se desarrollan primero en el sustrato, además, estas enmiendas actúan como parásitos de hongos fitopatógenos impidiendo su crecimiento y desarrollo (Serfi, 2021, 2023).

4.2. Crecimiento de los plántones de cacao (Altura, diámetro, número de hojas, clorofila, área foliar, longitud y volumen de raíces, peso fresco y seco)

4.2.1. Altura, diámetro y número de hojas

El análisis de varianza (Tabla 14) mostró diferencias estadísticas en altura y número de hojas y no diferencias estadísticas en diámetro del tallo, los bloques, diseñados para reducir errores experimentales dentro de las unidades experimentales (UE), probablemente influyeron en las mediciones del diámetro de los plántones (García y Pino, 2018). Las diferencias estadísticas entre los tratamientos en altura, diámetro, número de hojas y sus pendientes se evidencian al obtener un p-valor menor a 0,05, rechazando la H_0 y aceptando la H_a , lo que indica que al menos un tratamiento y una pendiente presentan variaciones significativas (Dagnino, 2014). Los bloques y tratamientos muestran una relación adecuada en el crecimiento de altura y número de hojas, así como en la pendiente del número de hojas, a diferencia de las pendientes de altura y diámetro (Paredes, 2003). Los coeficientes de variación (CV) fueron bajos en altura y diámetro, medios en sus pendientes, y medios a altos en número de hojas, según Pimentel (1985; citado en Gordón-Mendoza y Camargo-Buitargo, 2015). El coeficiente de determinación (R^2) varió entre 0,55 y 0,89, indicando una fuerte relación entre las variables, especialmente en altura y diámetro (Martínez, 2005).

La prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) mostró que el tratamiento testigo presentó menor altura de plantas en todas las evaluaciones, en comparación con T_2 (Bacthon), T_3 (Tricho-D) y T_4 (Bacthon + Tricho-D) (Tabla 15). Se destaca el efecto positivo de la enmienda microbiana Bacthon, el biorregulador Tricho-D y su combinación en el fortalecimiento y crecimiento de los plántones de cacao, lo que les permite resistir condiciones adversas como plagas y climas extremos. De acuerdo con la información proporcionada en la ficha técnica de cada producto, estos promueven la absorción de nutrientes del suelo, estimulan la formación de raíces, favorecen el vigor y el desarrollo inicial del cultivo, mejoran el equilibrio nutricional en la planta, entre otros beneficios (Serfi, 2023). Los biorreguladores y enmiendas orgánicas contribuyen a potenciar el crecimiento de las plantas y representan una herramienta eficaz para promover la producción sostenible en la agricultura orgánica (García y Cerdá, 2008), la combinación de productos no promueve el crecimiento en altura de los plántones, indicando que la proporción entre Tricho-D y Bacthon no es propicia para el desarrollo de los plántones.

Tabla 14. Cuadrados medios del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de la altura (cm), diámetro (mm) y número de hojas de los plantones de cacao, a los 90 días después de la instalación

Fuente de variación	GL	Altura				Diámetro				Número de hojas			
		90 días		Tasa de crecimiento		90 días		Tasa de crecimiento		90 días		Tasa de crecimiento	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Bloque	2	14,01	0,0201	0,002	0,2882	0,24	0,1168	0	0,4844	70,64	<0,0001	0,014	<0,0001
Tratamiento	3	961,45	<0,0001	0,194	<0,0001	8,01	<0,0001	0,001	<0,0001	387,08	<0,0001	0,038	<0,0001
Error Muestral	9	3,2	0,5045	0,001	0,271	0,04	0,9494	0	0,3893	2,45	0,6837	0,001	0,5269
Error Experimental	105	3,45		0,001		0,11		0		3,37		0,001	
Total	119												
CV		7,54		14,441		5,6		13,527		15,03		21,115	
R ²		0,89		0,879		0,69		0,545		0,79		0,719	

Tabla 15. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de la altura (cm), diámetro (mm) y número de hojas de plantones de cacao, evaluado a los 90 días después de la instalación (Media \pm Error estándar).

Trat.	Altura				Diámetro				Número de hojas					
	90 días	Sig.	Tasa de crecimiento	Sig.	90 días	Sig.	Tasa de crecimiento	Sig.	90 días	Sig.	Tasa de crecimiento	Sig.		
T ₃	29,79 \pm 0,34	a	0,290 \pm 0,006	a	T ₃	6,15 \pm 0,06	a	0,048 \pm 0,001	a	T ₃	14,13 \pm 0,34	a	0,150 \pm 0,005	a
T ₂	26,51 \pm 0,34	b	0,216 \pm 0,006	b	T ₄	6,11 \pm 0,06	a	0,047 \pm 0,001	a	T ₄	14,10 \pm 0,34	a	0,148 \pm 0,005	a
T ₄	25,65 \pm 0,34	b	0,206 \pm 0,006	b	T ₂	6,06 \pm 0,06	a	0,047 \pm 0,001	a	T ₂	13,80 \pm 0,34	a	0,139 \pm 0,005	a
T ₁	16,57 \pm 0,34	c	0,095 \pm 0,006	c	T ₁	5,07 \pm 0,06	b	0,036 \pm 0,001	b	T ₁	6,83 \pm 0,34	b	0,075 \pm 0,005	b

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

T₁ : Testigo

T₂ : Bacthon

T₃ : Tricho-D

T₄ : Bacthon + Tricho-D

Las enmiendas microbianas no solo tienen un impacto positivo en el crecimiento y desarrollo de las plantas, sino que también generan efectos beneficiosos en los procesos hidrológicos del suelo, estas enmiendas mejoran la infiltración del agua en el suelo, facilitando una absorción más eficiente por parte de las raíces, además, favorecen la retención hídrica en el suelo, asegurando un suministro constante de agua incluso en condiciones climáticas adversas (Novales, 2010). La aplicación de enmiendas microbianas también estimula la actividad microbiana, mejorando la disponibilidad de nutrientes y contribuyendo positivamente a la salud y estructura general del suelo, en última instancia, se considera que las enmiendas microbianas son esenciales para optimizar la salud y el rendimiento del suelo, creando un entorno propicio para el desarrollo robusto de las plantas (Calvo et al., 2008).

Al examinar la relación entre la variable de altura de los plantones y los días de evaluación (Figura 13), se observa una clara correlación positiva, a medida que aumentan los días de evaluación, se registra un incremento significativo en la altura de los plantones, entre los tratamientos, se destaca que el tratamiento T₃ (Tricho-D) exhibe la mayor relación, alcanzando un 94,97 %, seguido por el tratamiento T₂ (Bacthon) con una relación del 90,28 %. Los tratamientos T₄ y T₁ muestran relaciones ligeramente más bajas en comparación. Es fundamental señalar que el coeficiente de determinación (R^2) se utiliza para evaluar la idoneidad del ajuste del modelo lineal, en esta situación, un R^2 igual a 1 indicaría un ajuste perfecto, mientras que un valor de cero sugeriría que el modelo lineal no explica la variación total de la variable Y, en este caso, los valores de R^2 cercanos a uno en los tratamientos T₃ y T₂ respaldan la validez de la relación positiva entre los días de evaluación y la altura de los plantones (Novales, 2010). Además, es importante destacar que se evidencia una mayor tasa de crecimiento en el tratamiento T₃, esta tasa se refleja en una variación significativa de 5,6382.

La tasa de crecimiento aquí mencionada representa la velocidad a la que la población de plantones está aumentando (o disminuyendo) durante un intervalo específico de tiempo, en este caso, como consecuencia de las variables contempladas en el estudio, esta información ofrece una perspectiva más detallada sobre la dinámica de crecimiento y destaca la influencia positiva del tratamiento T₃ en el desarrollo vigoroso de los plantones a lo largo del tiempo (Torres-Degró, 2011). Estos resultados ofrecen una visión detallada de la dinámica de crecimiento, subrayando la influencia positiva del Tricho-D en el desarrollo vigoroso de los plantones a lo largo del tiempo (Novales, 2010; Torres-Degró, 2011).

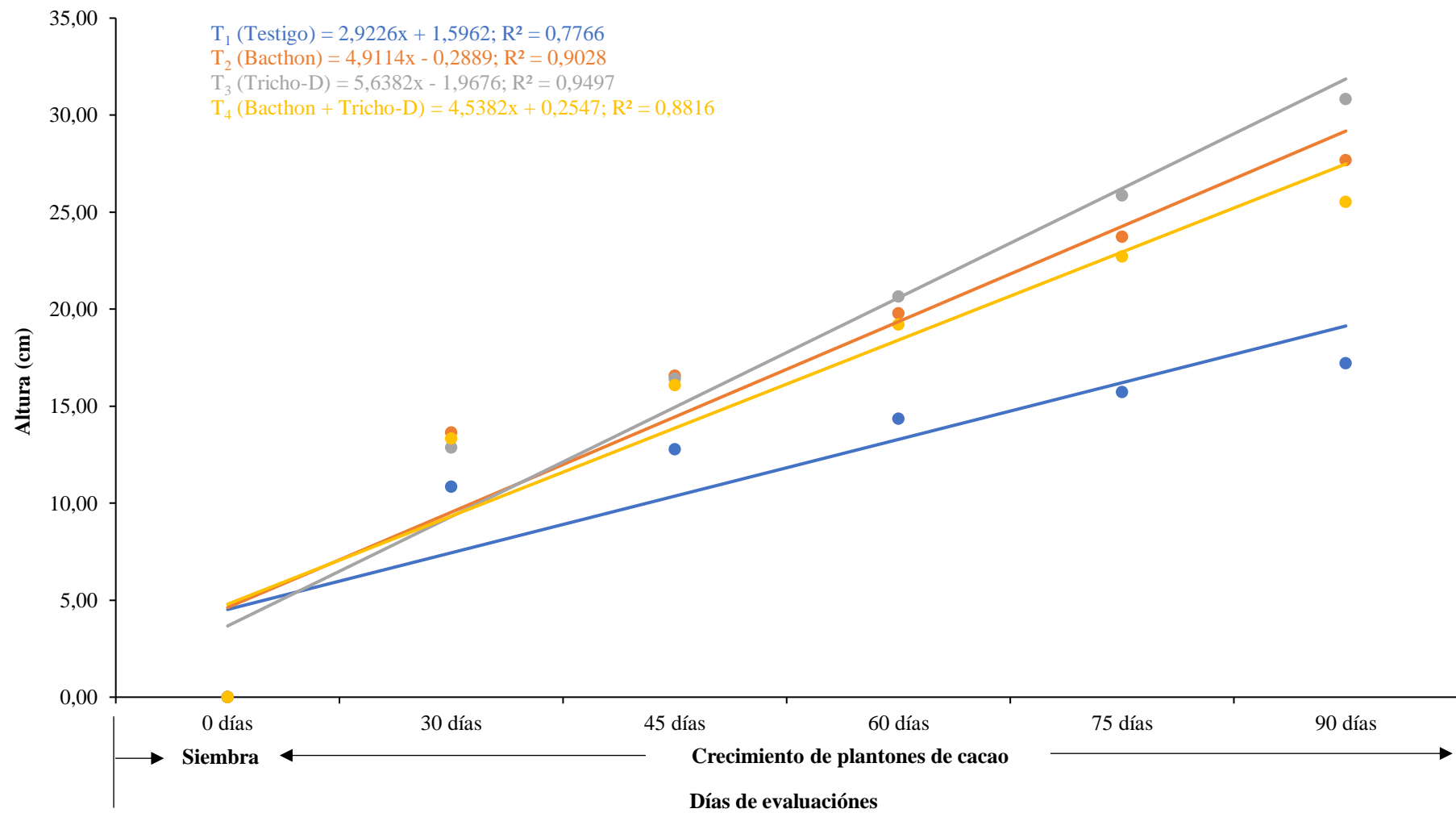


Figura 13. Altura de los plántulas de cacao a los 30, 45, 60, 75 y 90 días posteriores a la siembra, con respecto a los tratamientos en estudio

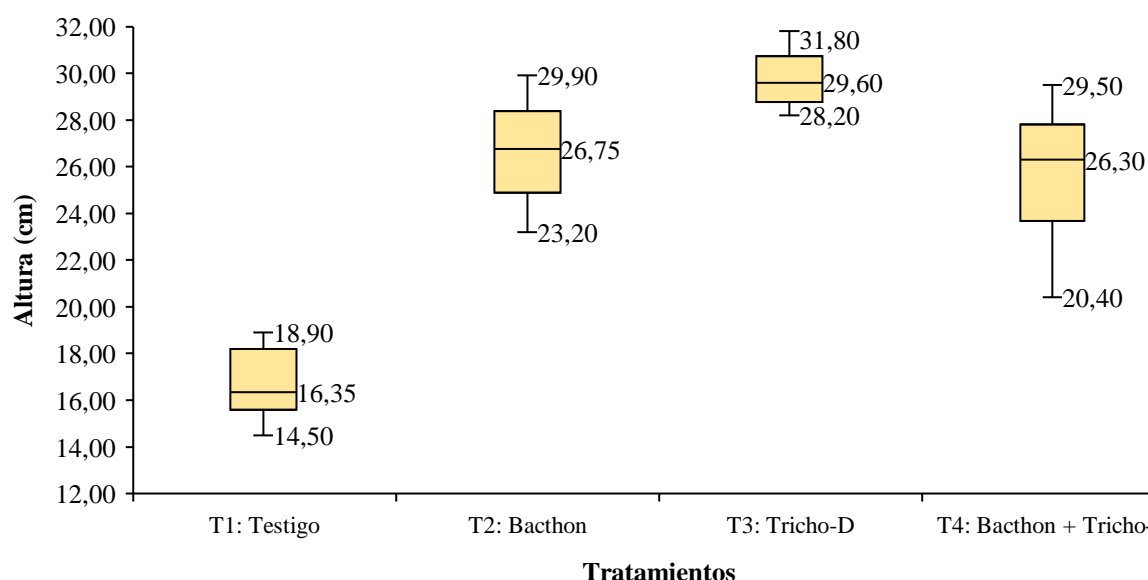


Figura 14. Altura de los plantones de cacao a los 90 días de la siembra, con respecto a los tratamientos en estudio

El diagrama de puntos con cola confirma diferencias estadísticas en las alturas mínimas y máximas de los plantones evaluados a los 90 días después de la siembra (Figura 14). El tratamiento testigo mostró plantones de menor tamaño en comparación con aquellos tratados con enmiendas microbianas como Tricho-D, Bacthon y la combinación de ambos. Se destaca que los plantones tratados con Bacthon y Bacthon + Tricho-D presentan alturas similares, evidenciado por el entrecruzamiento de las colas en el diagrama, mientras que los plantones tratados con Tricho-D alcanzan mayores alturas y una mayor variación, lo que se refleja en el tamaño de las colas del gráfico. Los resultados demuestran el impacto positivo de las enmiendas microbianas en el crecimiento de los plantones, donde las diferencias de altura entre los tratamientos (Tricho-D, Bacthon y su mezcla) respecto al testigo evidencian su eficacia para estimular un desarrollo significativamente superior. Este hallazgo se respalda en la composición específica de las enmiendas, como documentan estudios previos (ORIUS, 2020; Serfi, 2021, 2023). Dichas enmiendas promueven el crecimiento y metabolismo de las plantas, mejorando su resistencia ante condiciones adversas como sequías y ataques de plagas (Héctor-Ardisana et al., 2020). En consecuencia, la incorporación de Tricho-D y Bacthon surge como una estrategia efectiva para potenciar el crecimiento de los plantones de cacao, proporcionando no solo un desarrollo robusto, sino también mayor resistencia a factores estresantes. Estos resultados refuerzan la importancia de las enmiendas microbianas en el desarrollo agrícola sostenible y resiliente, además de abrir nuevas oportunidades para futuras investigaciones en situación productivos más amplios.

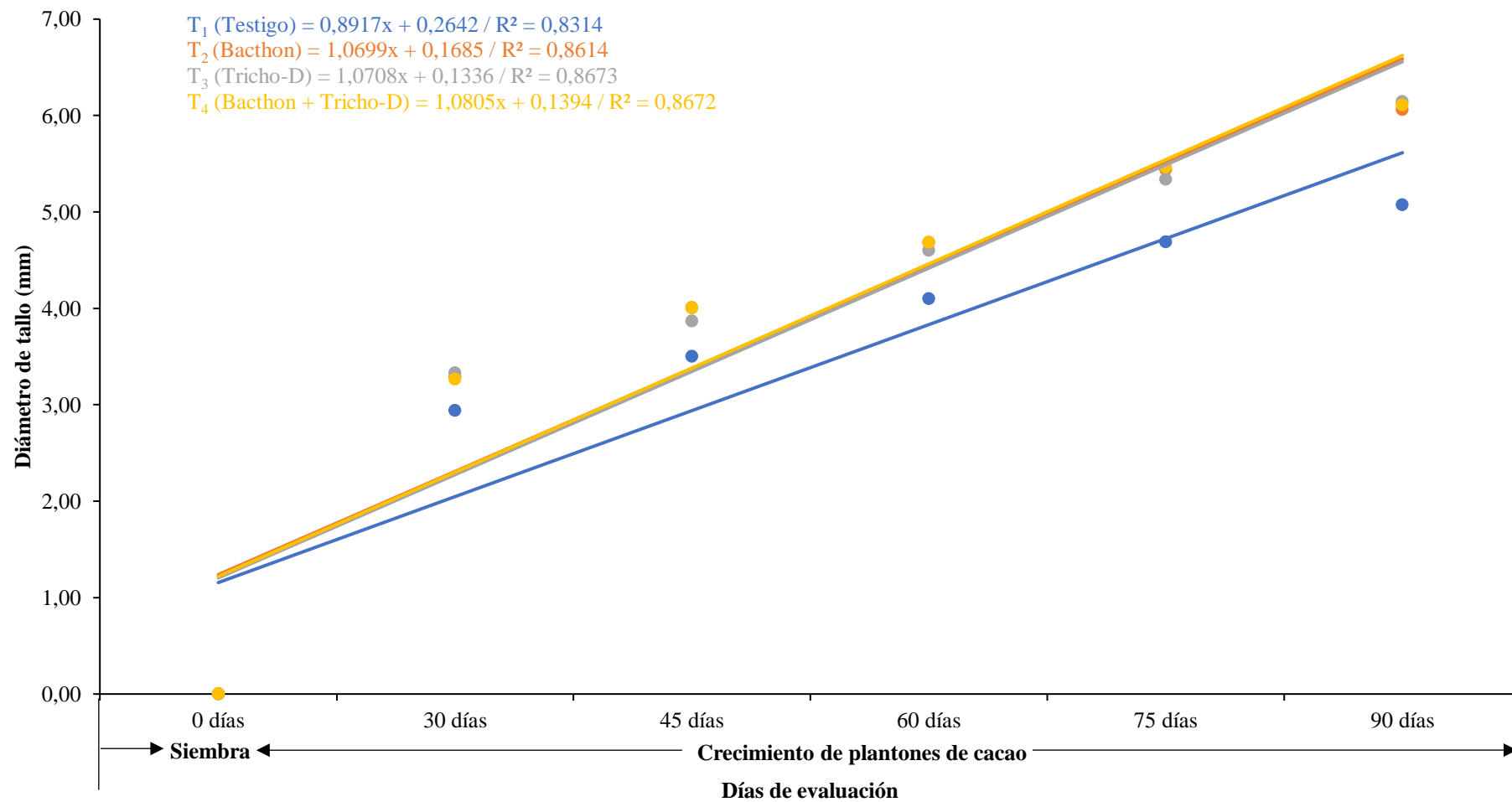


Figura 15. Evaluación del diámetro del tallo de los plántones de cacao a los 30, 45, 60, 75 y 90 días después de la siembra, con respecto a los tratamientos en estudio

Al analizar la relación entre la variable diámetro del tallo de plántones y días de evaluación (Figura 15), se determinó una relación positiva, dado que a mayores días de evaluación se registró un mayor incremento en el diámetro del tallo de los plántones de cacao, con una relación de 86,73, 86,72 y 86,14 % correspondiente a T₃, T₄ y T₂, y en menor relación el tratamiento testigo, estos hallazgos respaldan la idea de que la aplicación de enmiendas microbianas contribuye de manera positiva al desarrollo del diámetro del tallo a lo largo del tiempo. El coeficiente de determinación (R^2) se utiliza como indicador del ajuste de un modelo lineal a los datos, donde un valor de uno representa un ajuste perfecto y cero indica que el modelo no explica la variación (Novales, 2010), en esta situación, observamos que las tasas de crecimiento difieren entre los tratamientos, destacando el T₄ (mezcla de productos) con una variación significativa de 1,0805 evaluados cada 15 días después de la siembra, la tasa de crecimiento, en esta situación, representa la velocidad a la que la población de plántones aumenta o disminuye debido a las variables en estudio (Torres-Degró, 2011), aunque los resultados exhiben diámetros de tallo similares, la variación en las tasas de crecimiento sugiere que la mezcla de productos (T₄) podría influir positivamente en el desarrollo del diámetro.

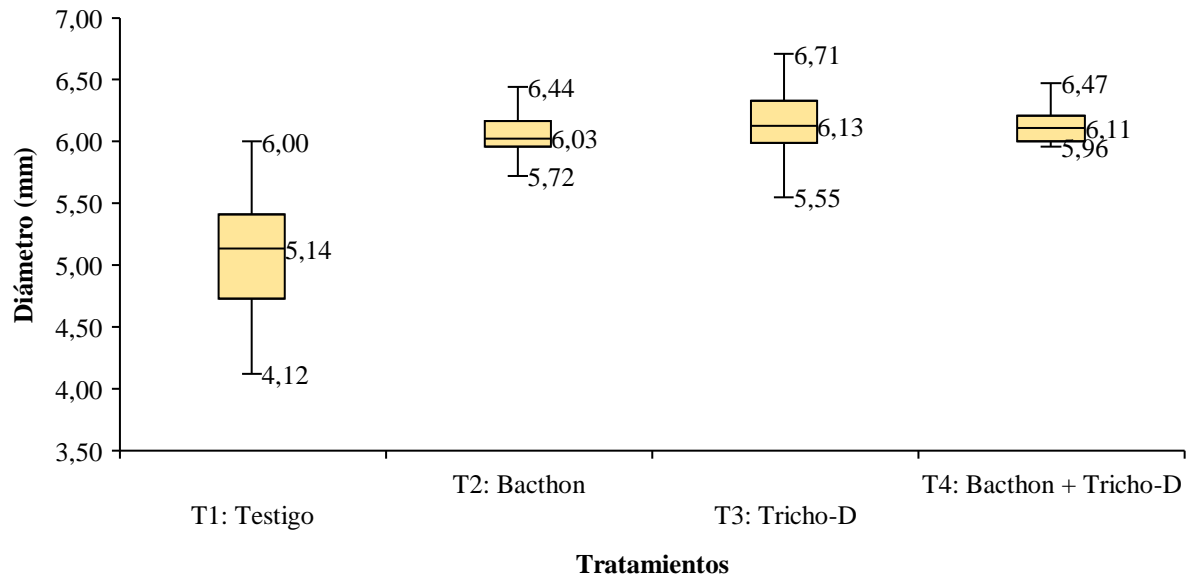


Figura 16. Diámetro del tallo de los plántones de cacao evaluados después de 90 días de la siembra, con respecto a los tratamientos en estudio

Se observa que los plántones tratados con enmiendas microbianas tienen diámetros similares, y las colas en los diagramas son mínimas (Figura 16), lo que representa una baja variación en las medias de los diámetros de tallo de los plántones de cacao en las UE

de los diferentes tratamientos, en contraste, las evaluaciones de los plantones del tratamiento de control muestran una mayor variación en las medidas de diámetro, dado que las colas son más extensas. Los diámetros de los plantones de cacao fueron 5,14, 6,03, 6,13 y 6,11 mm, correspondientes a Tricho-D, Bacthon, Tricho-D + Bacthon y control, respectivamente, la diferencia en el diámetro de tallo con la aplicación de enmiendas microbianas en comparación con el control es de 0,89, 0,99 y 0,97 cm, respectivamente. La composición de las enmiendas microbianas tiene un efecto positivo en la altura de los plantones debido a su composición (ORIOUS, 2020; Serfi, 2021, 2023), estas sustancias promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas, mejoran su metabolismo y les otorgan mayor resistencia a condiciones adversas, como la sequía o el ataque de plagas (Héctor-Ardisana et al., 2020), además, las enmiendas microbianas mejoran la estructura del suelo, aumentan la capacidad de retención de agua y nutrientes, y favorecen el desarrollo de la actividad biológica del suelo de manera natural (Altamirano et al., 2022).

Al examinar la relación entre la variable del número de hojas de los plantones de cacao y los días de evaluación (Figura 17), se identificó una correlación positiva, esto indica que a medida que aumentan los días de evaluación, se observa una mayor emisión de hojas en los plantones de cacao, la relación porcentual para los tratamientos con enmiendas microbianas fue del 97,27, 96,54, 94,86 y 93,46 %, correspondientes a T₁, T₄, T₃ y T₂, respectivamente, se destaca que se logró una mayor relación entre las variables en el tratamiento T₁, seguido por el tratamiento que consiste en la mezcla de productos. El coeficiente de determinación (R^2), que es igual a uno en esta situación, denota un ajuste lineal perfecto, si el valor es cero, indica que el modelo lineal no representa la variación total de la variable Y (Novales, 2010), la tasa de crecimiento más pronunciada se observa en los tratamientos T₃ (Tricho-D) y T₂ (Bacthon), con variaciones de 2,5524 y 2,5143, respectivamente.

La tasa de crecimiento se refiere a la velocidad a la que una población aumenta o disminuye durante un periodo determinado debido a las variables en estudio (Torres-Degró, 2011). Los resultados demuestran que los tratamientos con enmiendas microbianas generan un número similar de hojas en los plantones de cacao en comparación con el tratamiento testigo, esto resalta el efecto positivo de los productos y la mezcla en la emisión de hojas, la composición de productos como *Trichoderma* muestra un impacto positivo, dado que promueve el aumento en el número de hojas (Ruiz-Cisneros et al., 2018).

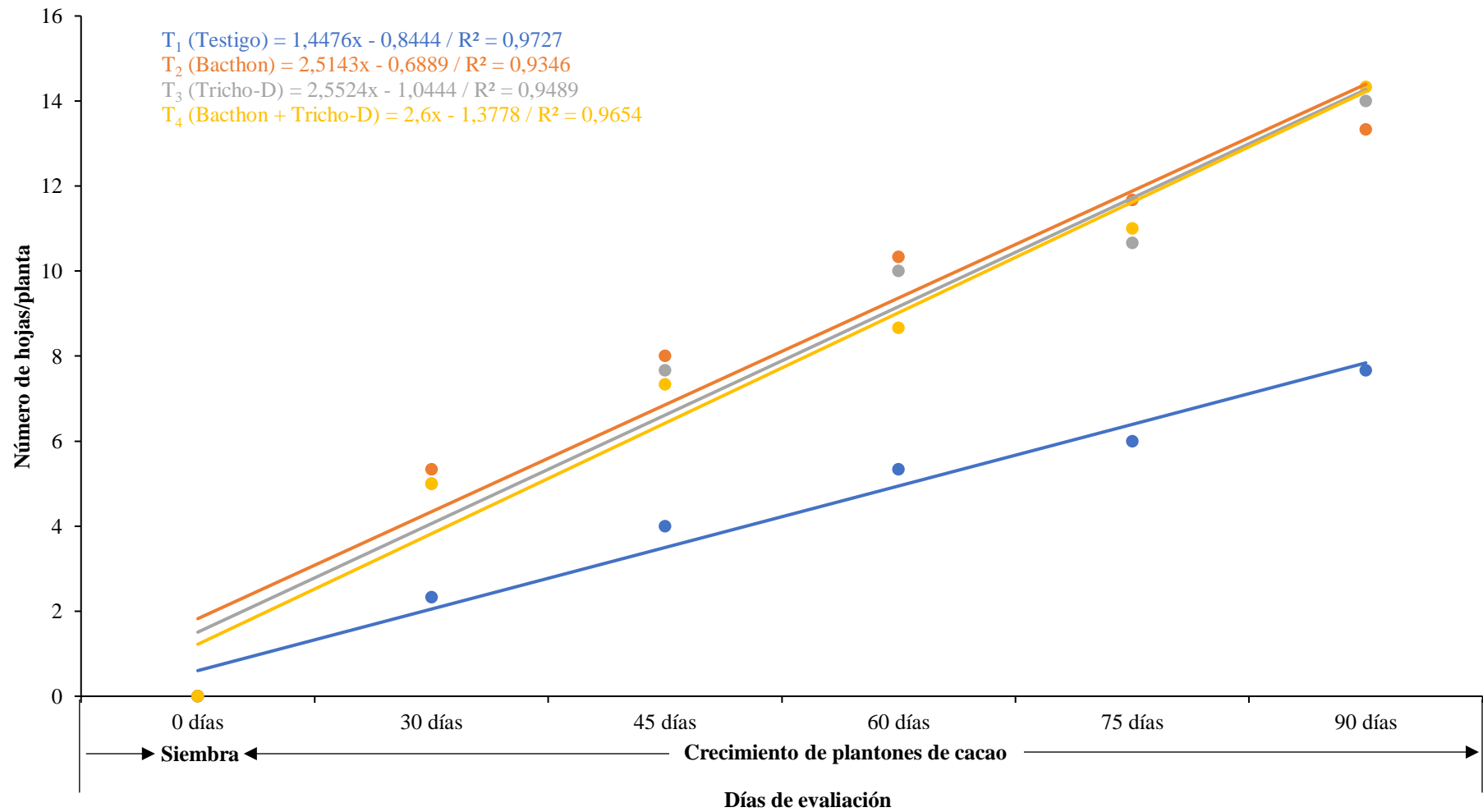


Figura 17. Evaluación del número de hojas de plántones de cacao evaluados a los 30, 45, 60, 75 y 90 días después de la siembra, con respecto a los tratamientos en estudio

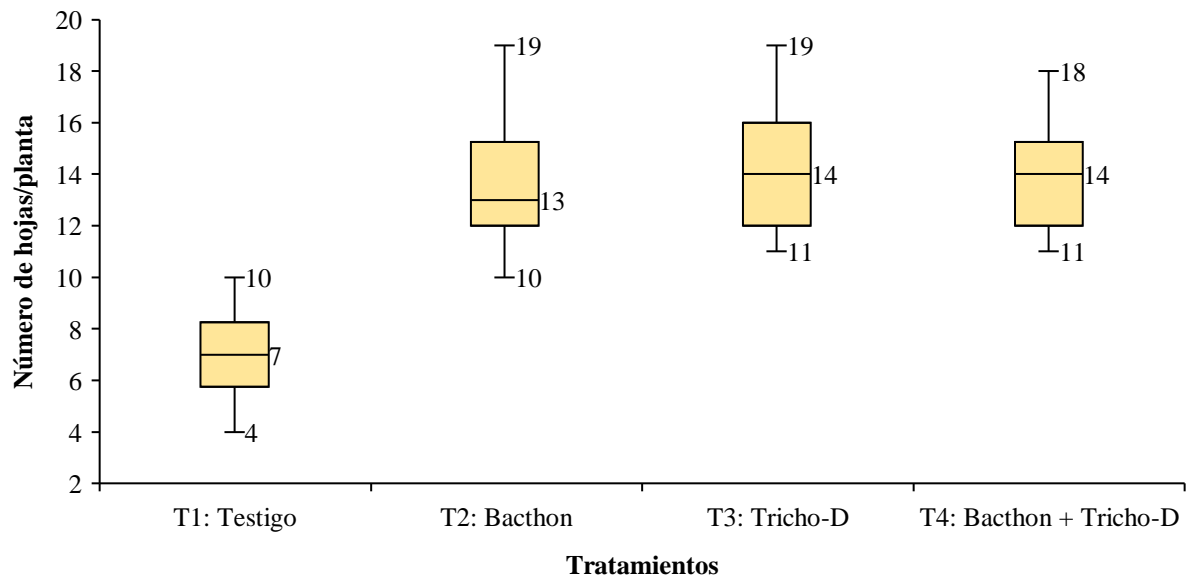


Figura 18. Número de hojas de plántulas de cacao evaluadas 90 días después de la siembra, con respecto a los tratamientos en estudio

El número de hojas de los plántones de cacao a los 90 días de la siembra (Figura 18), los tratamientos con enmiendas microbianas presentaron un mayor número de hojas (14, 14 y 13 hojas/planta), en comparación con el testigo (8 hojas/planta), Tricho-D y la mezcla de productos generaron la mayor variación en número de hojas, la diferencia en hojas respecto al testigo fue de 6 y 5 hojas/planta, esto sugiere un impacto positivo de las enmiendas microbianas en el crecimiento foliar (ORIOUS, 2020; Serfi, 2021, 2023), puesto que son compuestos que estimulan el crecimiento de las plantas y mejoran su metabolismo, otorgándoles mayor resistencia a condiciones desfavorables como la sequía o la presión de plagas (Héctor-Ardisana et al., 2020), adicionalmente, las modificaciones microbianas contribuyen a la mejora de la composición del suelo, aumentan la capacidad de retención de agua y nutrientes, y proporcionan de forma natural los elementos esenciales para las plantas, asimismo, impulsan el desarrollo de la actividad biológica en el suelo (Altamirano et al., 2022), colectivamente, estas modificaciones microbianas colaboran en el incremento del número de hojas en las plántulas de cacao.

4.2.2. Clorofila, área foliar, longitud y volumen de raíces, peso fresco y seco de plántones de cacao.

El análisis de varianza referente al contenido de clorofila en las hojas, área foliar, longitud e volumen de raíces, peso fresco y seco de plántones de cacao (Tabla 13)

muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los bloques, esto se debe a que el valor de probabilidad es superior al umbral establecido $> 0,05$, lo que conduce a la aceptación de la H_0 , en consecuencia, se concluye que todos los bloques son estadísticamente equivalentes y no ejercen influencia en los resultados (García y Pino, 2018; Navarro y Pascual, 2020), a excepción de la evaluación área foliar que si muestra diferencias estadísticas en los bloques, por lo tanto se aprueba la H_a . Respecto a los tratamientos, se evidencian diferencias estadísticas significativas en los niveles de clorofila, área foliar, longitud e volumen de raíces, peso fresco y seco de plántones de cacao, ya que el valor de probabilidad es inferior al umbral establecido $< 0,05$, por lo tanto, se descarta la H_0 y se acepta la H_a (Dagnino, 2014b), estos resultados sugieren que al menos un tratamiento exhibe un resultado distinto en las variables evaluadas.

Los coeficientes de variación (CV) se clasificaron como bajos, medios y altos según estándares agrícolas, mostrando menor variación en área foliar y mayor en clorofila (Pimentel, 1985; citado en Gordón-Mendoza y Camargo-Buitargo, 2015). El coeficiente de determinación (R^2) indicó una fuerte relación entre las variables evaluadas, excepto en clorofila, donde se observó una dependencia débil debido a factores no controlados (Martínez, 2005).

La prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) revela que el tratamiento testigo presenta un menor contenido de clorofila, área foliar, longitud e volumen de raíces, peso fresco y seco de plántones de cacao, en comparación con los tratamientos que recibieron enmiendas microbianas (Tabla 14), se observa que el tratamiento T_2 (Bacthon) exhibe el mayor contenido de clorofila, este tratamiento, que es una enmienda microbiana beneficiosa para el suelo y las plantas, está formulado con bacterias y levaduras benéficas para el suelo, estas permiten incorporar nutrientes a los cultivos mediante una descomposición biológica eficiente de la materia orgánica (Serfi, 2021), además, estimula parámetros bioquímicos y fisiológicos de las plantas, así como la intensidad de los pigmentos fotosintéticos de las hojas (Loayza et al., 2023; Navarro, 2014).

Estadísticamente, se encuentra que el tratamiento T_2 es diferente de los tratamientos T_4 y T_3 en cuanto, además, el tratamiento T_4 (Bacthon + Tricho-D) difiere estadísticamente del tratamiento T_3 (Tricho-D), los resultados indican un menor contenido de clorofila con la aplicación de Tricho-D, posiblemente debido a la composición del producto y al bajo contenido de algunos nutrientes como el N (Navarro, 2014). Según la ficha técnica de los productos, el Tricho-D permite el desarrollo de un medio adecuado para las raíces, participando en actividades bióticas del ecosistema edáfico y haciendo dinámico el reciclaje de nutrientes, lo que contribuye a la sostenibilidad de la producción de cultivos (ORIOUS, 2020; Serfi, 2021).

Tabla 16. Cuadrado medios del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de clorofila, área foliar, longitud y volumen de raíces, peso fresco y seco de plantones de cacao evaluados a los 90 días después de la siembra

Fuente de variación	GL	Clorofila Total		Área foliar		Longitud de raíces		Volumen de raíces		Peso fresco		Peso seco	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Bloques	2	0,75	0,2936	58,15	0,0297	40,06	0,0926	21,59	0,3574	456,09	0,3815	38,61	0,337
Tratamientos	3	0,85	<0,0001	2414,85	<0,0001	97,12	0,0129	172,75	0,0099	1694,97	0,0461	129,01	0,0543
error experimental	6	0,75		8,69		11,03		17,58		211,97		18,27	
Total	11												
CV		29,53		0,85		9,6		15,87		18,65		19,2	
R ²		0,47		0,99		0,85		0,84		0,83		0,81	

Tabla 17. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de clorofila, área foliar, longitud e volumen de raíces, peso fresco y seco de plantones de cacao evaluados a los 90 días después de la siembra, expresados en Media \pm Error estándar.

Trat.	Clorofila Total		Trat.	Área foliar (cm ²)		Longitud de raíces		Volumen de raíces		Peso fresco			Peso seco		
	Media \pm EE	Sig.		Medias \pm EE	Sig.	Media \pm EE	Sig.	Media \pm EE	Sig.	Trat.	Media \pm EE	Sig.	Trat.	Media \pm EE	Sig.
T ₂	6,82 \pm 0,00	a	T ₂	365,07 \pm 1,70	a	39,47 \pm 1,92	a	32,67 \pm 2,42	a	T ₃	93,00 \pm 8,41	a	T ₄	26,77 \pm 2,47	a
T ₄	6,65 \pm 0,00	b	T ₃	363,76 \pm 1,70	a	36,83 \pm 1,92	a	30,67 \pm 2,42	a	T ₄	90,30 \pm 8,41	a	T ₃	25,87 \pm 2,47	a
T ₃	5,86 \pm 0,00	c	T ₄	357,60 \pm 1,70	b	35,70 \pm 1,92	a	26,67 \pm 2,42	a	T ₂	86,33 \pm 8,41	a	T ₂	23,80 \pm 2,47	a
T ₁	5,48 \pm 0,00	d	T ₁	305,77 \pm 1,70	c	26,40 \pm 1,92	b	15,67 \pm 2,42	b	T ₁	42,67 \pm 8,41	b	T ₁	12,60 \pm 2,47	b

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

- T₁ : Testigo
- T₂ : Bacthon
- T₃ : Tricho-D
- T₄ : Bacthon + Tricho-D

El Tricho-D constituye un fungicida biológico formulado a partir del hongo *Trichoderma harzianum*, desempeñando funciones tanto como bio-regulador como antagonista natural de los fitopatógenos (Serfi, 2023), este hongo exhibe la capacidad de segregar ácidos orgánicos, entre ellos el ácido glutámico, cítrico y fumárico, estos ácidos, generados a partir del metabolismo de diversas fuentes de carbono, principalmente la glucosa, inducen la solubilización de fosfatos, micronutrientes y minerales, abarcando el hierro (Fe), magnesio (Mg) y manganeso (Mn) (Chambe-Mamani et al., 2021), estas razones explican el mayor contenido de clorofila en comparación con el tratamiento testigo.

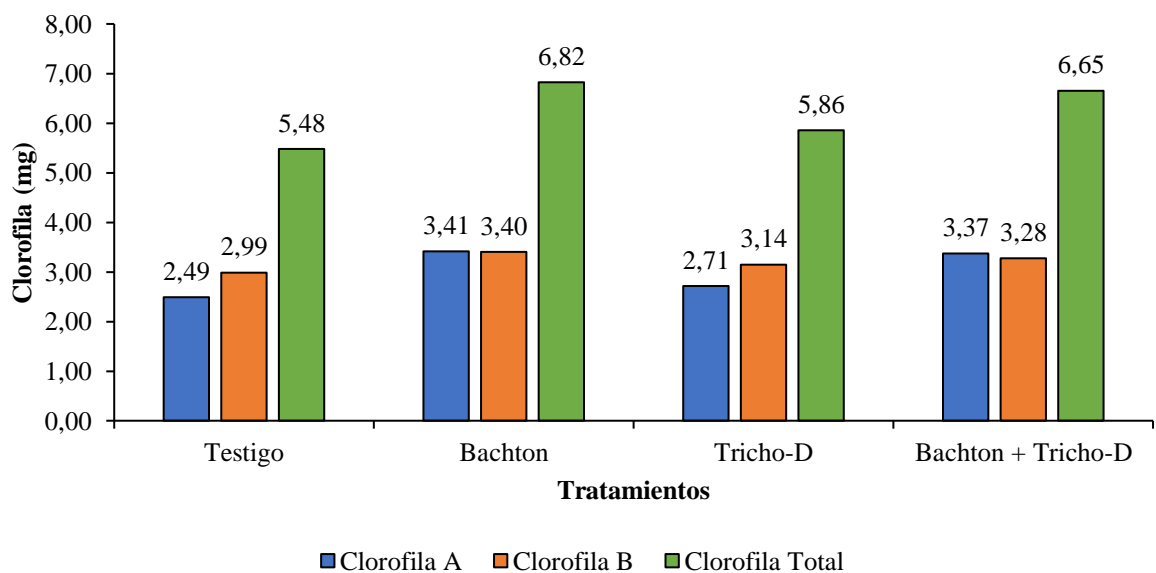


Figura 19. Clorofila en las hojas de los plantones de cacao evaluados a los 90 días después de la siembra, con respecto a los tratamientos en estudio

La comparación detallada de los niveles de clorofila A, B y total (Tabla 19), revela patrones significativos en la respuesta de los plantones de cacao a diferentes tratamientos, en particular, se observa un contenido de clorofila notablemente inferior en los grupos de control y en los plantones tratados con Tricho-D, en contraste con los tratamientos que incorporaron Bacthon y una combinación de productos, este hallazgo resalta la influencia positiva de las enmiendas microbianas, especialmente Bacthon, en la actividad fotosintética de las plantas, es relevante destacar que, específicamente en los tratamientos de control y Tricho-D, se evidencia un predominio de clorofila B, en contraposición a los tratamientos con Bacthon y la mezcla de productos, donde se determina un mayor contenido de clorofila A, la clorofila B, con su característico tono verde, desempeña un papel importante al mejorar la capacidad de

absorción de luz por parte de la clorofila A, contribuyendo así a la eficiencia del proceso fotosintético (Manrique, 2003).

Este fenómeno se atribuye a la acción de las enmiendas microbianas en la pigmentación de las hojas, dicha influencia positiva en el contenido de clorofila puede tener consecuencias significativas en el crecimiento y desarrollo de las plantas, en concordancia con estudios similares, donde el tratamiento de control exhibió el menor contenido de clorofila en comparación con la aplicación de productos orgánicos (Navarro, 2014), nuestros resultados respaldan la idea de que las enmiendas microbianas, al mejorar la pigmentación y la eficiencia fotosintética, pueden ser una estrategia efectiva para mejorar la calidad de los plantones de cacao, no solo se limita a plantas de cacao, sino que también se han observado efectos beneficiosos similares en plantas de jitomate en condiciones de invernadero (Ruiz-Cisneros et al., 2018). Estos estudios indican que las enmiendas microbianas pueden ser consideradas como agentes promotores del crecimiento vegetal, dado que no solo mejoran la altura y la biomasa, sino que también contribuyen a un aumento significativo en el contenido de clorofila, indicador clave de la salud y vitalidad de las plantas, los hallazgos respaldan la viabilidad de utilizar enmiendas microbianas, especialmente Bacthon, como una estrategia integral para potenciar el crecimiento y la calidad de los plantones de cacao, abriendo nuevas perspectivas en la optimización de prácticas agrícolas sostenibles y amigables con el medio ambiente.

Respecto al área foliar, los tratamientos T₂ (Bacthon) y T₃ (Tricho-D) se destacan al exhibir un área foliar significativamente mayor, a nivel estadístico, estos dos tratamientos se consideran equivalentes entre sí, pero difieren de manera significativa de los demás tratamientos evaluados, por otro lado, el tratamiento T₄ (Bacthon + Tricho-D) presenta diferencias estadísticas en comparación con el tratamiento T₁ (Testigo), siendo este último el que muestra la menor área foliar (Tabla 14). Los resultados subrayan un impacto positivo asociado a la aplicación de enmiendas microbianas, dado que estos tratamientos superan claramente al tratamiento testigo, además, se destaca la ausencia de una acción recíproca entre los dos productos en relación con el área foliar; de hecho, se observa que, cuando se aplican de manera individual, ambos productos demuestran un rendimiento mejorado, las enmiendas microbianas se perfilan como alternativas prometedoras a los fertilizantes inorgánicos, dado que ofrecen la capacidad no solo de mejorar el suelo degradado, sino también de abordar las restricciones fisicoquímicas del suelo (Álvarez-Solós et al., 2010), asimismo, la aplicación comercial de *Trichoderma* sp. en el cultivo de arvejas ha demostrado impactos positivos sustanciales en el crecimiento y desarrollo de las plantas, influenciando positivamente variables fisiológicas como el área foliar (Camargo-Cepeda y Ricardo, 2014), este conjunto de hallazgos

respalda la viabilidad y la eficacia de las enmiendas microbianas en la mejora de la salud y el rendimiento de los cultivos.

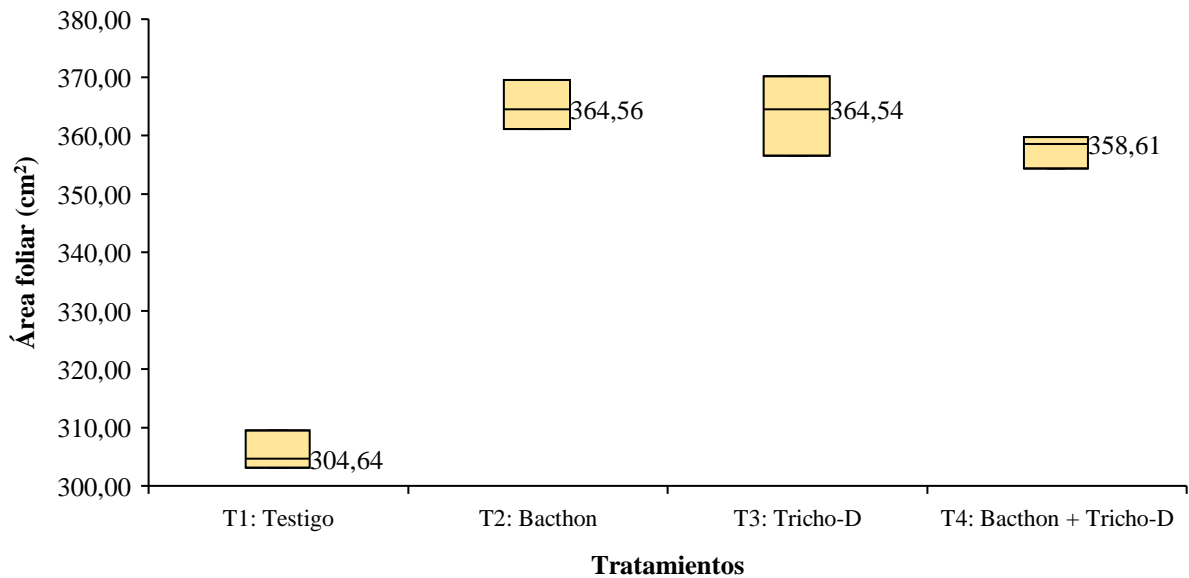


Figura 20. Área foliar de los plántones de cacao evaluados después de 90 días de la siembra, llevada a cabo en enero de 2020 en el Laboratorio de Semillas de la Facultad de Agronomía

En el gráfico de puntos con colas que ilustra los valores mínimo y máximo del área foliar de los plántones de cacao en cada tratamiento, evaluado a los 90 días después de la siembra (Figura 20), se observa que el tratamiento de control presenta un área foliar menor en comparación con los tratamientos que fueron tratados con enmiendas microbianas, los valores promedio del área foliar de los plántones son 364,56, 363,54, 358,61 y 304,64 cm² para la aplicación de Bacthon, Tricho-D, la combinación de ambos y el control, respectivamente. La composición de las enmiendas microbianas ejerce un impacto positivo en el área foliar de los plántones, gracias a la configuración de los productos (ORIOUS, 2020; Serfi, 2021, 2023). Estas sustancias no solo actúan como promotores del desarrollo fisiológico de las plantas, sino que también mejoran su metabolismo, otorgándoles mayor resistencia a condiciones adversas (Héctor-Ardisana et al., 2020), al mismo tiempo, las enmiendas microbianas contribuyen a mejorar la estructura del suelo y a aumentar la capacidad de retención de agua y nutrientes (Altamirano et al., 2022), este conjunto de efectos positivos subraya la viabilidad y eficacia de las enmiendas microbianas como estrategia para potenciar el crecimiento y desarrollo de los plántones de cacao.

Los hallazgos destacan la eficacia de las enmiendas microbianas, especialmente la aplicación de *Trichoderma* sp., como alternativas prometedoras a los fertilizantes inorgánicos, estas enmiendas no solo muestran la capacidad de restaurar suelos degradados y mejorar las restricciones fisicoquímicas del suelo (Álvarez-Solós et al., 2010), sino que también tienen un impacto positivo significativo en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, como se evidencia en el caso de las arvejas mediante la mejora del área foliar (Camargo-Cepeda y Ricardo., 2014). La composición de estas enmiendas, como se destaca en trabajos de ORIUS (2020), Serfi (2021, 2023), y Héctor-Ardisana et al. (2020), evidencian la existencia de compuestos beneficiosos que fomentan el crecimiento fisiológico de las plantas y optimizan su metabolismo, fortaleciéndolas ante condiciones adversas, además, se destaca que las enmiendas microbianas no solo afectan directamente a las plantas, sino que también generan un impacto positivo en la composición del suelo, mejorando su capacidad para retener agua y nutrientes, como indican los informes Altamirano et al. (2022). Estos hallazgos subrayan la capacidad integral de las enmiendas microbianas como una táctica sostenible y eficaz para potenciar la salud del suelo y maximizar el rendimiento de los cultivos.

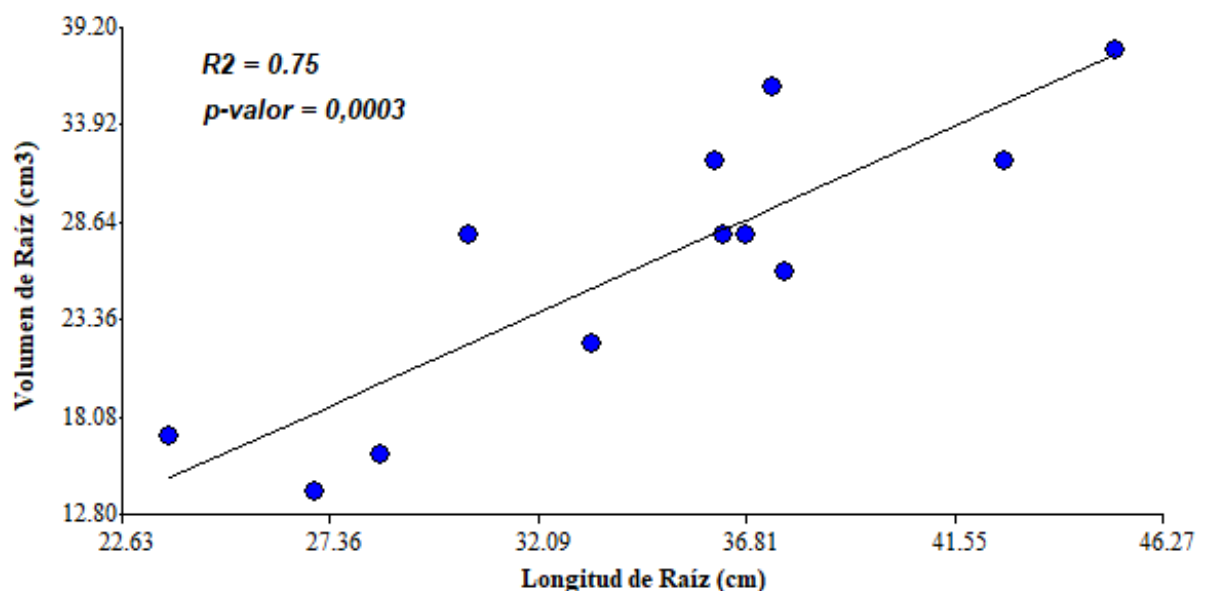


Figura 21. Longitud y volumen de las raíces de los plantones de cacao a los 90 días después de la siembra (X) representa longitud de raíces (Y) el volumen de raíces

Al explorar la regresión lineal entre la longitud y el volumen de las raíces (Figura 21), se revela una relación positiva: a medida que la longitud de las raíces aumenta, el volumen de las raíces en los plantones de cacao también se incrementa, evidenciado por un

coeficiente de determinación (R^2) de 0,75, un R^2 igual a uno señala un ajuste lineal perfecto, mientras que un valor de cero indica la falta de representatividad del modelo lineal, sugiriendo que este no explica la variación total de la variable Y (Novales, 2010), en este caso, la relación entre las variables en estudio es del 75 %, atribuyendo el 25 % restante a otros factores, posiblemente de índole ambiental. El valor de probabilidad, 0,0003, indica que el efecto de los productos y la mezcla en relación con la longitud y volumen de las raíces responde a las aplicaciones y composición de dichos productos, como el *Trichoderma*, que ejerce un impacto positivo al estimular el crecimiento y volumen de las raíces (Ruiz-Cisneros et al., 2018), también, se destaca que estos productos pueden potenciar el crecimiento de las plantas hasta en un 300 %, de manera concomitante, se resalta la capacidad de las cepas de *Trichoderma* para inducir un sistema de raíces más extenso y mejorar la salud general de las plantas (González-Marquetti et al., 2019). Es importante destacar que, en su composición, las bacterias son los organismos más prevalentes en la rizosfera, mostrando la capacidad de proliferar y colonizar diversos nichos ecológicos de la raíz en diversas etapas del desarrollo de las plantas (Vázquez et al., 2020), este fenómeno no solo colabora en la mejora de la estructura del suelo, sino que también potencia la capacidad de retención de agua y nutrientes, además, proporciona de manera natural elementos minerales esenciales para el desarrollo de las plantas y estimula la actividad biológica del suelo (Altamirano et al., 2022).

Las enmiendas microbianas surgen como alternativas eficaces a los fertilizantes orgánicos, dado que contribuyen a mejorar las restricciones fisicoquímicas del suelo, este mejoramiento, a su vez, favorece el crecimiento de las plantas y, como consecuencia directa, se traduce en un incremento significativo en el peso de los plántones de cacao (Álvarez-Solós et al., 2010), la aplicación de *Trichoderma* presenta una mejora significativa en el crecimiento y desarrollo de los plántones de cacao, esta influencia se refleja en las variables fisiológicas, sugiriendo un potencial incremento en el peso de los plántones de cacao (Camargo-Cepeda y Ricardo, 2014), la composición meticulosamente diseñada de las enmiendas microbianas tiene efectos beneficiosos notables en las propiedades fisiológicas de los cultivos, evidenciándose en el tamaño y peso de las plantas, la presencia estratégica de microorganismos, como *Trichoderma*, crea un entorno propicio para el desarrollo vegetal al interactuar simbióticamente con las raíces, mejorando la absorción de nutrientes y fortaleciendo la resistencia a patógenos, este punto de vista integrado no solo impulsa el crecimiento en términos de tamaño, sino que también tiene un impacto positivo en la biomasa, resultando en un aumento directo del peso de los cultivos (ORÍUS, 2020; Serfi, 2021, 2023). Además de mejorar las condiciones del suelo a nivel físico y químico, la aplicación estratégica de enmiendas microbianas potencia la salud y vitalidad de las

plantas a nivel fisiológico, en consecuencia, la elección cuidadosa y la aplicación estratégica de enmiendas microbianas se presentan como un componente esencial para optimizar la producción agrícola de manera sostenible y eficiente (Héctor-Ardisana et al., 2020a), las enmiendas microbianas no solo son beneficiosas para las propiedades fisiológicas de los cultivos, sino que también desempeñan un papel integral en la mejora estructural del suelo, promoviendo una mayor capacidad de retención de agua y nutrientes, este punto de vista integral fortalece la salud del suelo y contribuye de manera significativa a la sostenibilidad y eficiencia de la producción agrícola (Altamirano et al., 2022), se anticipa un peso mayor en los plántones de cacao en los tratamientos con enmiendas microbianas en comparación con el tratamiento testigo, este hallazgo subraya la importancia de las enmiendas microbianas en la mejora global de las condiciones del suelo y su consiguiente influencia positiva en el rendimiento de los cultivos.

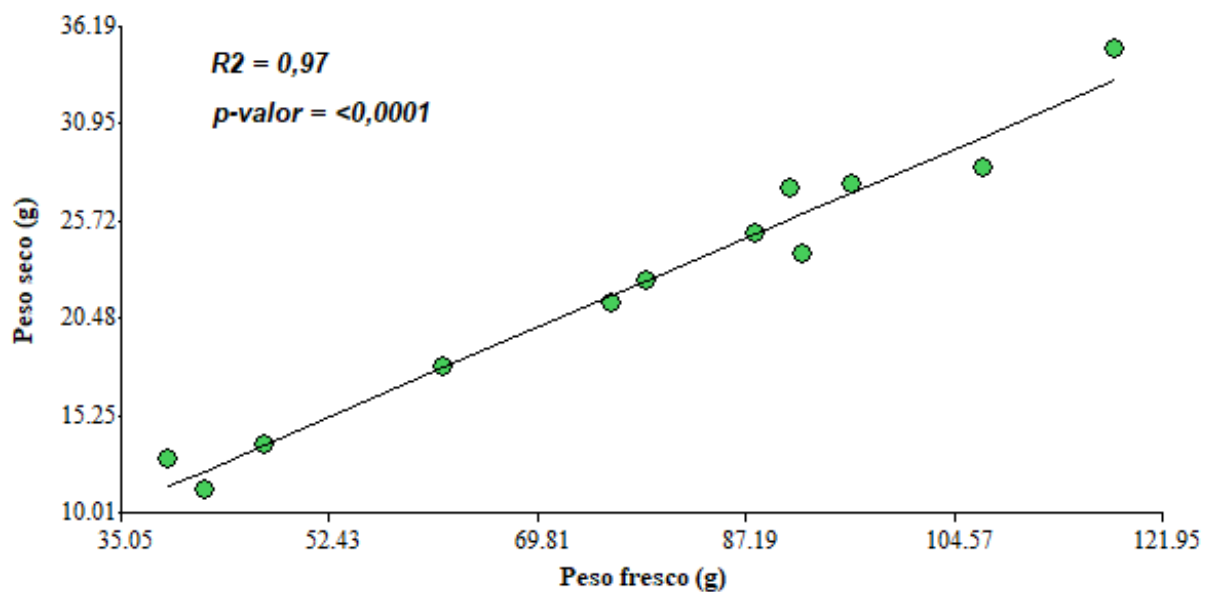


Figura 22. Evaluación de peso de plántones de cacao a los 90 días después de la siembra, peso fresco (X) y peso seco (Y).

Al analizar la regresión lineal entre la variable peso fresco y peso seco (Figura 22), se calcula una relación positiva, dado que a mayor peso fresco, mayor peso seco de los plántones de cacao, con un coeficiente de determinación (R^2) de 0,97, un R^2 igual a uno indica un ajuste lineal perfecto, mientras que un valor de cero sugiere la falta de representatividad del modelo lineal, indicando que el modelo no explica la variación total de la variable Y (Novales, 2010), en este caso, la relación entre las variables en estudio es del 97 %, y el 3 % restante podría deberse a otros factores, posiblemente ambientales, el valor de

probabilidad, que es menor que 0,0001, constituye un indicador altamente significativo, subrayando que el impacto de los productos y la mezcla en el peso de los plántones de cacao es notable y positivo, este fenómeno se atribuye directamente a las características y composición de los productos empleados, entre ellos *Trichoderma*, conocido por sus propiedades estimulantes del crecimiento vegetal (Ruiz-Cisneros et al., 2018), la literatura respalda esta observación, indicando que estos productos pueden generar un aumento extraordinario en el crecimiento de las plantas, alcanzando hasta un 300 % (González-Marquetti et al., 2019).

En el ámbito de las enmiendas, se destaca la influencia positiva de las bacterias, los organismos más prevalentes en la rizosfera, estas bacterias, como se ha demostrado en investigaciones recientes (Vázquez et al., 2020), tienen la capacidad excepcional de multiplicarse y colonizar nichos ecológicos en las raíces a lo largo de distintas etapas del crecimiento de las plantas, este proceso no solo mejora la estructura del suelo, sino que también tiene efectos notorios en la retención de agua y nutrientes en el suelo circundante, la contribución de estos organismos es aún más significativa al aportar de forma natural elementos minerales esenciales para las plantas, favoreciendo así un ambiente propicio para su desarrollo óptimo, además, las enmiendas microbianas, como se han señalado en estudios recientes (Altamirano et al., 2022), desempeñan un papel importante en el fomento de la actividad biológica del suelo, en conjunto, estas razones dan cuenta de manera integral del incremento sustancial en el peso de los plántones de cacao en los tratamientos que incorporan enmiendas microbianas en comparación con el tratamiento testigo, este fenómeno no solo valida la eficacia de las enmiendas microbianas en términos de crecimiento vegetal, sino que también destaca su papel esencial en la mejora global de las condiciones del suelo y su impacto directo en el rendimiento de los cultivos

4.3. Análisis foliar

El análisis de varianza de las composiciones minerales en el follaje de los plántones de cacao (Tabla 18), revela una ausencia de diferencias estadísticas entre los bloques, a excepción de los contenidos de K y Na, lo que se sustenta en el valor de probabilidad, el cual es inferior al umbral establecido ($p > 0,05$), en consecuencia, se acepta la H_0 , sugiriendo que los bloques no ejercen influencia significativa en el contenido de P_2O_5 , Mg, Cu, Zn y Mn en la parte foliar (Dagnino, 2014; Navarro y Pascual, 2020).

Los tratamientos presentan diferencias estadísticas, dado que el valor de probabilidad es inferior al límite establecido ($p < 0,05$), en esta situación, se acepta la H_a , indicando que al menos un tratamiento posee un contenido diferente de P_2O_5 , Mg, K, Na, Cu,

Zn y Mn en la parte foliar de los plántones de cacao (García y Pino, 2018; Navarro y Pascual, 2020). Los CV registrados fueron de 18,69, 5,31, 5,2, 14,68, 16,90, 11,94 y 8,21 %, en el ámbito de los ensayos agrícolas de campo, se considera que los CV son bajos cuando se sitúan por debajo del 10 % y medios cuando oscilan entre el 10 y 20 % (Pimentel, 1985; citado en Gordón-Mendoza y Camargo-Buitargo, 2015), al aplicar esta referencia, se requieren que las evaluaciones del análisis químico foliar de los plántones de cacao en las UE de cada tratamiento presenten CV bajos y medios.

Los R^2 arrojaron valores de 0,76, 0,81, 0,98, 0,83, 0,87, 0,83 y 0,91, es imperativo resaltar que el resultado del R^2 oscila entre cero y uno, cuanto más cercano sea su valor a uno, mejor se ajusta el modelo a la variable que intentamos explicar, en cambio, cuanto más cercano a cero, menor es el ajuste del modelo (Martínez, 2005), estos valores superiores al 76 % indican que la relación es adecuada.

La prueba de DGC ($\alpha = 0,05$), cuyos resultados se exponen detalladamente (Tabla 19), revela un notable aumento en el contenido de P_2O_5 y Na^+ cuando se aplica Tricho-D, esta tendencia podría asociarse a la capacidad de *Trichoderma* para descomponer la MOS, liberando nutrientes y promoviendo, además, un incremento en el P presente en las plantas de cacao, por otro lado, la aplicación de Bacthon muestra un aumento en el contenido de Mg y K, esta tendencia se intensifica cuando se combinan ambos productos, no obstante, es importante subrayar que los mayores niveles de Cu, Zn y Mn se registran en el tratamiento testigo. En cuanto al contenido de nutrientes en las hojas de los plántones de cacao, no se identifica un efecto notable en la mayoría de los tratamientos, con la excepción de Mg y K, que muestran resultados superiores en comparación con el tratamiento testigo, a pesar de la variabilidad en los resultados, se reconoce que las enmiendas microbianas (Álvarez-Solós et al., 2010), representan alternativas prometedoras a los fertilizantes inorgánicos al contribuir de manera positiva a las características fisiológicas de las plantas, asimismo, la aplicación de *Trichoderma* en los cultivos emerge como un factor significativo para mejorar el contenido de nutrientes (Camargo-Cepeda y Ricardo, 2014), es importante destacar que la presencia de *Trichoderma* no solo incide en el análisis del suelo, sino que también contribuye al enriquecimiento del contenido de nutrientes en las plantas (Cruz, 2022), estos hallazgos refuerzan la importancia de considerar las enmiendas microbianas, y en particular *Trichoderma*, como herramientas efectivas para potenciar la calidad nutricional en cultivos de cacao.

Tabla 18. Cuadrados medios del análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para el análisis químico de las hojas de las plántulas de cacao evaluado a los 90 días después de la siembra

Fuente de variación	GL	P ₂ O ₅ (%)			Mg (%)			K (%)			Na (%)			Cu (ppm)			Zn (ppm)			Mn (ppm)		
		CM	Sig.	p-valor	CM	Sig.	p-valor	CM	Sig.	p-valor	CM	Sig.	p-valor	CM	Sig.	p-valor	CM	Sig.	p-valor	CM	Sig.	p-valor
bloque	2	0,01	NS	0,3431	0,00	NS	0,6832	0,02	S	0,0587	0,01	S	0,0819	0,33	NS	0,4219	5593,58	NS	0,1054	860,25	NS	0,4683
Tratamiento	3	0,02	S	0,0372	0,02	S	0,0148	0,27	S	<0,0001	0,02	S	0,0209	4,08	S	0,0057	12908,11	S	0,0175	19008,11	S	0,0018
error experimental	6	0,00			0,00			0,00			0,00			0,33			1669,69			996,69		
Total	11																					
CV		18,69			5,31			5,27			14,68			16,90			11,94			8,21		
R2		0,76			0,81			0,98			0,83			0,87			0,83			0,91		

SN : No significativo

S : Significativo

Tabla 19. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) para el análisis químico de las hojas de las plántulas de cacao evaluadas a los 90 días después de la siembra (Media \pm Error estándar)

P ₂ O ₅ (%)			Mg (%)			K (%)			Na (%)			Cu (ppm)			Zn (ppm)			Mn (ppm)		
EE	Sig.		EE	Sig.		EE	Sig.		EE	Sig.		EE	Sig.		EE	Sig.		EE	Sig.	
T3	0,46 \pm 0,04	a	T2	0,91 \pm 0,03	a	T4	1,40 \pm 0,03	a	T3	0,41 \pm 0,03	a	T1	4,67 \pm 0,33	a	T1	426,33 \pm 23,59	a	T1	474,67 \pm 18,23	a
T4	0,37 \pm 0,04	b	T4	0,90 \pm 0,03	a	T3	1,35 \pm 0,03	a	T1	0,33 \pm 0,03	b	T2	4,00 \pm 0,33	a	T3	347,00 \pm 23,59	b	T4	399,67 \pm 18,23	b
T1	0,30 \pm 0,04	b	T3	0,78 \pm 0,03	b	T2	0,97 \pm 0,03	b	T4	0,27 \pm 0,03	b	T4	3,00 \pm 0,33	b	T4	328,00 \pm 23,59	b	T3	382,33 \pm 18,23	b
T2	0,26 \pm 0,04	b	T1	0,78 \pm 0,03	b	T1	0,77 \pm 0,03	c	T2	0,25 \pm 0,03	b	T3	2,00 \pm 0,33	b	T2	267,33 \pm 23,59	b	T2	281,33 \pm 18,23	c

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

T₁ : Testigo

T₂ : Bacthon

T₃ : Tricho-D

T₄ : Bacthon + Tricho-D

4.4. Correlación de Pearson de las variables en estudio

Los resultados obtenidos en el tratamiento sin aplicación de productos (testigo) resaltan la importancia de la interacción entre las propiedades químicas del suelo y el desarrollo de las plantas (Tabla 20). La relación negativa muy fuerte observada entre el pH y variables como materia orgánica (MO), nitrógeno (N), magnesio (Mg^{2+}), diámetro del tallo, volumen de raíz y peso fresco de las plantas puede explicarse por la influencia del pH en la disponibilidad de nutrientes esenciales. Según Rosas-Patiño et al. (2021), valores de pH elevados tienden a reducir la solubilidad de macro y micronutrientes, limitando su absorción por las plantas, lo que afecta directamente su desarrollo. Por otro lado, la correlación positiva entre el pH y el sodio (Na^+) podría estar asociada con procesos de acumulación de sales en suelos de baja fertilidad, como indican Quispe (2009), lo cual puede inhibir el crecimiento radicular.

La MO del suelo (Tabla 20) mostró una relación positiva muy fuerte con N, Mg^{2+} , diámetro del tallo, volumen de raíz, peso fresco y potasio (K) en las plantas, lo cual respalda la función de la MO como fuente de nutrientes y mejorador estructural del suelo. Esto coincide con lo reportado por Bedoya-Justo y Julca-Otiniano (2021), quienes encontraron que suelos con mayores contenidos de MO promovieron una mayor disponibilidad de cationes básicos, favoreciendo el desarrollo radicular y el crecimiento aéreo. Sin embargo, la relación negativa con sodio (Na^+) y cobre (Cu) puede deberse a la capacidad de intercambio catiónico de la MO, que favorece la retención de cationes esenciales en detrimento de elementos tóxicos (Cruz-Macías et al., 2020).

El fósforo (P) disponible presentó una relación positiva muy fuerte (Tabla 20) con variables como la altura de planta, clorofila y longitud de raíz, lo que refleja su papel importante en procesos metabólicos como la fotosíntesis y el desarrollo radicular (Sierra-Alarcón et al., 2019). Sin embargo, su correlación negativa con el área foliar podría estar relacionada con desequilibrios nutricionales en condiciones de baja disponibilidad de otros elementos esenciales, como el potasio (K), que influye directamente en la expansión celular y el desarrollo foliar (Ramírez-Soler et al., 2018). La capacidad de intercambio catiónico (CIC) mostró una relación positiva muy fuerte (Tabla 20) con calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg) y hierro (Fe), lo que indica la capacidad del suelo para retener cationes esenciales y proporcionar una base adecuada para el desarrollo de las plantas. Estudios realizados por Bueno y Fernández (2019) enfatizan que una CIC elevada se asocia con suelos fértiles que mantienen un suministro constante de nutrientes a las plantas. La relación negativa observada con sodio (Na), zinc (Zn) y actinomicetos puede deberse al antagonismo químico entre cationes, que afecta la disponibilidad de elementos específicos en el suelo.

Tabla 20. Correlación de Pearson, coeficientes/probabilidades de las características en estudio, Tratamiento T₁ (Testigo)

Cof./Prb.	Análisis químico de suelo										Evaluaciones de plantonos de cacao								Análisis químico de plantonos de cacao								Biología						
	pH	MO	N	P	K	CIC	Ca	Mg	K+	Na+	A	D	H	Cl	Af	LR	VR	PF	PS	MO	P	Ca	Mg	K	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	NMAV	NACT	NML	
Análisis químico de suelo	pH	1,00	0,07	0,00	0,43	0,58	0,86	0,82	0,80	0,67	0,00	0,70	0,22	0,55	0,33	0,48	0,53	0,12	0,09	0,80	0,41	0,81	0,38	0,90	0,48	0,77	0,33	0,94	0,92	0,46	0,31	0,89	0,33
	MO	-0,99	1,00	0,07	0,50	0,64	0,80	0,76	0,24	0,73	0,07	0,77	0,16	0,48	0,40	0,54	0,60	0,06	0,16	0,86	0,48	0,87	0,32	0,83	0,42	0,71	0,27	0,99	0,98	0,53	0,25	0,96	0,40
	N	-0,99	-0,99	1,00	0,43	0,58	0,86	0,82	0,18	0,67	0,00	0,70	0,22	0,55	0,33	0,48	0,53	0,12	0,09	0,80	0,41	0,81	0,38	0,90	0,48	0,77	0,33	0,94	0,92	0,46	0,31	0,89	0,33
	P	0,78	-0,71	-0,78	1,00	0,14	0,70	0,75	0,25	0,23	0,43	0,27	0,66	0,98	0,10	0,04	0,10	0,55	0,34	0,36	0,02	0,37	0,82	0,67	0,92	0,79	0,77	0,50	0,48	0,03	0,75	0,46	0,10
	K	-0,62	0,53	0,62	-0,98	1,00	0,56	0,60	0,40	0,09	0,58	0,12	0,80	0,88	0,24	0,10	0,04	0,70	0,48	0,22	0,16	0,23	0,96	0,53	0,94	0,65	0,91	0,36	0,34	0,11	0,89	0,32	0,24
	CIC	0,21	-0,31	-0,21	-0,45	0,64	1,00	0,04	0,96	0,47	0,86	0,44	0,64	0,32	0,80	0,66	0,60	0,74	0,96	0,34	0,72	0,33	0,48	0,03	0,38	0,09	0,53	0,20	0,22	0,67	0,55	0,24	0,80
	Ca2+	0,28	-0,37	-0,28	-0,39	0,58	0,99	1,00	1,00	0,51	0,82	0,48	0,60	0,28	0,85	0,70	0,65	0,70	0,91	0,38	0,77	0,37	0,44	0,08	0,34	0,05	0,49	0,24	0,26	0,71	0,51	0,29	0,85
	Mg2+	-0,96	0,93	0,96	-0,92	0,80	0,07	0,00	1,00	0,49	0,18	0,52	0,40	0,72	0,15	0,30	0,35	0,30	0,09	0,62	0,23	0,63	0,56	0,92	0,66	0,95	0,51	0,76	0,74	0,29	0,49	0,71	0,15
	K+	0,50	-0,41	-0,50	0,93	-0,99	-0,74	-0,69	-0,72	1,00	0,67	0,03	0,89	0,79	0,33	0,19	0,14	0,79	0,58	0,13	0,25	0,14	0,95	0,43	0,85	0,56	0,99	0,27	0,25	0,20	0,98	0,22	0,33
	Na+	0,99	-0,99	-0,99	0,78	-0,62	0,21	0,28	-0,96	0,50	1,00	0,70	0,22	0,55	0,33	0,48	0,53	0,12	0,09	0,80	0,41	0,81	0,38	0,90	0,48	0,77	0,33	0,94	0,92	0,46	0,31	0,89	0,33
Evaluaciones de plantonos	A	0,45	-0,36	-0,45	0,91	-0,98	-0,77	-0,73	-0,68	0,99	0,45	1,00	0,92	0,75	0,37	0,22	0,17	0,82	0,61	0,10	0,29	0,11	0,92	0,40	0,82	0,53	0,97	0,24	0,22	0,24	0,99	0,19	0,37
	D	-0,94	0,97	0,94	-0,51	0,31	-0,54	-0,59	0,80	-0,17	-0,94	-0,12	1,00	0,32	0,56	0,70	0,76	0,10	0,32	0,98	0,64	0,97	0,16	0,67	0,26	0,55	0,11	0,84	0,86	0,69	0,09	0,89	0,56
	NH	-0,65	0,73	0,65	-0,03	-0,19	-0,88	-0,91	0,42	0,33	-0,65	0,38	0,88	1,00	0,88	0,98	0,92	0,42	0,64	0,66	0,96	0,65	0,16	0,35	0,06	0,23	0,21	0,52	0,54	0,99	0,23	0,56	0,88
	Cl	0,87	-0,80	-0,87	0,99	-0,93	-0,31	-0,24	-0,97	0,87	0,87	0,84	-0,64	-0,19	1,00	0,14	0,20	0,45	0,24	0,46	0,08	0,47	0,72	0,77	0,82	0,89	0,67	0,60	0,58	0,13	0,65	0,56	0,00
	Af	-0,73	0,66	0,73	-0,99	0,99	0,51	0,45	0,89	-0,96	-0,73	-0,94	0,45	-0,04	-0,97	1,00	0,05	0,60	0,39	0,32	0,06	0,33	0,86	0,62	0,96	0,75	0,81	0,46	0,44	0,01	0,79	0,41	0,14
	LR	0,67	-0,59	-0,67	0,99	-0,99	-0,58	-0,53	-0,85	0,98	0,67	0,97	-0,38	0,12	0,95	-0,99	1,00	0,65	0,44	0,27	0,12	0,28	0,91	0,57	0,98	0,69	0,86	0,40	0,38	0,07	0,84	0,36	0,20
	VR	-0,98	0,99	0,98	-0,64	0,46	-0,39	-0,45	0,89	-0,33	-0,98	-0,28	0,99	0,79	-0,76	0,59	-0,52	1,00	0,21	0,92	0,53	0,93	0,26	0,78	0,36	0,65	0,21	0,94	0,96	0,59	0,19	0,99	0,45
	PF	-0,99	0,97	0,99	-0,86	0,72	-0,07	-0,14	0,99	-0,62	-0,99	-0,58	0,88	0,54	-0,93	0,82	-0,77	0,94	1,00	0,71	0,32	0,72	0,47	0,99	0,58	0,87	0,42	0,84	0,82	0,37	0,40	0,80	0,24
	PS	-0,31	0,21	0,31	-0,84	0,94	0,86	0,83	0,56	-0,98	-0,31	-0,99	-0,03	-0,51	-0,75	0,88	-0,91	0,13	0,45	1,00	0,38	0,01	0,82	0,30	0,72	0,43	0,87	0,14	0,12	0,33	0,89	0,09	0,46
	Análisis químico de plantonos	MO	0,80	-0,73	-0,80	0,99	-0,97	-0,42	-0,36	-0,93	0,92	0,80	0,90	-0,54	-0,07	0,99	-0,99	0,98	-0,67	-0,88	-0,82	1,00	0,39	0,80	0,69	0,90	0,81	0,75	0,52	0,50	0,05	0,73	0,48
P		0,30	-0,20	-0,30	0,83	-0,93	-0,87	-0,83	-0,55	0,98	0,30	0,99	0,05	0,53	0,74	-0,87	0,91	-0,11	-0,43	-0,99	0,81	1,00	0,81	0,29	0,71	0,42	0,86	0,13	0,11	0,34	0,88	0,08	0,47
Ca		0,82	-0,88	-0,82	0,28	-0,06	0,73	0,77	-0,63	-0,08	0,82	-0,13	-0,97	-0,97	0,43	-0,22	0,13	-0,92	-0,73	0,28	0,31	-0,30	1,00	0,51	0,10	0,39	0,05	0,68	0,70	0,85	0,07	0,73	0,72
Mg		0,60	-0,26	-0,16	-0,50	0,68	0,99	0,99	0,12	-0,78	0,60	-0,81	-0,49	-0,85	-0,36	0,56	-0,62	-0,34	-0,02	0,89	-0,47	-0,89	0,69	1,00	0,41	0,12	0,57	0,17	0,19	0,64	0,58	0,21	0,77
K		-0,72	0,79	0,72	-0,13	-0,09	-0,83	-0,86	0,50	0,23	-0,72	0,28	0,92	0,99	-0,28	0,06	0,02	0,84	0,62	-0,43	-0,16	0,44	-0,99	-0,80	1,00	0,29	0,15	0,58	0,60	0,95	0,17	0,62	0,82
Na		-0,35	0,44	0,35	0,32	-0,52	-0,99	-0,99	0,07	0,64	-0,35	0,68	0,65	0,94	0,17	-0,39	0,46	0,52	0,21	-0,78	0,29	0,79	-0,82	-0,98	0,90	1,00	0,44	0,29	0,31	0,76	0,46	0,33	0,89
Cu		0,87	-0,91	-0,87	0,36	-0,14	0,67	0,72	-0,69	0,00	0,87	-0,05	-0,99	-0,94	0,50	-0,29	0,21	-0,94	-0,79	0,20	0,39	-0,22	0,99	0,63	-0,97	-0,77	1,00	0,73	0,75	0,80	0,02	0,78	0,67
Fe		-0,10	0,00	0,10	-0,70	0,84	0,95	0,93	0,37	-0,91	-0,10	-0,93	-0,25	-0,69	-0,58	0,75	-0,80	-0,09	0,24	0,98	-0,68	0,98	0,48	0,97	-0,61	-0,90	0,41	1,00	0,02	0,47	0,75	0,04	0,60
Biología	Zn	0,13	-0,03	-0,13	0,73	-0,86	-0,94	-0,92	-0,40	0,92	0,13	0,94	0,22	0,66	0,61	-0,77	0,82	0,06	-0,27	-0,98	0,70	0,99	-0,45	-0,96	0,59	0,88	-0,38	-0,99	1,00	0,45	0,77	0,02	0,58
	Mn	0,75	-0,67	-0,75	0,99	-0,98	-0,49	-0,43	-0,90	0,95	0,75	0,93	-0,47	0,02	0,98	-0,99	0,99	-0,61	-0,83	-0,87	0,99	0,86	0,24	-0,54	-0,08	0,37	0,31	-0,74	0,76	1,00	0,78	0,43	0,13
	MAV	0,88	-0,93	-0,88	0,39	-0,17	0,65	0,70	-0,72	0,03	0,88	-0,02	-0,99	-0,93	0,53	-0,32	0,24	-0,95	-0,80	0,17	0,42	-0,19	0,99	0,61	-0,96	-0,75	0,99	0,38	-0,35	0,34	1,00	0,80	0,65
ACT	0,70	-0,07	-0,17	0,75	-0,88	-0,93	-0,90	-0,44	0,94	0,17	0,96	0,18	0,63	0,64	-0,80	0,84	0,02	-0,31	-0,99	0,73	0,99	-0,42	-0,95	0,56	0,87	-0,34	-0,99	0,99	0,70	-0,32	1,00	0,56	
ML	0,87	-0,81	-0,87	0,99	-0,93	-0,31	-0,24	-0,97	0,87	0,87	0,84	-0,64	-0,19	0,99	-0,97	0,95	-0,76	-0,93	-0,75	0,99	0,74	0,43	-0,36	-0,28	0,17	0,50	-0,58	0,61	0,98	0,53	0,64	1,00	

Legenda:

A: Altura de planta

Af: Are foliar

PS: Peso seco

MAV: Microorganismos Aerobios viables

D: Diámetro de tallo

LR: Longitud de raíces

Act.: Actinomicetos

NH: Número de hojas

VR: Volumen de raíces

ML: Mohos y levaduras

Cl: Clorofila

PF: Peso fresco

Por último, la relación negativa del sodio (Na^+) (Tabla 20) con variables como el diámetro del tallo, volumen de raíz y peso fresco refuerza la nocividad de la salinidad en el desarrollo vegetal. Investigaciones previas de Basilio-Apolinar et al. (2020) destacan que concentraciones elevadas de sodio afectan la absorción de nutrientes clave y generan estrés osmótico en las plantas. Asimismo, las correlaciones positivas observadas entre la longitud de raíz y variables como MO, fósforo (P) y manganeso (Mn) indican que un balance adecuado de nutrientes y materia orgánica favorece el desarrollo de raíces más largas, contribuyendo a una mayor exploración del suelo y absorción de agua y nutrientes (Matus y Maire, 2000).

El pH mostró una relación positiva muy fuerte (Tabla 21) con el volumen de raíz, peso fresco de plántones de cacao y el contenido de calcio en plántones de cacao. Estos resultados sugieren que un pH ligeramente alcalino mejora el desarrollo radicular y el transporte de calcio, elemento esencial en la formación de paredes celulares y desarrollo estructural.

Según González y Ramírez (2020), un pH equilibrado facilita la disponibilidad de calcio y otros cationes, permitiendo un crecimiento óptimo de raíces y tejidos. Sin embargo, el pH presentó correlaciones negativas muy fuertes con la capacidad de intercambio catiónico (CIC), calcio en el suelo, zinc (Zn) y manganeso (Mn) en plántones, además de mohos y levaduras. Estos hallazgos concuerdan con lo reportado por Rosas-Patiño et al. (2017), donde un pH elevado disminuye la solubilidad de micronutrientes como el zinc y manganeso, limitando su absorción por las raíces. Esto afecta procesos enzimáticos y fotosintéticos, que dependen de estos elementos traza.

La materia orgánica (MO) mostró correlaciones positivas muy fuertes (Tabla 21) con el potasio disponible, potasio intercambiable y sodio en el suelo, además de una relación positiva con los microorganismos aerobios viables. Estos resultados respaldan la importancia de la MO como mejorador del suelo, ya que su descomposición libera nutrientes como el potasio y facilita la actividad microbiana beneficiosa. De acuerdo con Otero et al., (1998), la materia orgánica aumenta la CIC, mejorando la retención de cationes y su disponibilidad para las plantas. Por otro lado, la MO mostró correlaciones negativas muy fuertes con la altura, número de hojas, contenido de clorofila y el contenido de magnesio en plántones de cacao. Esto podría deberse a un desbalance nutricional provocado por exceso de MO, que compite con el magnesio en el suelo. Según Cruz-Macías et al. (2020), niveles elevados de materia orgánica pueden fijar algunos cationes, limitando su disponibilidad para las plantas. El nitrógeno presentó una correlación positiva muy fuerte (Tabla 21) con el potasio disponible y el sodio intercambiable en el suelo, lo que indica que niveles adecuados de nitrógeno favorecen la liberación de estos cationes.

Tabla 21. Correlación de Pearson, coeficientes/probabilidades de las características en estudio, Tratamiento T₂ (Bachton)

Cof./Prb.	Análisis químico de suelo							Evaluaciones de plántones de cacao										Análisis químico de plántones de cacao							Biología								
	pH	MO	N	P	K	CIC	Ca	Mg	K+	Na+	A	D	H	Cl.	Af.	LR	VR	PF	PS	MO	P	Ca	Mg	K	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	MAV	Act.	ML	
Análisis químico de suelo	pH	1,00	0,58	0,92	0,54	0,64	0,15	0,23	0,33	0,60	0,63	0,63	0,92	0,70	0,58	0,69	0,32	0,01	0,22	0,71	0,42	0,64	0,08	0,58	0,75	0,35	0,99	0,46	0,09	0,11	0,59	0,99	0,23
	MO	0,60	1,00	0,33	0,87	0,06	0,43	0,35	0,92	0,02	0,05	0,05	0,33	0,12	0,00	0,73	0,90	0,59	0,81	0,71	0,99	0,77	0,67	0,01	0,67	0,93	0,99	0,96	0,67	0,47	0,00	0,41	0,81
	N	0,13	0,87	1,00	0,54	0,27	0,77	0,68	0,75	0,32	0,29	0,28	0,00	0,21	0,33	0,40	0,77	0,93	0,86	0,38	0,67	0,44	0,99	0,34	0,33	0,74	0,99	0,63	0,99	0,80	0,33	0,07	0,86
	P	-0,66	0,20	0,66	1,00	0,81	0,69	0,78	0,20	0,86	0,83	0,83	0,54	0,75	0,87	0,14	0,23	0,53	0,32	0,16	0,13	0,10	0,46	0,88	0,21	0,70	0,99	0,06	0,45	0,66	0,87	0,47	0,31
	K	0,53	0,99	0,91	0,29	1,00	0,49	0,41	0,98	0,04	0,01	0,01	0,27	0,06	0,06	0,67	0,96	0,65	0,87	0,65	0,94	0,71	0,73	0,07	0,61	0,99	0,99	0,90	0,73	0,53	0,05	0,35	0,87
	CIC	-0,97	-0,78	-0,36	0,46	-0,72	1,00	0,08	0,48	0,45	0,48	0,48	0,77	0,55	0,43	0,83	0,47	0,16	0,37	0,86	0,57	0,79	0,23	0,43	0,90	0,50	0,99	0,61	0,24	0,04	0,44	0,84	0,38
	Ca2+	-0,93	-0,85	-0,48	0,34	-0,80	0,99	1,00	0,57	0,36	0,40	0,40	0,68	0,47	0,35	0,92	0,55	0,25	0,46	0,94	0,65	0,88	0,32	0,34	0,99	0,58	0,99	0,69	0,32	0,12	0,35	0,75	0,46
	Mg2+	0,87	0,13	-0,38	-0,95	0,04	-0,73	-0,63	1,00	0,93	0,96	0,96	0,75	0,96	0,92	0,35	0,02	0,32	0,11	0,37	0,08	0,31	0,25	0,91	0,42	0,02	0,99	0,12	0,24	0,45	0,92	0,68	0,10
	K+	0,59	0,99	0,88	0,22	0,99	-0,76	-0,84	0,11	1,00	0,03	0,32	0,11	0,02	0,72	0,91	0,61	0,82	0,69	0,99	0,76	0,68	0,02	0,65	0,95	0,99	0,94	0,69	0,49	0,01	0,39	0,83	
	Na+	0,55	0,99	0,90	0,27	0,99	-0,73	-0,81	0,06	0,99	1,00	0,00	0,29	0,07	0,05	0,68	0,95	0,64	0,85	0,66	0,95	0,73	0,71	0,05	0,62	0,98	0,99	0,91	0,72	0,52	0,04	0,36	0,86
Evaluaciones de plántones	A	-0,55	-0,99	-0,90	-0,27	-0,99	0,73	0,81	-0,06	-0,99	-0,99	1,00	0,28	0,07	0,05	0,68	0,95	0,64	0,85	0,66	0,95	0,72	0,72	0,06	0,62	0,98	0,99	0,91	0,72	0,52	0,04	0,36	0,86
	D	-0,13	-0,87	-0,99	-0,66	-0,91	0,36	0,48	0,38	-0,88	-0,90	0,90	1,00	0,21	0,33	0,40	0,77	0,93	0,86	0,38	0,67	0,44	0,99	0,34	0,33	0,74	0,99	0,63	0,99	0,80	0,33	0,07	0,86
	H	-0,45	-0,98	-0,94	-0,38	-0,99	0,64	0,74	0,06	-0,99	-0,99	0,99	0,94	1,00	0,12	0,61	0,98	0,71	0,93	0,59	0,88	0,65	0,79	0,13	0,55	0,95	0,99	0,84	0,79	0,59	0,12	0,29	0,93
	Cl.	-0,61	-0,99	-0,87	-0,20	-0,99	0,78	0,85	-0,13	-0,99	-0,99	0,99	0,87	0,98	1,00	0,73	0,90	0,59	0,81	0,71	0,99	0,77	0,67	0,01	0,67	0,93	0,99	0,96	0,67	0,47	0,00	0,41	0,81
	Af.	-0,47	0,41	0,81	0,98	0,49	0,26	0,13	-0,85	0,43	0,48	-0,48	-0,81	-0,57	-0,41	1,00	0,37	0,67	0,46	0,02	0,27	0,04	0,60	0,74	0,07	0,34	0,99	0,23	0,60	0,80	0,73	0,33	0,46
	LR	0,88	0,16	-0,36	-0,94	0,07	-0,74	-0,65	0,99	0,13	0,08	-0,08	0,36	0,03	-0,16	-0,84	1,00	0,30	0,09	0,39	0,10	0,33	0,23	0,89	0,43	0,03	0,99	0,14	0,23	0,43	0,90	0,70	0,09
	VR	0,99	0,60	0,11	-0,67	0,52	-0,97	-0,93	0,87	0,58	0,53	-0,53	-0,11	-0,43	-0,60	-0,49	0,89	0,99	0,21	0,70	0,40	0,63	0,07	0,59	0,74	0,34	0,99	0,45	0,08	0,12	0,60	0,99	0,22
	PF	0,94	0,30	-0,22	-0,88	0,21	-0,83	-0,75	0,99	0,28	0,23	-0,23	0,22	-0,11	-0,30	-0,75	0,99	0,94	1,00	0,48	0,19	0,42	0,14	0,80	0,53	0,12	0,99	0,23	0,13	0,34	0,81	0,79	0,01
	PS	0,44	-0,44	-0,83	-0,97	-0,52	-0,22	-0,09	0,83	-0,46	-0,51	0,21	0,83	0,60	0,44	-0,99	0,82	0,46	0,73	1,00	0,29	0,06	0,62	0,72	0,04	0,36	0,99	0,25	0,62	0,82	0,71	0,30	0,48
	Análisis químico de plántones	MO	0,79	0,00	-0,50	-0,98	-0,09	-0,63	-0,52	0,99	-0,02	-0,07	0,07	0,50	0,19	0,00	-0,91	0,99	0,81	0,95	0,90	1,00	0,23	0,33	0,99	0,34	0,07	0,99	0,04	0,33	0,53	0,99	0,60
P		-0,53	0,35	0,77	0,99	0,43	0,32	0,19	-0,88	0,37	0,42	-0,42	-0,77	-0,52	-0,35	0,99	-0,87	-0,54	-0,79	-0,99	-0,94	1,00	0,56	0,78	0,11	0,30	0,99	0,19	0,56	0,76	0,77	0,37	0,42
Ca		0,99	0,50	0,00	-0,75	0,42	-0,93	-0,88	0,92	0,48	0,43	-0,43	0,00	-0,33	-0,50	-0,59	0,93	0,99	0,98	0,56	0,87	-0,64	1,00	0,66	0,67	0,26	0,99	0,37	0,00	0,20	0,67	0,93	0,14
Mg		-0,62	-0,99	-0,86	-0,19	-0,99	0,78	0,86	-0,14	-0,99	-0,99	0,99	0,86	0,98	0,99	-0,40	-0,17	-0,60	-0,31	0,43	-0,01	-0,34	-0,51	1,00	0,67	0,92	0,99	0,97	0,66	0,46	0,01	0,41	0,80
K		-0,38	0,50	0,87	0,95	0,58	0,16	0,02	-0,79	0,52	0,56	-0,57	-0,87	-0,65	-0,50	0,99	-0,78	-0,40	-0,68	-0,99	-0,86	0,99	-0,50	-0,49	1,00	0,40	0,99	0,29	0,66	0,86	0,66	0,26	0,52
Na		-0,85	-0,11	0,40	0,95	-0,02	0,71	0,61	-0,99	-0,08	-0,03	0,03	-0,40	-0,08	0,11	0,86	-0,99	-0,86	-0,98	-0,85	-0,99	0,89	-0,92	0,12	0,81	1,00	0,99	0,11	0,26	0,46	0,94	0,66	0,12
Cu		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	
Fe		0,75	-0,06	-0,55	-0,99	-0,16	-0,58	-0,46	0,98	-0,09	-0,14	0,14	0,55	0,25	0,06	-0,94	0,98	0,76	0,93	0,92	0,99	-0,96	0,83	0,05	-0,90	-0,99	0,00	1,00	0,37	0,57	0,96	0,55	0,23
Zn		-0,99	-0,49	0,01	0,76	-0,41	0,93	0,87	-0,93	-0,47	-0,43	0,42	-0,01	0,32	0,49	0,59	-0,94	-0,99	-0,98	-0,56	-0,87	0,64	-0,99	0,50	0,51	0,92	0,00	-0,84	1,00	0,20	0,68	0,92	0,14
Mn		-0,98	-0,74	-0,31	0,51	-0,67	0,99	0,98	-0,76	-0,72	-0,69	0,69	0,31	0,60	0,74	0,31	-0,78	-0,98	-0,86	-0,28	-0,67	0,37	-0,95	0,75	0,21	0,75	0,00	-0,62	0,95	1,00	0,47	0,88	0,34
Biología	MAV	0,60	0,99	0,87	0,20	0,99	-0,77	-0,85	0,13	0,99	0,99	-0,99	-0,87	-0,98	-0,99	0,41	0,15	0,59	0,29	-0,45	0,00	0,36	0,49	-0,99	0,51	-0,10	0,00	-0,07	-0,49	-0,74	1,00	0,40	0,82
	Act.	-0,20	-0,80	-0,99	-0,74	-0,85	0,25	0,38	0,48	-0,82	-0,85	0,85	0,99	0,90	0,80	-0,87	0,46	0,00	0,33	0,89	0,59	-0,84	0,11	0,80	-0,92	-0,51	0,00	0,65	-0,12	0,19	-0,81	1,00	0,78
	ML	-0,94	-0,29	0,23	0,88	-0,20	0,83	0,75	-0,99	-0,27	-0,22	0,22	-0,23	0,11	0,29	0,75	-0,99	-0,94	-0,99	-0,73	-0,96	0,79	-0,97	0,30	0,68	0,98	0,00	-0,94	0,98	0,86	-0,29	-0,34	1,00

Leyenda:

A: Altura de planta

Af: Are foliar

PS: Peso seco

MAV: Microorganismos Aerobios viables

D: Diámetro de tallo

LR: Longitud de raíces

Act: Actinomicetos

NH: Número de hojas

VR: Volumen de raíces

ML: Mohos y levaduras

Cl: Clorofila

PF: Peso fresco

Sin embargo, se observaron relaciones negativas muy fuertes con la altura, diámetro del tallo y número de hojas de los plántones de cacao, así como con los actinomicetos.

El fósforo en el suelo presentó correlaciones positivas muy fuertes (Tabla 21) con el área foliar, fósforo en plántones, calcio y sodio en plántones. Esto sugiere que el fósforo favorece la formación de tejidos foliares y la movilización de calcio, facilitando procesos como la fotosíntesis y el crecimiento estructural. Según Morales et al. (2006), el fósforo es clave para el desarrollo de raíces y la acumulación de biomasa. No obstante, se evidenció una relación negativa muy fuerte entre el fósforo con el magnesio, longitud de raíz, peso seco de plántones y el hierro en plántones de cacao. Esto puede explicarse por el antagonismo nutricional entre el fósforo y otros cationes, como el magnesio y el hierro, limitando su absorción. Rosabal et al., (2021) mencionaron que altas concentraciones de fósforo reducen la disponibilidad de micronutrientes esenciales.

El potasio en el suelo presentó relaciones positivas muy fuertes (Tabla 21) con el potasio intercambiable, sodio intercambiable y los microorganismos aerobios viables, lo que refuerza su papel en la mejora de la fertilidad del suelo. Sin embargo, se observaron relaciones negativas muy fuertes con la altura, diámetro del tallo, número de hojas, clorofila y el contenido de magnesio en plántones. Según Aguado-Lara et al (2002), un exceso de potasio en el suelo puede desplazar otros cationes, como el magnesio, debido a su efecto competitivo en la absorción radicular.

La altura de plántones mostró relaciones positivas muy fuertes con (Tabla 21) el diámetro del tallo, número de hojas, contenido de clorofila y el magnesio en plántones, indicando que estas variables se desarrollan de manera coordinada y dependen de una nutrición equilibrada. De manera similar, el peso fresco y peso seco de los plántones mostraron relaciones positivas muy fuertes con la materia orgánica y el hierro en plántones, lo que respalda el rol de estos elementos en la acumulación de biomasa y vigor de las plantas (Sandoval et al., 2022). Por otro lado, las relaciones negativas entre el sodio, el zinc, el manganeso y los mohos y levaduras con las características morfológicas sugieren que la presencia excesiva de estos elementos, o un desbalance nutricional, puede limitar el desarrollo de las plantas debido a su efecto tóxico en condiciones desfavorables (Vázquez-Vázquez et al., 2021).

En el análisis químico del suelo presenta una relación positiva muy fuerte entre (Tabla 22) el pH y el magnesio (Mg) puede explicarse por la mayor disponibilidad de Mg^{2+} en suelos con pH ligeramente alcalino, dado que este nutriente es menos susceptible a la lixiviación en estas condiciones. Según Barbosa y Rozo (2017), el magnesio juega un rol clave en la fotosíntesis al ser un componente central de la clorofila, favoreciendo así el desarrollo de las

plantas. La correlación positiva entre la materia orgánica (MO) y el nitrógeno (N) refleja la capacidad de la MO para actuar como reservorio de N, liberándolo gradualmente durante su mineralización, lo que coincide con lo señalado por Paniagua-Vargas (2022).

El fósforo (P) presentó una correlación positiva muy fuerte (Tabla 22) con la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y el calcio (Ca), lo cual sugiere que la CIC mejora la retención de P y Ca en el suelo, favoreciendo su disponibilidad para las plantas. Bueno y Fernández (2019) destacaron que suelos con alta CIC tienden a mantener niveles óptimos de P y Ca, mejorando el crecimiento radicular. Sin embargo, la relación negativa muy fuerte entre el pH y la MO, así como con el N, sugiere que un pH elevado puede reducir la descomposición microbiana de la MO y limitar la disponibilidad de N, como lo reportaron Pacheco et al. (2002).

En la evaluación de plantones de cacao (Tabla 22), la relación positiva muy fuerte entre el pH con el peso fresco y seco de los plantones, así como con el potasio (K) y la altura de las plantas, indica que un pH equilibrado favorece la disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal. Según Reyes et al. (2017), un pH adecuado optimiza la absorción de nutrientes como K, que es importante para el transporte de agua y la expansión celular. Asimismo, el magnesio (Mg) mostró una relación positiva con el peso fresco y seco, reforzando su importancia en el metabolismo energético y la fotosíntesis.

La correlación positiva entre el potasio (K) con el sodio (Na), el diámetro de plantas y la clorofila (Tabla 22), sugiere que estos cationes trabajan de manera complementaria en la regulación osmótica y la fotosíntesis (Rodríguez-Pérez, 2006). Sin embargo, las relaciones negativas muy fuertes del nitrógeno (N) con el peso fresco y seco de los plantones podrían deberse a un posible exceso de N, que provoca toxicidad y afecta el crecimiento equilibrado de las plantas (Massone et al., 2018).

En el análisis biológico, las correlaciones positivas muy fuertes (Tabla 22) entre los actinomicetos con el potasio intercambiable, la clorofila, el fósforo en plantones, el sodio en plantones y el manganeso, destacan el papel de estos microorganismos en la movilización y disponibilidad de nutrientes, lo que favorece la fotosíntesis y el desarrollo radicular. Según Yáñez-Ocampo et al., (2020), los actinomicetos son clave en la mineralización de nutrientes, especialmente en sistemas agrícolas intensivos. Por otro lado, las relaciones negativas muy fuertes entre los mohos y levaduras con el volumen de raíz y el peso fresco y seco de los plantones reflejan un posible efecto competitivo por nutrientes o una acumulación de microorganismos que afecta negativamente el desarrollo vegetal.

Tabla 22. Correlación de Pearson, coeficientes/probabilidades de las características en estudio, Tratamiento T₃ (Tricho-D)

Cof./Prb.	Análisis químico de suelo							Evaluaciones de plántones de cacao									Análisis químico de plántones de cacao								Biología									
	pH	MO	N	P	K	CIC	Ca	Mg	K+	Na+	A	D	H	Cl.	Af.	LR	VR	PF	PS	MO	P	Ca	Mg	K	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	MAV	Act.	ML		
Análisis químico de suelo	pH	1,00	0,04	0,00	0,99	0,96	0,90	0,89	0,05	0,37	0,67	0,76	0,67	0,67	0,51	0,40	0,37	0,67	0,23	0,07	0,55	0,49	0,48	0,60	0,80	0,41	0,99	0,08	0,66	0,24	0,70	0,35	0,51	
	MO	-0,99	1,00	0,04	0,95	0,99	0,86	0,85	0,09	0,41	0,71	0,72	0,71	0,63	0,55	0,36	0,33	0,63	0,19	0,03	0,51	0,53	0,44	0,56	0,84	0,46	0,99	0,12	0,62	0,28	0,74	0,39	0,47	
	N	-0,99	0,99	1,00	0,99	0,96	0,90	0,89	0,05	0,37	0,67	0,76	0,67	0,67	0,51	0,40	0,37	0,67	0,23	0,07	0,55	0,49	0,48	0,60	0,80	0,41	0,99	0,08	0,66	0,24	0,70	0,35	0,51	
	P	-0,02	0,08	0,02	1,00	0,05	0,09	0,10	0,96	0,64	0,34	0,23	0,34	0,32	0,50	0,59	0,62	0,32	0,76	0,92	0,44	0,52	0,51	0,39	0,21	0,60	0,99	0,94	0,33	0,77	0,32	0,66	0,48	
	K	-0,06	-0,01	0,06	-0,99	1,00	0,14	0,15	0,92	0,59	0,30	0,28	0,30	0,37	0,45	0,64	0,67	0,37	0,81	0,96	0,48	0,47	0,56	0,44	0,16	0,55	0,99	0,89	0,38	0,72	0,27	0,61	0,52	
	CIC	-0,16	0,22	0,16	0,99	-0,98	1,00	0,01	0,94	0,73	0,44	0,14	0,44	0,23	0,59	0,50	0,53	0,23	0,67	0,82	0,34	0,61	0,42	0,30	0,30	0,69	0,99	0,97	0,24	0,86	0,41	0,75	0,38	
	Ca	-0,17	0,24	0,17	0,99	-0,97	0,99	1,00	0,94	0,74	0,44	0,13	0,44	0,22	0,60	0,49	0,52	0,22	0,66	0,82	0,34	0,62	0,41	0,29	0,31	0,70	0,99	0,96	0,23	0,87	0,41	0,76	0,38	
	Mg	0,99	-0,99	-0,99	0,06	-0,13	-0,09	-0,10	1,00	0,33	0,62	0,81	0,62	0,71	0,46	0,44	0,41	0,71	0,28	0,12	0,60	0,45	0,53	0,65	0,76	0,37	0,99	0,03	0,71	0,19	0,65	0,30	0,56	
	K+	-0,83	0,80	0,83	-0,54	0,60	-0,14	-0,40	-0,87	1,00	0,29	0,87	0,29	0,96	0,14	0,74	0,74	0,96	0,60	0,45	0,93	0,12	0,85	0,97	0,43	0,04	0,99	0,30	0,97	0,13	0,32	0,02	0,89	
	Na+	-0,50	0,44	0,50	-0,86	0,89	-0,77	-0,56	0,90	1,00	0,57	0,00	0,67	0,15	0,94	0,97	0,67	0,89	0,74	0,78	0,17	0,86	0,74	0,14	0,25	0,99	0,59	0,68	0,43	0,03	0,32	0,82		
Evaluaciones de plántones	A	0,37	-0,43	-0,37	-0,94	0,91	-0,98	-0,98	0,30	0,21	0,62	1,00	0,57	0,09	0,73	0,36	0,39	0,09	0,53	0,69	0,21	0,75	0,28	0,16	0,44	0,83	0,99	0,83	0,10	0,99	0,55	0,89	0,25	
	D	-0,50	0,44	0,50	-0,86	0,89	-0,77	-0,77	-0,56	0,90	0,99	0,62	1,00	0,67	0,15	0,94	0,97	0,67	0,89	0,74	0,78	0,17	0,86	0,74	0,14	0,25	0,99	0,59	0,68	0,43	0,03	0,32	0,82	
	H	0,50	-0,55	-0,50	-0,87	0,84	-0,94	-0,94	0,43	0,06	0,50	0,99	0,50	1,00	0,82	0,27	0,30	0,00	0,44	0,59	0,11	0,84	0,19	0,07	0,53	0,92	0,99	0,74	0,01	0,91	0,64	0,98	0,15	
	Cl.	-0,69	0,65	0,69	-0,71	0,76	-0,60	-0,59	-0,75	0,98	0,97	0,41	0,97	0,28	1,00	0,91	0,88	0,82	0,74	0,58	0,94	0,02	0,99	0,89	0,29	0,10	0,99	0,44	0,83	0,27	0,18	0,16	0,98	
	Af.	-0,81	0,85	0,81	0,60	-0,54	0,71	0,72	-0,77	0,35	-0,10	-0,84	-0,10	-0,91	0,14	1,00	0,03	0,27	0,17	0,32	0,16	0,89	0,08	0,20	0,80	0,81	0,99	0,47	0,26	0,64	0,91	0,75	0,12	
	LR	0,84	-0,87	-0,84	-0,56	0,50	-0,67	-0,68	0,80	-0,40	0,05	0,82	0,05	0,89	-0,19	-0,99	1,00	0,30	0,14	0,29	0,19	0,86	0,11	0,23	0,83	0,78	0,99	0,44	0,29	0,61	0,94	0,72	0,15	
	VR	0,50	-0,55	-0,50	-0,87	0,84	-0,94	-0,94	0,43	0,06	0,50	0,99	0,50	0,99	0,28	-0,91	0,89	1,00	0,44	0,59	0,11	0,84	0,19	0,07	0,53	0,92	0,99	0,74	0,01	0,91	0,64	0,98	0,15	
	PF	0,94	-0,96	-0,94	-0,37	0,30	-0,50	-0,51	0,91	-0,59	-0,17	0,67	-0,17	0,77	-0,40	-0,97	0,98	0,77	1,00	0,16	0,32	0,72	0,25	0,37	0,97	0,64	0,99	0,30	0,43	0,47	0,92	0,58	0,28	
	PS	0,99	-0,99	-0,99	-0,13	0,06	-0,27	-0,28	0,98	-0,76	-0,40	0,47	-0,40	0,59	-0,61	-0,87	0,89	0,59	0,97	1,00	0,48	0,57	0,41	0,53	0,88	0,49	0,99	0,15	0,59	0,31	0,77	0,42	0,44	
	Análisis químico de plántones	MO	-0,65	0,69	0,65	0,77	-0,72	0,86	0,86	-0,59	0,12	-0,34	-0,95	-0,43	-0,98	-0,10	0,97	-0,96	-0,98	-0,87	-0,73	1,00	0,95	0,07	0,05	0,64	0,97	0,99	0,63	0,10	0,79	0,75	0,90	0,04
P		-0,71	0,67	0,71	-0,69	0,74	-0,58	-0,57	-0,77	0,98	0,96	0,39	0,96	0,25	0,99	0,17	-0,22	0,25	-0,42	-0,63	-0,07	1,00	0,97	0,91	0,31	0,08	0,99	0,42	0,85	0,25	0,20	0,14	0,99	
Ca		0,73	-0,77	-0,73	-0,70	0,64	-0,79	-0,80	0,68	-0,23	0,23	0,90	0,23	0,96	-0,02	-0,99	0,98	0,96	0,92	0,80	-0,99	-0,05	1,00	0,12	0,72	0,89	0,99	0,55	0,18	0,72	0,83	0,83	0,03	
Mg		-0,59	0,64	0,59	0,82	-0,77	0,89	0,90	-0,53	0,04	-0,40	-0,97	-0,40	-0,99	-0,17	0,95	-0,93	-0,99	-0,84	-0,68	0,99	-0,14	-0,98	1,00	0,60	0,99	0,99	0,67	0,06	0,84	0,71	0,93	0,09	
K		-0,30	0,24	0,30	-0,95	0,97	-0,89	-0,89	-0,37	0,78	0,98	0,77	0,98	0,67	0,90	-0,31	0,26	0,67	0,05	-0,19	-0,53	0,88	0,43	-0,59	1,00	0,39	0,99	0,73	0,54	0,56	0,11	0,45	0,68	
Na		-0,80	0,75	0,80	-0,59	0,65	-0,47	-0,46	-0,84	0,99	0,92	0,27	0,92	0,13	0,99	0,29	-0,34	0,13	-0,53	-0,72	0,05	0,99	-0,17	-0,02	0,82	1,00	0,99	0,34	0,93	0,17	0,28	0,06	0,93	
Cu		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	0,99
Fe		0,99	-0,98	-0,99	0,10	-0,18	-0,04	-0,06	0,99	-0,89	-0,60	0,26	-0,60	0,39	-0,77	-0,74	0,77	0,39	0,89	0,97	-0,55	-0,79	0,65	-0,49	-0,41	-0,86	0,00	1,00	0,73	0,16	0,62	0,28	0,59	
Zn		0,51	-0,57	-0,51	-0,87	0,83	-0,93	-0,93	0,45	0,05	0,49	0,99	0,49	0,99	0,26	-0,92	0,90	0,99	0,78	0,61	-0,99	0,23	0,96	-0,99	0,66	0,11	0,00	0,41	1,00	0,90	0,65	0,99	0,14	
Mn		-0,93	0,90	0,93	-0,35	0,42	-0,21	-0,20	-0,95	0,98	0,78	0,00	0,78	-0,15	0,91	0,54	-0,58	-0,15	-0,74	-0,88	0,32	0,92	-0,43	0,25	0,63	0,96	0,00	-0,97	-0,16	1,00	0,46	0,11	0,75	
Biología	MAV	0,46	-0,40	-0,46	0,88	-0,91	0,80	0,80	0,52	-0,87	-0,99	-0,66	-0,99	-0,54	-0,96	0,15	-0,10	-0,54	0,12	0,36	0,38	-0,95	-0,27	0,45	-0,99	-0,90	0,00	0,56	-0,53	-0,75	1,00	0,35	0,79	
	Act.	-0,85	0,82	0,85	-0,51	0,57	-0,38	-0,37	-0,89	0,99	0,88	0,17	0,88	0,03	0,97	0,39	-0,43	0,03	-0,61	-0,79	0,15	0,98	-0,27	0,08	0,76	0,99	0,00	-0,91	0,01	0,98	-0,86	1,00	0,86	
	ML	-0,69	0,74	0,69	0,73	-0,68	0,82	0,83	-0,64	0,18	-0,28	-0,93	-0,28	-0,97	-0,04	0,98	-0,97	-0,97	-0,90	-0,77	0,99	-0,01	-0,99	0,99	-0,48	0,11	0,00	-0,60	-0,97	0,38	0,32	0,21	1,00	

Legenda:

A: Altura de planta

Af: Are foliar

PS: Peso seco

MAV: Microorganismos Aerobios viables

D: Diámetro de tallo

LR: Longitud de raíces

Act: Actinomicetos

NH: Número de hojas

VR: Volumen de raíces

ML: Mohos y levaduras

Cl: Clorofila

PF: Peso fresco

Finalmente, las correlaciones positivas y negativas muy fuertes observadas en los análisis químico, biológico y morfológico (Tabla 22) resaltan la importancia del equilibrio entre el pH, la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio para el crecimiento óptimo de los plantones de cacao. Además, las relaciones biológicas muestran que los microorganismos no solo contribuyen a la mineralización de nutrientes, sino que también influyen significativamente en el desarrollo de las plantas (Merino, 2013).

La relación positiva muy fuerte (Tabla 23) entre el fósforo (P) y el pH, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y el calcio (Ca) sugiere que un pH equilibrado favorece la disponibilidad de fósforo y calcio, elementos esenciales para el desarrollo de las plantas. Suelos con pH ligeramente ácido a neutro optimizan la retención de cationes y la disponibilidad de fósforo al prevenir su fijación con aluminio o hierro (Tapia-Torres y García-Oliva, 2013).

Por otro lado (Tabla 23), la correlación positiva entre la materia orgánica (MO) y el magnesio (Mg) refuerza la capacidad de la MO para actuar como un reservorio de nutrientes, liberándolos gradualmente durante la mineralización (Zagal y Córdova, 2004). La relación negativa entre el pH y el potasio disponible (K), así como con el magnesio (Mg), indica que suelos con pH elevado tienden a reducir la solubilidad de estos nutrientes, limitando su absorción. El potasio y el magnesio son menos móviles en suelos alcalinos debido a la formación de compuestos insolubles (Cruz-Macías et al., 2020). Asimismo, la relación negativa entre la materia orgánica y la CIC podría reflejar la acumulación de materiales orgánicos mal descompuestos, que reducen la capacidad del suelo para retener cationes (Guzmán-Rodríguez., 2018).

El pH mostró una relación positiva muy fuerte (Tabla 23) con el volumen de raíz, el peso fresco y el peso seco de los plantones de cacao, indicando que un pH adecuado mejora el desarrollo radicular y la acumulación de biomasa. Un pH equilibrado favorece la absorción de nutrientes esenciales para el crecimiento radicular y aéreo (Rosas-Patiño et al., 2021). El fósforo disponible (P) presentó correlaciones positivas con la altura de plantas, el número de hojas y el peso seco, lo que refleja su papel importante en la división celular y el desarrollo de tejidos (Fernández, 2007). Sin embargo, las relaciones negativas del fósforo disponible con el área foliar y del potasio disponible con el número de hojas y peso fresco sugieren que un exceso de estos nutrientes puede causar desequilibrios nutricionales, afectando la formación de biomasa aérea. La sobrefertilización con P y K puede limitar la absorción de otros nutrientes como el magnesio. Por otro lado, la correlación negativa entre el nitrógeno (N) y el diámetro de plantas indica que una disponibilidad excesiva de nitrógeno puede generar un crecimiento desbalanceado, afectando el diámetro del tallo (Villavicencio et al., 2019).

Tabla 23. Correlación de Pearson, coeficientes/probabilidades de las características en estudio, Tratamiento T₄ (Bacthon + Tricho-D)

Cof./Prb.	Análisis químico de suelo								Evaluaciones de plantonos de cacao								Análisis químico de plantonos de cacao								Biología								
	pH	MO	N	P	K	CIC	Ca	Mg	K+	Na+	A	D	H	Cl.	Af.	LR	VR	PF	PS	MO	P	Ca	Mg	K	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	MAV	Act.	ML	
Análisis químico de suelo	pH	1,00	0,52	0,86	0,13	0,06	0,28	0,18	0,27	0,88	0,43	0,42	0,92	0,32	0,20	0,06	0,70	0,06	0,15	0,18	0,11	0,21	0,38	0,93	0,35	0,64	0,00	0,75	0,05	0,71	0,69	0,41	0,27
	MO	-0,69	1,00	0,35	0,65	0,57	0,23	0,33	0,24	0,60	0,09	0,94	0,56	0,83	0,32	0,45	0,78	0,58	0,67	0,70	0,40	0,72	0,89	0,55	0,17	0,84	0,00	0,74	0,47	0,19	0,18	0,93	0,25
	N	-0,21	0,86	1,00	0,99	0,92	0,58	0,68	0,59	0,25	0,43	0,71	0,21	0,82	0,67	0,80	0,43	0,93	0,99	0,95	0,75	0,93	0,76	0,20	0,52	0,49	0,00	0,39	0,81	0,15	0,17	0,73	0,59
	P	0,98	-0,52	0,00	1,00	0,08	0,42	0,32	0,41	0,75	0,57	0,29	0,79	0,18	0,33	0,20	0,57	0,07	0,02	0,05	0,25	0,07	0,24	0,80	0,48	0,51	0,99	0,61	0,19	0,84	0,83	0,28	0,40
	K	-0,99	0,62	0,12	-0,99	1,00	0,34	0,24	0,33	0,83	0,49	0,37	0,87	0,26	0,25	0,12	0,65	0,01	0,09	0,13	0,17	0,15	0,32	0,88	0,41	0,59	0,00	0,69	0,11	0,77	0,75	0,35	0,33
	CIC	0,90	-0,93	-0,61	0,79	-0,86	1,00	0,10	0,01	0,83	0,15	0,71	0,79	0,60	0,09	0,22	0,99	0,35	0,43	0,47	0,17	0,49	0,66	0,78	0,06	0,93	0,99	0,97	0,23	0,43	0,41	0,69	0,01
	Ca	0,96	-0,87	-0,48	0,88	0,93	0,99	1,00	0,09	0,93	0,25	0,61	0,89	0,50	0,01	0,12	0,89	0,25	0,33	0,37	0,07	0,39	0,56	0,88	0,16	0,83	0,00	0,93	0,13	0,53	0,51	0,59	0,09
	Mg	-0,91	0,93	0,60	-0,80	0,87	-0,99	-0,99	1,00	0,84	0,16	0,69	0,80	0,59	0,08	0,21	0,98	0,34	0,42	0,46	0,16	0,48	0,65	0,79	0,08	0,92	0,99	0,98	0,22	0,44	0,42	0,68	0,00
	K+	-0,18	-0,59	-0,92	-0,38	0,27	0,26	0,11	-0,24	1,00	0,68	0,46	0,04	0,57	0,92	0,95	0,18	0,82	0,73	0,70	0,99	0,68	0,51	0,05	0,77	0,24	0,99	0,14	0,94	0,41	0,42	0,47	0,85
	Na+	0,78	-0,99	-0,78	0,63	-0,72	0,97	0,93	-0,97	0,48	1,00	0,85	0,65	0,75	0,23	0,37	0,87	0,49	0,58	0,61	0,32	0,64	0,81	0,64	0,08	0,93	0,00	0,82	0,38	0,28	0,26	0,84	0,16
Evaluaciones de plantonos	A	0,79	-0,10	0,43	0,90	-0,84	0,45	0,58	-0,46	-0,75	0,23	1,00	0,50	0,11	0,62	0,48	0,28	0,36	0,27	0,24	0,54	0,22	0,04	0,51	0,77	0,22	0,00	0,33	0,47	0,87	0,88	0,01	0,69
	D	-0,12	-0,64	-0,94	-0,32	0,21	0,32	0,17	-0,30	0,99	0,53	-0,71	1,00	0,61	0,88	0,99	0,22	0,86	0,77	0,74	0,96	0,72	0,55	0,01	0,73	0,28	0,00	0,18	0,98	0,37	0,38	0,51	0,81
	H	0,88	-0,26	0,28	0,96	-0,92	0,59	0,71	-0,60	-0,63	0,39	0,99	-0,58	1,00	0,51	0,38	0,39	0,25	0,17	0,13	0,43	0,11	0,06	0,62	0,66	0,33	0,99	0,43	0,37	0,98	0,99	0,10	0,59
	Cl.	-0,95	0,88	0,50	-0,87	0,92	-0,99	-0,99	0,99	-0,13	-0,93	-0,56	-0,19	-0,69	1,00	0,13	0,90	0,26	0,35	0,38	0,08	0,40	0,57	0,87	0,15	0,84	0,99	0,95	0,15	0,51	0,50	0,61	0,07
	Af.	-0,99	0,76	0,31	-0,95	0,98	-0,94	-0,98	0,95	0,08	-0,84	-0,72	0,02	-0,83	0,98	1,00	0,77	0,13	0,21	0,25	0,05	0,27	0,44	0,99	0,29	0,71	0,99	0,81	0,01	0,65	0,63	0,47	0,21
	LR	0,45	0,34	0,78	0,63	-0,53	0,02	0,18	-0,04	-0,96	-0,21	0,90	-0,94	0,82	-0,16	-0,36	1,00	0,64	0,55	0,52	0,82	0,50	0,33	0,23	0,95	0,06	0,00	0,04	0,75	0,59	0,60	0,29	0,97
	VR	0,99	-0,61	-0,11	0,99	-0,99	0,86	0,93	-0,86	-0,28	0,71	0,85	-0,22	0,92	-0,92	-0,98	0,54	1,00	0,09	0,12	0,18	0,14	0,31	0,87	0,41	0,58	0,99	0,68	0,11	0,77	0,76	0,35	0,33
	PF	0,97	-0,50	0,02	0,99	-0,99	0,78	0,87	-0,79	-0,40	0,61	0,91	-0,35	0,97	-0,86	-0,95	0,64	0,99	1,00	0,03	0,26	0,06	0,23	0,78	0,50	0,49	0,99	0,60	0,20	0,86	0,84	0,26	0,42
	PS	0,96	-0,45	0,07	0,99	-0,98	0,74	0,84	-0,75	-0,45	0,57	0,93	-0,40	0,98	-0,83	-0,93	0,68	0,98	0,99	1,00	0,30	0,02	0,19	0,75	0,53	0,46	0,00	0,56	0,23	0,89	0,88	0,23	0,45
	Análisis químico de plantonos	MO	0,98	-0,81	-0,38	0,93	-0,96	0,96	0,99	0,97	0,00	0,88	0,67	0,06	0,78	-0,99	-0,99	0,28	0,96	0,92	0,89	1,00	0,32	0,49	0,95	0,23	0,76	0,00	0,86	0,06	0,60	0,58	0,52
P		-0,95	0,42	-0,11	-0,99	0,97	-0,72	-0,82	0,73	0,48	-0,54	-0,94	0,43	-0,99	0,81	0,91	-0,71	-0,98	-0,99	-0,99	-0,88	1,00	0,17	0,73	0,55	0,44	0,00	0,54	0,26	0,91	0,90	0,21	0,48
Ca		-0,83	0,17	-0,37	-0,93	0,88	-0,51	-0,64	0,52	0,70	-0,30	-0,99	0,65	-0,99	0,62	0,77	-0,87	-0,88	-0,94	-0,95	-0,72	0,96	1,00	0,56	0,73	0,27	0,00	0,37	0,43	0,91	0,93	0,03	0,65
Mg		-0,10	-0,65	-0,95	-0,31	0,19	0,33	0,18	-0,32	0,99	0,54	-0,69	0,99	-0,56	-0,20	0,01	-0,94	-0,20	-0,33	-0,38	0,07	0,41	0,64	1,00	0,72	0,29	0,99	0,19	0,98	0,36	0,37	0,52	0,80
K		-0,85	0,97	0,69	-0,73	0,80	-0,99	-0,97	0,99	-0,36	-0,99	-0,35	-0,41	-0,50	0,97	0,90	0,08	-0,80	-0,71	-0,67	-0,93	0,65	0,42	-0,43	1,00	0,99	0,99	0,90	0,30	0,36	0,35	0,76	0,08
Na		-0,53	-0,25	-0,72	-0,70	0,60	-0,11	-0,27	0,13	0,93	0,12	-0,94	0,90	-0,87	0,25	0,44	-0,99	-0,61	-0,71	-0,75	-0,37	0,77	0,91	0,90	0,01	1,00	0,00	0,10	0,70	0,65	0,66	0,23	0,91
Cu		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe		-0,38	-0,40	-0,82	-0,57	0,47	0,05	-0,11	-0,03	0,98	0,28	-0,87	0,96	-0,78	0,09	0,29	-0,99	-0,47	-0,59	-0,63	-0,22	0,66	0,84	0,96	-0,15	0,99	0,00	1,00	0,80	0,54	0,56	0,34	0,98
Zn		-0,99	0,74	0,29	-0,96	0,99	-0,93	-0,98	0,94	0,10	-0,83	-0,74	0,04	-0,84	0,97	0,99	-0,38	-0,98	-0,95	-0,93	-0,99	0,92	0,78	0,02	0,89	0,46	0,00	0,31	1,00	0,66	0,64	0,46	0,22
Mn		-0,44	0,95	0,97	-0,24	0,36	-0,78	-0,68	0,77	-0,80	-0,91	0,21	-0,84	0,04	0,69	0,53	0,60	-0,35	-0,22	-0,17	-0,59	0,13	-0,14	-0,85	0,84	-0,53	0,00	-0,66	0,51	1,00	0,02	0,88	0,44
Biología	MAV	0,46	-0,96	-0,96	0,27	-0,38	0,80	0,70	-0,79	0,79	0,92	-0,18	0,83	-0,01	-0,71	-0,55	-0,58	0,37	0,24	0,19	0,61	-0,16	0,11	0,83	-0,86	0,51	0,00	0,64	-0,53	-0,99	1,00	0,90	0,42
	Act.	-0,80	0,11	-0,42	-0,91	0,85	-0,46	-0,59	0,48	0,74	-0,25	-0,99	0,69	-0,99	0,58	0,74	-0,90	-0,85	-0,92	-0,94	-0,68	0,95	0,99	0,68	0,37	0,93	0,00	0,86	0,75	-0,19	0,16	1,00	0,68
	ML	0,91	-0,93	-0,60	0,80	-0,87	0,99	0,99	-0,99	0,24	0,97	0,46	0,30	0,61	-0,99	-0,95	0,04	0,87	0,79	0,76	0,97	-0,73	-0,53	0,31	-0,99	-0,13	0,00	0,03	-0,94	-0,77	0,79	-0,48	1,00

Legenda:

A: Altura de planta

Af: Are foliar

PS: Peso seco

MAV: Microorganismos Aerobios viables

D: Diámetro de tallo

LR: Longitud de raíces

Act: Actinomicetos

NH: Número de hojas

VR: Volumen de raíces

ML: Mohos y levaduras

Cl: Clorofila

PF: Peso fresco

Un exceso de nitrógeno puede promover un crecimiento desproporcionado de los tejidos aéreos en detrimento del sistema radicular (Sosa-Rodriguez et al., 2019).

La materia orgánica (MO) en plantones mostró correlación positiva (Tabla 23) con el pH, el fósforo disponible (P), el calcio (Ca) y el peso seco, destacando su importancia como fuente de nutrientes y en la mejora de las propiedades físicas y químicas del suelo. La materia orgánica no solo mejora la estructura del suelo, sino que también facilita la liberación de nutrientes durante su descomposición (Casas y Céspedes, 2023).

El fósforo disponible (P) mostró relación positiva (Tabla 23) con el potasio disponible (K), el área foliar y el calcio (Ca), lo que indica una interacción sinérgica entre estos nutrientes para promover el crecimiento foliar y la acumulación de biomasa (Latsague et al., 2014). Sin embargo, la relación negativa de la MO con el potasio disponible (K) y el magnesio intercambiable (Mg) podría deberse a que la MO fija ciertos cationes, reduciendo su disponibilidad inmediata para las plantas.

En el análisis biológico (Tabla 23), los microorganismos aerobios viables mostraron relaciones positivas con el potasio intercambiable (K), lo que destaca su papel en la mineralización de nutrientes esenciales para las plantas. Los microorganismos contribuyen a la liberación de potasio y otros nutrientes durante la descomposición de la materia orgánica (Sales et al., 2024). Asimismo, los actinomicetos presentaron correlaciones positivas con el fósforo disponible (P), el calcio (Ca) y el sodio (Na), lo que refuerza su rol en la movilización de nutrientes y en la mejora de la fertilidad del suelo (Crespo, 2020).

Por otro lado, las relaciones negativas muy fuertes (Tabla 23) entre los mohos y levaduras con el peso fresco y el peso seco de los plantones reflejan una posible competencia por nutrientes entre estos microorganismos y las plantas (Vázquez et al., 2021). Además, la relación negativa entre los microorganismos aerobios viables y la materia orgánica (MO) podría indicar que ciertos microorganismos descomponen rápidamente la MO, afectando su acumulación en el suelo.

4.5. Costo beneficio e índice de rentabilidad de los tratamientos en estudio

El propósito del estudio es determinar los costos asociados con la producción de plantones de cacao del clon IMC-67, considerando la aplicación de enmiendas microbianas como Bacthon, Tricho-D y la combinación de ambos, se encontró un precio de venta de S/ 3 por planta en los tratamientos, mientras que en el grupo de control fue de S/ 1 (Tabla 20). Al realizar el análisis de costo beneficio (B/C) para cada tratamiento, se destaca la relación entre beneficios y costos en los tratamientos T₂ (Bacthon) y T₃ (Tricho-D), en estos casos, se logra

obtener un índice de rentabilidad y costo beneficio (C/B) significativamente superior, con valores de S/ 2,58 y 2,28 respectivamente, ambos superando el umbral de S/ 1. Esto implica que los beneficios superan los costos de producción, indicando que los ingresos son mayores

que los egresos, en consecuencia, se puede afirmar que por cada sol invertido, se generará un retorno del capital invertido y una ganancia de S/ 1,58 y 1,28, es importante señalar que la variación en los resultados de cada tratamiento no solo se atribuye al tamaño de los plántones, sino también al ingreso adicional obtenido mediante la aplicación de la mezcla de productos, aunque se estima que la implementación de la mezcla proporciona una ganancia más sustancial en comparación con el tratamiento testigo, los resultados sugieren que los tratamientos Bacthon y Tricho-D son particularmente rentables, justificando su consideración en la producción de plántones de cacao del clon IMC-67.

Tabla 24. Análisis de beneficio y costo de los tratamientos en estudio

Tratamientos	S./ Costo de producción/Tratamiento								I. R.	B/C
	suelo	Control	Producto	C. Total (S/.)	Número Plantas	I. B.	U. (S/.)			
T ₁	17,28	42	0	59,28	84,00	84,00	24,72	0,42	1,42	
T ₂	17,28	42	38,4	97,68	84,00	252,00	154,32	1,58	2,58	
T ₃	17,28	42	51,2	110,48	84,00	252,00	141,52	1,28	2,28	
T ₄	17,28	42	89,6	148,88	84,00	252,00	103,12	0,69	1,69	

T₁ : Testigo

T₂ : Bacthon

T₃ : Tricho-D

T₄ : Bacthon + Tricho-D

V. CONCLUSIONES

1. El efecto de las enmiendas microbianas (Bacthon y Tricho-D) en el contenido de nutrientes del suelo fue positivo, evidenciando un incremento en la disponibilidad de nutrientes. Sin embargo, es importante señalar que no se observaron cambios significativos en el contenido de nutrientes en las hojas.
2. La aplicación de enmiendas microbianas (Bacthon, Tricho-D y su combinación) produjo un incremento significativo en el crecimiento de los plantones de cacao, evidenciado por el aumento en la altura, el diámetro del tallo, el número de hojas, los niveles de clorofila, la expansión del área foliar, la longitud y el volumen de las raíces, así como en el peso fresco y seco de las plantas.
3. Se identificó una elevación altamente significativa y positiva entre los minerales presentes en el suelo y los niveles de potasio en las hojas de las plantas de cacao. También se observaron correlaciones significativas con parámetros como la altura de las plantas, el diámetro del tallo, el número de hojas, el área foliar y el peso de los plantones, aunque no se encontraron correlaciones notables con la presencia de microorganismos en el suelo, excepto en el caso de la raíz, donde se registró una valoración con mohos y levaduras.
4. En términos de costo-beneficio, los tratamientos con Bacthon y Tricho-D resultaron ser los más rentables, con un costo de 2,58 y 2,28 soles respectivamente, lo que se tradujo en una ganancia neta de 1,58 y 1,28 soles, respectivamente

VI. PROPUESTAS A FUTURO

Considerando los resultados obtenidos, se formulan las siguientes propuestas a futuro:

1. Promover investigaciones más exhaustivas que aborden una variedad de cultivos y sus necesidades específicas, buscando comprender mejor las interacciones entre las enmiendas microbianas y distintas especies vegetales.
2. Conducir investigaciones comparativas que analicen detalladamente el efecto de las enmiendas microbianas en diferentes tipos de suelos, considerando sus diversas texturas. Este punto de vista permitirá desarrollar más recomendaciones específicas y adaptadas a las características edáficas particulares de cada región.
3. Explorar investigaciones adicionales que evalúen el impacto de mayores dosis de fertilización mineral en combinación con enmiendas microbianas. Este punto de vista podría proporcionar información valiosa sobre posibles sinergias o interacciones entre la fertilización mineral y las enmiendas microbianas, contribuyendo así a optimizar las prácticas agrícolas.

VII. REFERENCIAS

- Abasolo, F y Morante, L. A. (2019). *Bacterias degradadoras de hidrocarburos a partir de suelos contaminados con hidrocarburos*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Agroactivo. (2021). *TRICHO-D*. AGROACTIVOCOL.
- Aguado-Lara, G., Etchevers-Barra, J. D., Hidalgo-Moreno, C., Galvis-Spínola, A., Aguirre-Gómez, A. (2002). Dinámica del potasio en suelos agrícolas. *Agrociencia*, 36(1), 11-21. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30236102.pdf>
- Alonso, B. (2015). *Biodiversidad, materia orgánica y estructura del suelo: ciencia, técnica e ingeniería*. [Tesis doctoral]. Universidad de Burgos.
- Altamirano, J. R., Injante, P. H., Coronel, M. Wilson., y González, J. J. (2022). *Manual de producción de enmiendas orgánicas para restablecer la fertilidad del suelo*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego.
- Alvarado, D., Pérez, J., Velásquez, G y Velásquez, M. (2017). *Manual de polinización controlada en cacao*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Instituto de Investigación y Desarrollo Del Sur Occidente.
- Álvarez-Solós, J. D., Díaz-Pérez, E., León-Martínez, N. S y Guillén-Velásquez, J. (2010). Enmiendas orgánicas y actividad metabólica del suelo en el rendimiento de maíz. *Terra Latinoamericana*, 28(3), 239–245.
- Andrade, C. M. (2012). *Evaluación del efecto de la aplicación de Trichoderma harzianum y Trichoderma viride para el control de marchitez en mora de castilla (Rubus glaucus Benth) en el cantón Pillaron provincia de Tungurahua*. [Tesis de pregrado]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. *Plant Physiology*, 24(1), 1–15.
- Avendaño-Arrazate, C. H., López-Gómez, P., Iracheta-Donjuan, L., Vázquez-Ovando, A., Bouchan, R., Cortés-Cruz, M y Borrayo, E. (2018). Diversidad genética y selección de una colección núcleo para a conservación a longo plazo de cacao (*Theobroma cacao* L). *Interciencia*, 43(11), 770–777.
- Avila, C., Campos, S., Guharay, S y Alvaro, L. W. R. (2013). *Aprendiendo e innovando sobre la producción de plantas de cacao en vivero*. INFOCAFES.
- Barbosa, M. X., Roza, M. (2017). La fotosíntesis: una mirada a nivel molecular. *Revista Científica*, (27), 51–59. <https://www.redalyc.org/pdf/5043/504376010007.pdf>

- Basilio-Apolinar, A., González de la Vara, L. E., Ramírez-Pimentel, J. G., Aguirre-Mancilla, C. L., Iturriaga, G., Covarrubias-Prieto, J., & Raya-Pérez, J. C. (2020). *El silicio y la tolerancia al estrés salino en plantas. Ciencia y Tecnología Agropecuaria de México*, 8(2), 1-9. Recuperado de <https://www.somecta.org.mx/Revistas/2020-2/2020-2/EL%20SILICIO09-11-2020.pdf>.
- Batista, L. (2009). *Guía Técnica. El cultivo de cacao*. Centro Para El Desarrollo Agropecuario y Forestal. <http://www.cedaf.org.do>.
- Bedoya-Justo, E., Julca-Otiniano, A. (2021). Efecto de la materia orgánica en el cultivo de palto variedad Fuerte en Moquegua, Perú. *IDESIA (Arica)*, 39(4), 111-119. <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v39n4/0718-3429-idesia-39-04-111.pdf>.
- Beltrán, M. E. (2014). La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. *Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria*, 15(1), 101–113.
- Bueno, R., y Fernández, J. C. (2019). La capacidad de intercambio catiónico del suelo: una bóveda de nutrición clave en la producción de alimentos. *Ámbito Investigativo*, 4(1), 8-9. Recuperado de <https://revistas.lasalle.edu.co/files-articles/ai/vol4/iss1/2/fulltext.pdf>.
- Calvo, P., Reymundo, L y Zúñiga, D. (2008). Estudio de las poblaciones microbianas de la rizosfera de cultivo de papa (*Solanum tuberoso*) en zonas altoandinas. *Ecología Aplicada*, 7(1,2), 141–148.
- Calvo, S. (2011). *Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno*. CT, 3, 173–186. Universidad de Salamanca
- Camargo-Cepeda, D. F y ávila, E. R. (2014). Efectos del *Trichoderma* sp. sobre el crecimiento y desarrollo de la arveja (*Pisum sativum* L.). *Ciencia y Agricultura*, 11(1), 91–100.
- Casas, M., Céspedes, C. (2023). *Importancia de la materia orgánica en el control del suelo*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Informativo INIA Remehue N° 305. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/53153f13-1a25-4f0a-a00d-971741adf0a5/content>
- Cerna-Yamali, T., Salinas-Aranda, E y Soriano-Bernilla, B. (2018). Sinergismo entre *Azotobacter chroococcum* y *Bradyrhizobium yuanmingense* en el crecimiento de *Lactuca sativa* “lechuga.” *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 519–526. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.07>.
- Cerrón, G. (2012). *Asistencia técnica dirigida en control del cultivo de cacao*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Chambe-Mamani, E. S., Apaza-Apaza, S y Aguilar-Ancota, R. (2021). Control biológico (*Trichoderma* spp.) y químico de roya amarilla (*hemileia vastatrix berk & br.*) del cafeto

- (*Coffea arabica* L.) en la provincia de Sandia - Puno. *Polo Del Conocimiento*, 6(2), 500–520.
- Chiriboga, H., Gómez, G y Garcés, K. (2015). *Trichoderma spp. para el control biológico de enfermedades*. Instituto Interamericano de Cooperación Para La Agricultura (IICA).
- Crespo, G. J. (2020). Factores que influyen en el control integrado de nutrientes para la producción agrícola. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 24(3), 19–39. <https://www.redalyc.org/journal/837/83765451004/html/>
- Cruz, J. S. (2022). *Producción y calidad de Brassica rapa. var. rapa (Nabo) mediante la aplicación de una enmienda microbiana y un biorregulador*. [Tesis de pregrado inédita]. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Cruz, L. (2011). *Uso y aplicación de biofertilizantes microbianos y orgánicos en sistema de agroplasticultura*. [Tesis de pregrado inédita]. Centro de Investigación en Química Aplicada.
- Cruz-Cárdenas, C. I., Zelaya, L. X., Sandoval, G., Santos, S., Rojas, E., Chávez, I. F y Ruíz, S. (2021). Using microorganisms for a sustainable agriculture in Mexico: considerations and challenges. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 12(5), 899–913.
- Cruz-Macías, W. O., Rodríguez-Larramendi, L. A., Salas-Marina, M. Á., Hernández-García, V., Campos-Saldaña, R. A., Chávez-Hernández, M. H., Gordillo-Curiel, A. (2020). Efecto de la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico en la acidez de suelos cultivados con maíz en dos regiones de Chiapas, México. *Terra Latinoamericana*, 38(3), 475-488. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v38n3/2395-8030-tl-38-03-475.pdf>.
- Cubillos-Hinojosa, J., Valero, N y Mejía, L. (2009). *Trichoderma harzianum* como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var. flavicarpa Degener). *Agronomía Colombiana*, 27(1), 81–86.
- Cupull, R., Andreu, C. M., Pérez, C., Delgado, Y y Cupill, M. del C. (2003). Efecto de *Trichoderma viride* como estimulante de la germinación, en el desarrollo de posturas de cafetos y el control de *Rhizoctonia solani* Kuhn. *Central Agrícola*, 30(1), 21–25.
- Dagnino, J. (2014). Influencia estadística: Prueba de hipótesis. *Revista Chilena de Anestesia*, 43(1), 125–128.
- Dávila Medina, M. D., Gallegos Morales, G., Hernández Castillo, F. D., Ochoa Fuente, Y. M., & Flores Olivas, A. (2013). Actinomicetos antagónicos contra hongos fitopatógenos de importancia agrícola. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(8), 1187–1196. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4n8/v4n8a6.pdf>

- Díaz, G., Rodríguez, G., Montana, L., Miranda, T., Basso, C y Arcia, M. (2020). Efecto de la aplicación de bioestimulantes y *trichoderma* sobre el crecimiento en plántulas de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) en vivero. In *Bioagro*, 32(3), 10-20.
- Domingues, C. F., Ulysses, C., Trento, T., Mamédio, D y Galbeiro, S. (2020). *Azospirillum* spp. en gramíneas y forrajes. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(1), 223–240. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4951>.
- Familiar, J., Rodríguez, A., Menéndez, A y Briceño-Garmendia, C. (2018). *Análisis integral de la logística en el Perú. Producto cacao. 1ra ed.* Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. www.mincetur.gob.pe.
- Farfan, S. O. (2022). *Efecto de comelina (Callisia repens L.) y hongos micorrizicos arbusculares en la disminución de cadmio en cacao (Theobroma cacao L.) en Pumahuasi, Leoncio Prado, Huánuco 2018.* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Fernández, M. T. (2007). *Fósforo: amigo o enemigo. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 41(2), 51-57. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223114970009.pdf>
- Ferrarezi, J. A., Defant, H., de Souza, L. F., Azevedo, J. L., Hungria, M y Quecine, M. C. (2023). Meta-omics integration approach reveals the effect of soil native microbiome diversity in the performance of inoculant *Azospirillum brasilense*. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1172839>.
- Ferrer, R., Freixa, M., Guàrdia, J., Horber, E. (1992). Aportaciones del análisis exploratorio de datos al estudio de la resistencia. *Anuario de Psicología*, 55, 23-36. Universitat de Barcelona.
- Folch-Mallol, J. L., Garay-Arroyo, A., Lledías, F y Covarrubias, A. A. (2004). La respuesta a estrés en la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. *Revista Latinoamericana de Microbiología* , 46(1–2), 24–46.
- Gárate, M. A., Paz, J. L y Delgado, H. (2020). *Técnicas de propagacion de cacao (Theobroma cacao L.)*. Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- García, C y Cerdá, A. (2008). *Enmiendas orgánicas para suelos basadas en residuos orgánicos*. Academia de Ciencias de La Región de Murcia; Academia de Ciencias de la Región de Murcia.
- García, J. A y Pino, J. L. (2018). *Diseño de experimentos con software estadístico*. Universidad de Sevilla.

- García, J. L. y González, M. Á. (2021). Bioproductos estimulantes de crecimiento en semillero y vivero de café (*Coffea arabica* L.) en la finca Chelol Jinotepe-Carazo [Trabajo de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. *Repositorio Institucional UNA*. <https://repositorio.una.edu.ni/4393/1/tnf62g216.pdf>.
- Gómez, R. M., Bello, D. C., Prada, L. D., Rodríguez, M. X., Gómez, L. D., & Franco, M. (2011). *Actinomicetos mineralizadores de fosfato involucrados en la interacción radical de Glomus sp.-trébol blanco*. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 317-327. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v22n2/a08v22n2.pdf>
- Gómez, R., García, R., Días, C., Tong, F y Gonzalez, C. (2014). *Paquete tecnológico del cultivo del cacao*. Oficina de Las Naciones Unidas Contra La Droga.
- Gonzales, A. E. (2017). *Inciden cia de las fases lunares en el prendimiento y desarrollo de cacao clon CCN-51 bajo diferentes tipos de injertos en Tocache San Martin*. [Tesis de pregrado inédita]. Universidad Nacional De San Martín-Tarapoto.
- González F., H y Fuentes M., N. (2017). Mecanismo de acción de cinco microorganismos promotores de crecimiento vegetal. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(1), 17–31. <https://doi.org/10.22267/rcia.173401.60>.
- González, M. E., & Ramírez, M. O. (2020). Influencia del Ca²⁺, pH, agar y reguladores de crecimiento en la propagación in vitro de *Echinocactus parryi* (Engelm). *Terra Latinoamericana*, 38(3), 489-498. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.682>
- González-Marquetti, I., Infante-Martínez, D., Arias-Vargas, Y., Gorrita-Ramírez, S., Hernández-García, T., Noval-Pons, B. M., Martínez-Coca, B y Peteira, B. (2019). Efecto de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg sobre indicadores de crecimiento y desarrollo de *Phaseolus vulgaris* L. cultivar BAT-304. *Revista de Protección Vegetal*, 34(2), 1–10. <http://opn.to/a/nAO4X>
- Gordón-Mendoza, R y Camargo-Buitargo, 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>.
- Guilcapi, E. D. (2009). *Efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma viride, en la producción de plantas de café (Coffea arábica) variedad caturra a nivel de vivero*. [Tesis de pregrado]. Escuela superior politécnica de Chimborazo.
- Guzmán-Rodríguez, S., Burgos-García, L., Villanueva-Couoh, R., Estrada-Bonilla, N. A., & García, R. (2018). *Caracterización física y química de materiales orgánicos para sustratos agrícolas*. *Agrociencia*, 52(4), 639-652. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v52n4/2521-9766-agro-52-04-639.pdf>

- Héctor-Ardisana, E., Torres-García, A., Fosado-Téllez, O., Peñarrieta-Bravo, S., Solórzano-Bravo, J., Jarre-Mendoza, V., Medranda-Vera, F y Montoya-Bazán, J. (2020). Influence of biostimulants on growth and yield of short cycle crops in Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 41(4), 2. <http://ediciones.inca.edu.cu/octubre-diciembre>.
- Hernández-Melchor, D. J., Ferrera-Cerrato, R y Alarcón, A. (2019). Trichoderma: Importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., Ex Agro-Ciencia*, 35(1), 98–112.
- Holdridge, L. R. (1967). *Life Zone Ecology*. San José, Costa Rica: Tropical Science Center. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7936/BVE19040225e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Holguín, G. (2008). *La comunicación entre bacterias y plantas*. Ciencias. <http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Soybean>.
- Infantes, D., Martínez, B., González, N y Reyes, Y. (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Revista Protección Vegetal*, 24(1), 14–31.
- James, M., Velastegui, E y Cruz, M. A. (2017). Evaluación de las condiciones de cultivo de *Lactobacillus acidophilus* y *Lactobacillus casei* a nivel de laboratorio, con inulina como fuente de carbono. *Bionatura*, 2(1), 235–240. <https://doi.org/10.21931/RB/2017.02.01.4>.
- Kakabouki, I., Tataridas, A., Mavroeidis, A., Kousta, A., Karydogianni, S., Zisi, C., Kouneli, V., Konstantinou, A., Folina, A., Konstantas, A y Papastylianou, P. (2021). Effect of colonization of trichoderma harzianum on growth development and cbd content of hemp (*Cannabis sativa* L.). *Microorganisms*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/microorganisms9030518>.
- Latsague, M., Sáez, P., Mora, M. (2014). *Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, sobre el contenido foliar de carbohidratos, proteínas y pigmentos fotosintéticos en plantas de Berberidopsis corallina Hook.f.* *Gayana Botánica*, 71(1), 37-42. <https://doi.org/10.4067/S0717-66432014000100007>
- León, Y., Martínez, R., Hernández, J. M y Rodríguez, N. (2012). Aplicación de *Azotobacter chroococcum* en la producción de plantones de tabaco negro. *Cultivo Tropicales*, 33(2), 29–32. http://www.inca.edu.cu/otras_web/revista/EDICIONES.htm.
- Lizarbe, A. M. (2013). *Captura de Carbono en el Sistema Agroforestal de Theobroma cacao (Cacao), en el distrito de Irazola, Región Ucayali*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Ucayali.

- Loayza, H., Calderón, A., Gutiérrez, R. O., Céspedes, E y Quiroz, R. (2023). Estimación de las concentraciones relativas de clorofila en folíolos de papa (*Solanum tuberosum* L.) utilizando técnicas de reflectancia de la vegetación. *Ecología Aplicada*, 21(2), 91–101. <https://doi.org/10.21704/rea.v21i2.1961>
- López, J. P., Boronat, R. (2016). Aspectos básicos de la fijación de nitrógeno atmosférico por parte de bacterias. Estudio en el laboratorio de educación secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 203–209. <https://www.redalyc.org/journal/920/92043276015/html/>
- López, S. E y Gil, A. E. (2017). Características germinativas de semillas de *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) “cacao.” *Arnaldoa*, 24(2), 609–618. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24212>.
- López, Y. M., Cunias, M. Y y Carrasco, Y. L. (2020). El cacao peruano y su impacto en la economía nacional. *Universidad y Sociedad*, 12(3), 344–352. <https://orcid.org/0000-0002-3522-0658>.
- Loredo-Osti, C., López-Reyes, L y Espinosa-Victoria, D. (2004). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociados con gramíneas. *Terra Latinoamericana*, 22(2), 225–239.
- Luis, J. M. (2023). *Influencia de la aplicación de enmiendas microbianas al suelo en el crecimiento de plantones de Cederá odorata* L. “Cedro”, en fase de vivero, Tingo María-Perú. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Manrique, E. (2003). Los pigmentos fotosintéticos algo más que la captación de luz para la fotosíntesis. *Ecosistemas*, 12(1), 1–11. <http://www.aeet.org/ecosistemas/031/informe4.htm>.
- Martínez, B., Infante, D y Reyes, Y. (2013). *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Revista de Protección Vegetal*, 28(1), 1–11.
- Martínez, E. (2005). *Errores frecuentes en la interpretación del coeficiente de determinación lineal*. Anuario Jurídico y Económico Escurialense.
- Massone, D. S., Bartoli, C. G., Pastorino, M. J. (2018). Efecto de la fertilización con distintas concentraciones de nitrógeno en el crecimiento de plantones de *Nothofagus alpina* (Poepp. & Endl.) Oerst. *Bosque (Valdivia)*, 39(3), 375-383. Recuperado de <https://www.scielo.cl/pdf/bosque/v39n3/0717-9200-bosque-39-03-00375.pdf>
- Matus, F. J., & Maire G., C. R. (2000). Relación entre la materia orgánica del suelo, textura del suelo y tasas de mineralización de carbono y nitrógeno. *Agricultura Técnica*, 60(2), 112-126. <https://doi.org/10.4067/S0365-28072000000200003>
- Merino, E. G. (2013). *Efecto de la aplicación de abonos procesados con microorganismos eficientes en la producción de plantones de cacao (Theobroma cacao L.) clon CCN-51*

- [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ae13fb3c-bf95-4f30-80e7-8c73b7d066cd/content>.
- Meyer, C. M., Mazaro, S. M., Da Silva, J. C., Coromoto, Y y Vásquez, C. L. (2022). *Trichoderma, su uso en la agricultura*. Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria Embrapa Soja.
- Montaño, N. M., Sandoval, A. L., Camargo, S. L y Sánchez, J. M. (2010). Los microorganismos: pequeños gigantes. *Elementos: Ciencia y Cultura*, 17(77), 15–23. <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=29411989003>.
- Montgomery, E. G. (1911). Correlation studies in corn. *Nebraska Agricultural Experiment Station Annual Report*, 24, 108–159
- Mora, J. L., Alcalá, M y Rosas, M. S. (2016). *Comportamiento de materia orgánica y pH con la profundidad del suelo*. Centro de Investigaciones En Optica, A. C.
- Morales, N., Arévalo, K., Ortega, J., Briceño, B., Andrade, C., & Morales, E. (2006). El pH y la fuente nitrogenada como moduladores del crecimiento de la macrófita *Lemna sp.* *Revista de la Facultad de Agronomía*, 23(1), 1-7. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182006000100007
- Morales, O., Borda, A., Argandoña, A., Farach, R., Garcia, L y Lazo, K. (2015). *La Alianza Cacao Perú y la cadena productiva del cacao fino de aroma*. Universidad ESAN.
- Murindangabo, Y. T., Kopecký, M., Perná, K., Nguyen, T. G., Konvalina, P., & Kavková, M. (2023). Uso destacado de bacterias lácticas en sistemas suelo-planta. *Ecología Aplicada del Suelo*, 189, 104955. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.104955>.
- Navarro, A. J. (2014). *Efecto de aplicación de enmiendas orgánicas en un sistema de cosecha de agua con Acacia saligana heladeras degradadas de la región de Coquimbo*. Universidad de Chile.
- Navarro, F y Pascual, S. (2020). *Diseño de bloques*. Diseño de La Investigación, Análisis y Redacción de Los Resultados.
- Novales, A. (2010). *Análisis de regresión*. Departamento de Economía Cunatitativa Universidad Complutense.
- ORIOUS. (2020). *Bacthon. Ficha-Técnica*. Asociados Con La Vida. Soluciones Con Biotecnología. www.oriusbiotech.com.
- Ortiz, R. A., Guzmán, Ó. A y Leguizamón, J. (2015). Control integrado del nematodo del nudo radical [*Meloidogyne incognita* (kofoid & white) chitwood y *Meloidogyne mayagiiensis* rammh & hirschmann] en almacigos de guayabo (*Psidiumguajava linneo*), variedad

- Palmira ICA-1. *Boletín Científico Del Centro de Museos*, 19(2), 104–138. <https://doi.org/10.17151/bccm.2015.19.2.7>.
- Osuna, H. R., Osuna, A. M y Fierro, A. (2016). *Manual de propagación de plantas superiores*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Otero, L., Ortega Sastriquez, F., & Morales, M. (1998). Participación de la arcilla y la materia orgánica en la capacidad de intercambio catiónico de Vertisoles de la provincia Granma. *Terra Latinoamericana*, 16(3), 189-194. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57316301.pdf>
- Pacheco, J., Pat, R., & Cabrera, A. (2002). Análisis del ciclo del nitrógeno en el medio ambiente con relación al agua subterránea y su efecto en los seres vivos. *Ingeniería*, 6(3), 73–81. <https://www.redalyc.org/pdf/467/46760308.pdf>
- Palencia, G. E., Gómez, R y Gúiza, O. (2009). *Nuevas tecnologías para instalar viveros y producir clones de (Theobroma cacao L)*. Publicación de La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. <http://www.produmedios.org>
- Panduro, K. (2011). *Caracterización de la calidad de granos de cacao de los diferentes clones del semillero interclonal de la Universidad Nacional de Ucayali*. [Tesis de pregrado inédita]. Universidad Nacional de Ucayali.
- Paniagua-Vargas, A., & García-Oliva, F. (2022). La mineralización e inmovilización microbiana determinan la dinámica del azufre en el suelo. *TIP. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 25, 1–14. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tip/v25/1405-888X-tip-25-e523.pdf>
- Paredes, M. (2003). *Manual de cultivo de cacao*. Ministerio de Agricultura.
- Pascual, M. M. (2015). *Efecto de tres niveles de abono líquido orgánico en la producción del cultivo de nabo (Brassica napus) a campo abierto en el Municipio de Achocalla*. [Tesis de pregrado inédita]. Universidad Mayor de San Andrés.
- Pedraza, R., Teixeira, K., Fernández, A., García, I., Baca, B., Azcón, R., Baldani, V y Bonilla, R. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. *Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(2), 155–164.
- Penon, E., Craig, E., Giachino, V., De Falco, P., Sobero y Rojo, M., Rodríguez, P y Tornatore, A. (2015). Uso de *Trichoderma harzianum* Rifai como promotor de crecimiento en producción en vivero de *Eucalyptus globulus* Labill. *Ciencia & Investigación Forestal*, 21(2). <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2015.438>.

- Pérez, A., Céspedes, C y Núñez, P. (2008). Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. *Revista de La Ciencia Del Suelo y Nutrición Vegetal*, 8(4), 10–29.
- Pérez-Pazos, J y Sánchez-López, D. B. (2017). Caracterización y efecto de *Azotobacter*, *Azospirillum* y *Pseudomonas* asociadas a *Ipomoea Batatas* del Caribe Colombiano. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 19(2), 35–46.
- Puentes-Páramo, Y., Menjivar-Flores, J., Aranzazu-Hernández, F. (2014). Eficiencias en el uso de nitrógeno, fósforo y potasio en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Bioagro*, 26(2), 99-106. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/857/85731100004.pdf>
- Quispe, L. (2009). Estudio físico y químico de suelos agrícolas para la estimación del riesgo de salinización en el distrito de San Pedro de Lloc. [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6442>.
- Ramirez, J. R. (2023). *Influencia del biochar en suelos agrícolas degradados de la provincia de La Mar – Ayacucho, 2021*. [Tesis de pregrado inédita]. Universidad Continental. www.coursehero.com.
- Ramírez-Soler, C. H., Magnitskiy, S., Melo, S. E., Melgarejo, L. M. (2018). Efecto de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio sobre el crecimiento del tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) en etapa vegetativa. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1), 31-40. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v12n1/2011-2173-rcch-12-01-31.pdf>.
- Rampazzo, V., Arruda, I., Mari, I., Stafussa, A., Rossetto, R., Maciel, G., & Haminiku, C. (2019). Bringing together *Saccharomyces cerevisiae* and bioactive compounds from plants: A new function for a well-known biosorbent. *Journal of Functional Foods*, 60, 103433. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103433>.
- Reyes, M. R., Franco, O., Morales, E. J., Pérez, D. J. (2017). Influencia del magnesio y zinc en la altura de planta y verdor de hojas en *Lilium*. *Investigación y Ciencia*, 25(70), 31–37. <https://www.redalyc.org/pdf/674/67451351004.pdf>
- Rodríguez, J., Rios, Y y Baró, Y. (2016). Efectividad de cepa de *Azotobacter* sp. y *Bacillus* sp. para el control de especies fúngicas asociadas a hortalizas. *Cultivos Tropicales*, 37(1), 13–19. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1385.9443>.
- Rodriguez-Arrobo, T., Cajamarca-Crespo, K., Barrezueta-Unda, S., Luna-Romero, A y Villaseñor-Ortiz, D. (2023). Efectos de bioestimulantes en el crecimiento morfológico de plántulas de cacao en etapa de vivero. *Manglar*, 20(2), 117–122. <https://doi.org/10.57188/manglar.2023.013>.

- Rodríguez-Pérez, L. (2006). Implicaciones fisiológicas de la osmorregulación en plantas. *Agronomía Colombiana*, 24(1), 28-37. Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/33146>.
- Rojas, M. M. (2011). Quorum sensing en la acción beneficiosa de las bacterias con las plantas. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 1(2), 135–143.
- Romero, E. (2012). *Efecto de Trichoderma spp. en la promoción de crecimiento de maíz, vía síntesis de ácido indol acético*. [Tesis de maestría]. Instituto Politécnico Nacional.
- Rosabal, L., Macías, P., Maza, M., López, R., Guevara, F. (2021). Microorganismos del suelo y sus usos potenciales en la agricultura frente al escenario del cambio climático. *Magna Scientia Uceva*, 11(3), 103–116.
- Rosas-Patiño, G., Puentes-Páramo, Y. J., & Menjivar-Flores, J. C. (2021). Efecto del pH sobre la concentración de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Amazonia Colombiana. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 24(1), e1643. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/1643/2127>.
- Ruiz-Cisneros, M. F., Ornelas-Paz, J. D. J., Olivas-Orozco, G. I., Acosta-Muñiz, C. H., Sepúlveda-Ahumada, D. R., Pérez-Corral, D. A., Rios-Velasco, C., Salas-Marina, M. Á y Fernández-Pavía, S. P. (2018). Efecto de *Trichoderma* spp. y hongos fitopatógenos sobre el crecimiento vegetal y calidad del fruto de jitomate. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 36(3), 444–456. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1804-5>.
- Sabando, G. A y Zambrano, A. A. (2022). *Evaluación de cepas de trichoderma spp cómo bioestimulante en el crecimiento y rendimiento del cultivo de pimiento*. [Tesis de pregrado inédita]. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí.
- Sales, G., Aguirre, C., Cerna, A., Ortega, D., Pérez, V., Aguilar, N., & Reategui, M. (2024). *Análisis de microorganismos funcionales y su relación con parámetros fisicoquímicos del suelo en un bosque reservado*. *Manglar*, 21(1), 19-28. <http://www.scielo.org.pe/pdf/mang/v21n1/2414-1046-manglar-21-01-19.pdf>
- Sanches, M., Nogueira, M. A y Hungria, M. (2021). Outstanding impact of azospirillum brasilense strains ab-v5 and ab-v6 on the brazilian agriculture: Lessons that farmers are receptive to adopt new microbial inoculants. *Revista Brasileira de Ciencia Do Solo*, 45(1), 1–31. <https://doi.org/10.36783/18069657RBCS20200128>.
- Sánchez, J. G. (2015). *Extracción y cuantificación de teobromina existente en las semillas de cuatro variedades de cacao (Theobroma cacao L) producidas en la provincia de el Oro, 2014*. [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica de Machala.

- Sandoval, J. C., Gutiérrez, M. C., Cruz, G., Ortiz, C. A. (2022). Reservas de carbono y micromorfología de la materia orgánica en suelos ribereños en tres ecosistemas de alta montaña: volcán Iztaccíhuatl. *Madera y Bosques*, 28(2), e2822469. <https://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v28n2/2448-7597-mb-28-02-e2822469.pdf>.
- Serfi. (2021). *BACTHON. Ficha-Técnica*.
- Serfi. (2023). *Tricho-D. Ficha técnica*.
- Sierra-Alarcón, A., Moreno-Oviedo, Y., Mancipe-Muñoz, E. A., Avellaneda-Avellaneda, Y., Vargas-Martínez, J. J. (2019). Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada en raigrases perennes y tréboles rojos. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 841-854. https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v30n3/2215-3608-am-30-03-00841.pdf?utm_source=chatgpt.com.
- Sosa-Rodriguez, B. A., Sánchez-de-Prager, M., García-Vivas, Y. S., Espinoza-Guardiola, M. D., Rodríguez, J. A., & Sosa-Rodríguez, G. M. (2019). *Dinámica de nitrógeno del suelo en agroecosistemas bajo el efecto de abonos verdes. Acta Agronómica*, 68(4), 257-264. <https://doi.org/10.15446/acag.v68n4.71963>
- Suárez-Machín, C., Garrido-Carralero, N. A y Guevara-Rodríguez, C. A. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. *ICIDCA Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar*, 50(1), 19–28. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223148420>.
- Tapia-Torres, Y., & García-Oliva, F. (2013). *La disponibilidad del fósforo es producto de la actividad bacteriana en el suelo en ecosistemas oligotróficos: Una revisión crítica. Terra Latinoamericana*, 31(3), 231-241. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v31n3/2395-8030-tl-31-03-00231.pdf>
- Torres-Degró, A. (2011). *Tasas de crecimiento poblacional (r): Una mirada desde el modelo matemático lineal, geométrico y exponencial*. CIDE. Trabajo grado_Hernán Darío Peñalosa Pinto.
- Valenzuela, J. F. (2021). *Modelo productivo para el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.). Material vegetal y propagación*. Grupo Nutresa. www.chocolates.com.co.
- Vargas, H., Santa, F y Lizárraga, A. (2020). Efecto de tamaño de envases y tres tipos de sustratos para la obtención de portainjerto de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en vivero. *Manglar*, 17(2), 127–133. <https://doi.org/10.17268/manglar.2020.019>.
- Vázquez, J., Alvarez-Vera, M., Iglesias-Abad, S y Castillo, J. (2020). La incorporación de enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost reduce los efectos negativos del monocultivo en suelos. *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 105–112. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.12>.

- Vázquez, M. L., Chiquito, R. G., Sánchez, G., Reyes, J. J., Martínez, M. J., & Hernández, L. G. (2021). Efecto de levaduras de origen marino y ulvan en el control poscosecha de *Penicillium italicum* agente causal del moho azul en limón persa. *Biotecnia*, 23(3), 78-85. <https://www.scielo.org.mx/pdf/biotecnia/v23n3/1665-1456-biotecnia-23-03-78.pdf>.
- Vega, J. S. (2016). *Caracterización de la agrocadena de cacao en el Valle de Tenza Boyacá. [Tesis de pregrado inédita]. Universidad de La Salle, Bogotá.* https://ciencia.lasalle.edu.co/administracion_agronegocios.
- Velasco-Jiménez, A., Castellanos-Hernández, O., Acevedo-Hernández, G., Clarenc, R y Rodríguez-Sahagún, A. (2020). Bacterias rizosféricas con beneficios potenciales en la agricultura Rhizospheric bacteria with potential benefits in agriculture. *Terra Latinoamericana*, 28(2), 333–345. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.470>
- Villavicencio, E., Trejo, L., Batchelor, L., López, M., & Arellano, G. (2019). *Nutrición mineral con nitrógeno, fósforo y potasio en la producción del barril azul en invernadero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(spe23), 313-323. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v10nspe23/2007-0934-remexca-10-spe23-313.pdf>
- Yáñez-Ocampo, G., Sánchez-González, M. E., de la Portilla-López, N., Marmolejo-Santillán, Y., Del Águila-Juárez, P., Lugo-de la Fuente, J., & Vaca-Paulín, R. (2020). Densidad poblacional de actinomicetos en suelos florícolas, enmendados con vermicomposta. *Terra Latinoamericana*, 38(4), 745-753. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v38n4/2395-8030-tl-38-04-745.pdf>.
- Zagal, E., Córdova, C. (2004). *Indicadores de calidad de la materia orgánica del suelo en un Andisol cultivado. Agricultura Técnica (Chile)*, 64(2), 186-197. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/cc37f8d1-bb7f-443e-8f6a-37615ce119d0/content>

ANEXOS

Tabla 25. Evaluación de altura de plantones de cacao bloque I

Evaluaciones de altura - BLOQUE I (cm)						
Tratamientos	Plantas	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días
T1R1 (Testigo)	P1	13,20	15,40	17,00	19,00	21,80
	P2	11,70	13,60	14,80	15,90	16,80
	P3	10,40	12,40	14,40	15,20	17,50
	P4	11,00	12,50	14,70	16,10	18,30
	P5	10,10	12,90	15,50	18,10	20,60
	P6	9,10	11,80	13,10	14,90	16,70
	P7	11,30	12,90	15,40	17,90	19,40
	P8	13,80	14,20	17,70	19,20	21,90
	P9	9,70	11,20	14,30	15,00	16,70
	P10	13,80	15,70	17,80	19,20	20,80
T2R1 (Bacthon)	P1	13,80	19,00	24,20	28,60	30,80
	P2	13,90	18,70	23,10	27,00	31,30
	P3	14,40	17,80	23,90	27,10	30,80
	P4	14,50	19,10	23,70	26,50	29,80
	P5	13,80	18,40	22,30	26,60	29,40
	P6	13,70	17,80	21,00	25,10	30,20
	P7	14,40	18,60	21,50	25,20	28,80
	P8	13,90	17,90	20,50	24,00	29,20
	P9	14,10	17,60	20,10	24,50	27,30
	P10	13,70	16,70	20,00	24,80	27,50
T3R1 (Tricho-D)	P1	13,30	17,90	24,30	29,50	36,10
	P2	12,30	17,40	22,50	26,50	32,40
	P3	12,30	16,60	21,10	25,20	30,50
	P4	13,50	19,10	24,00	29,70	36,20
	P5	12,50	15,50	19,80	23,60	29,60
	P6	13,00	17,70	22,50	26,50	31,20
	P7	12,00	17,50	21,10	27,20	32,70
	P8	13,00	18,50	24,20	29,70	35,80
	P9	13,80	18,20	23,10	26,60	32,20
	P10	12,60	16,80	19,40	24,90	30,60
T4R1 (Bacthon + Tricho-D)	P1	13,60	16,50	20,10	24,60	27,90
	P2	12,30	15,90	19,60	23,20	26,10
	P3	13,50	16,30	21,40	25,00	26,80
	P4	14,80	19,40	23,20	26,00	28,30
	P5	13,50	17,30	22,00	25,20	26,70
	P6	12,60	15,30	19,80	23,60	26,20
	P7	14,60	17,40	22,10	25,30	27,50
	P8	11,20	15,10	19,20	22,70	25,10
	P9	14,10	18,90	23,20	25,80	27,30
	P10	13,40	16,00	19,90	23,00	25,80

Tabla 26. Evaluación de altura de plantones de cacao bloque II

evaluaciones de altura - BLOQUE II (cm)						
Tratamientos	Plantas	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días
T1R2 (Testigo)	P1	11,70	14,30	15,70	16,50	18,20
	P2	10,50	12,90	13,30	15,70	16,40
	P3	11,40	12,00	12,60	13,70	15,60
	P4	11,10	14,50	16,40	17,50	18,20
	P5	11,50	13,00	14,90	16,70	17,70
	P6	10,60	12,40	13,00	14,40	16,30
	P7	11,60	13,90	15,30	17,20	18,30
	P8	11,40	15,10	16,10	17,80	18,90
	P9	10,00	12,20	13,50	14,40	15,70
	P10	9,50	11,90	13,60	14,00	15,80
T2R2 (Bacthon)	P1	14,50	16,40	18,40	21,00	23,20
	P2	15,00	16,50	19,70	24,00	29,60
	P3	12,40	15,50	19,50	22,00	29,20
	P4	12,60	15,00	19,40	23,00	25,70
	P5	13,70	15,40	19,20	22,00	25,60
	P6	14,00	15,60	19,20	22,00	24,90
	P7	14,50	16,10	19,20	22,40	27,10
	P8	14,60	17,60	18,70	20,50	24,40
	P9	14,40	17,20	18,00	23,50	26,80
	P10	13,30	14,40	17,30	20,30	23,50
T3R2 (Tricho-D)	P1	12,30	15,10	19,70	24,80	28,50
	P2	10,50	14,00	18,00	24,30	29,80
	P3	13,80	16,00	20,10	25,40	31,40
	P4	12,70	14,40	18,40	25,10	29,10
	P5	13,40	17,50	20,40	26,00	30,20
	P6	11,70	14,00	18,60	23,10	28,40
	P7	11,90	14,00	18,40	23,30	28,20
	P8	13,70	17,70	21,90	26,50	31,80
	P9	11,60	14,90	18,80	24,80	29,60
	P10	12,50	15,60	17,60	23,90	29,30
T4R2 (Bacthon + Tricho-D)	P1	13,40	15,80	17,40	20,20	24,20
	P2	13,10	16,50	19,20	24,50	27,80
	P3	13,20	16,80	19,60	25,40	29,50
	P4	13,40	15,90	18,30	24,50	28,60
	P5	13,40	16,30	17,40	23,40	26,30
	P6	12,70	17,10	18,50	23,10	25,40
	P7	12,40	15,30	18,70	23,30	26,30
	P8	14,30	16,40	18,20	23,20	27,80
	P9	15,30	17,30	19,40	22,40	26,50
	P10	13,60	17,50	20,00	25,00	29,00

Tabla 27. Evaluación de altura de plantones de cacao bloque III

evaluaciones de altura - BLOQUE III (cm)						
Tratamientos	Plantas	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días
T1R3 (Testigo)	P1	9,30	11,00	13,30	15,00	16,60
	P2	9,30	11,50	12,80	13,90	15,50
	P3	10,70	11,70	12,40	13,60	14,50
	P4	11,30	12,40	13,20	14,80	15,70
	P5	10,50	12,50	13,90	15,30	16,40
	P6	11,00	13,40	14,80	15,70	16,90
	P7	9,70	11,10	12,90	13,50	14,70
	P8	10,80	12,70	13,50	14,30	15,20
	P9	9,90	11,32	12,50	13,90	14,50
	P10	9,80	11,10	12,40	13,60	14,90
T2R3 (Bacthon)	P1	12,20	14,50	18,00	23,00	29,90
	P2	13,40	15,50	17,90	21,00	24,80
	P3	13,30	16,00	19,50	25,30	29,60
	P4	12,20	15,10	18,40	22,50	26,80
	P5	13,20	16,40	19,00	24,30	26,70
	P6	13,50	15,10	18,40	24,20	26,90
	P7	13,60	16,10	19,10	24,70	27,40
	P8	13,10	15,40	18,00	21,00	25,20
	P9	12,90	15,70	17,00	22,00	28,10
	P10	12,50	16,00	19,40	24,00	29,80
T3R3 (Tricho-D)	P1	13,20	15,00	20,00	26,20	29,60
	P2	13,90	17,00	22,90	27,00	30,80
	P3	15,20	17,20	22,00	27,30	30,40
	P4	13,00	16,20	19,80	23,20	28,80
	P5	13,00	15,20	19,90	23,10	28,70
	P6	12,40	17,10	20,30	26,80	31,20
	P7	12,70	15,00	19,30	25,30	29,60
	P8	13,10	17,60	22,00	27,90	31,50
	P9	13,40	15,50	17,90	24,30	29,80
	P10	13,60	18,00	21,40	28,00	30,70
T4R3 (Bacthon + Tricho-D)	P1	13,50	15,50	17,50	19,50	22,60
	P2	14,30	16,00	18,60	20,80	23,90
	P3	14,00	15,00	17,40	19,50	20,40
	P4	14,60	15,60	18,10	21,00	23,70
	P5	13,20	14,40	18,00	21,20	23,60
	P6	12,70	14,00	18,20	20,50	22,50
	P7	12,50	14,70	18,50	20,00	22,30
	P8	11,40	13,60	16,30	18,40	21,90
	P9	11,00	14,50	17,60	19,20	21,60
	P10	14,40	16,00	18,50	21,50	24,10

Tabla 28. Evaluación de diámetro del tallo de plántones de cacao bloque I

Evaluaciones de diámetro - BLOQUE I (mm)						
Tratamientos	Plantas	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días
T1R1 (Testigo)	P1	2,16	2,95	3,56	4,10	4,70
	P2	2,56	3,14	4,12	4,58	5,08
	P3	2,59	3,10	4,02	4,73	5,15
	P4	2,76	3,21	4,19	4,98	5,39
	P5	2,87	3,40	4,21	5,06	5,36
	P6	2,43	3,10	4,00	4,57	4,74
	P7	2,60	3,11	4,04	4,78	5,18
	P8	3,00	3,80	4,65	5,04	5,47
	P9	3,28	4,10	4,56	5,00	5,28
	P10	2,96	3,64	4,53	5,12	5,37
T2R1 (Bacthon)	P1	3,54	4,10	4,85	5,29	5,78
	P2	3,54	4,24	5,16	5,50	6,44
	P3	3,35	4,23	5,22	5,87	6,61
	P4	3,68	4,42	5,32	5,69	5,98
	P5	3,31	3,86	5,06	5,57	6,03
	P6	3,35	4,23	4,68	5,55	5,95
	P7	3,40	4,23	5,13	5,80	6,44
	P8	3,58	3,99	4,92	5,22	5,98
	P9	3,51	4,36	4,80	5,35	5,72
	P10	3,20	4,15	5,18	5,74	6,12
T3R1 (Tricho-D)	P1	3,70	3,95	4,54	5,51	6,29
	P2	3,38	3,70	4,59	4,99	5,94
	P3	3,69	3,94	4,46	5,49	6,34
	P4	3,72	4,00	4,73	5,12	5,55
	P5	3,62	3,99	4,68	5,29	5,88
	P6	3,80	4,23	4,79	5,50	6,13
	P7	3,85	4,38	5,20	6,00	6,43
	P8	3,70	4,12	4,97	5,54	6,51
	P9	3,83	4,20	5,15	5,98	6,71
	P10	3,55	4,05	4,87	5,20	6,00
T4R1 (Bacthon + Tricho-D)	P1	3,45	4,47	5,07	5,80	6,20
	P2	3,37	4,22	4,83	5,80	6,47
	P3	3,66	4,71	5,19	5,65	5,96
	P4	3,55	4,70	5,50	5,81	6,20
	P5	3,35	4,00	4,82	5,75	6,32
	P6	3,35	4,10	4,84	5,67	5,99
	P7	3,38	4,37	4,92	5,27	6,00
	P8	3,41	4,33	5,09	5,37	5,47
	P9	3,18	3,69	4,69	5,46	5,97
	P10	3,19	3,98	4,76	5,66	6,01

Tabla 29. Evaluación de diámetro del tallo de plántones de cacao bloque II

Evaluaciones de diámetro - BLOQUE II (mm)						
Tratamientos	Plantas	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días
T1R2 (Testigo)	P1	3,01	3,66	4,00	4,46	5,12
	P2	2,97	3,29	3,78	4,13	4,78
	P3	3,00	3,41	3,82	4,06	4,37
	P4	3,15	3,77	4,12	5,00	5,31
	P5	2,69	3,33	3,62	4,00	4,25
	P6	2,99	3,63	4,11	4,68	5,02
	P7	2,71	3,21	3,97	4,31	4,78
	P8	3,12	3,45	3,96	4,63	5,07
	P9	2,98	3,64	4,25	4,67	4,98
	P10	2,76	3,16	3,84	4,10	4,37
T2R2 (Bacthon)	P1	3,67	4,23	5,07	5,66	6,18
	P2	3,18	4,18	4,50	5,31	6,02
	P3	3,15	4,06	4,63	5,36	6,11
	P4	3,33	4,00	4,40	5,42	5,97
	P5	3,21	4,00	4,67	5,61	6,22
	P6	3,09	4,08	4,57	5,21	5,56
	P7	3,11	4,04	4,87	5,77	6,31
	P8	3,14	4,04	4,53	5,33	5,90
	P9	3,16	4,11	5,10	5,89	6,10
	P10	3,17	4,12	4,79	5,77	5,99
T3R2 (Tricho-D)	P1	3,18	3,81	4,96	5,74	6,33
	P2	3,15	3,45	4,15	5,10	6,05
	P3	3,41	3,84	4,16	5,15	5,96
	P4	3,16	3,73	4,68	5,11	5,86
	P5	3,30	3,84	4,72	5,32	6,18
	P6	3,00	3,60	4,36	5,18	6,02
	P7	3,00	3,83	4,59	5,76	6,33
	P8	3,15	3,87	4,86	5,66	6,20
	P9	3,12	3,57	4,17	5,09	5,91
	P10	3,14	3,59	4,69	5,31	5,96
T4R2 (Bacthon + Tricho-D)	P1	3,33	4,02	4,75	5,58	6,20
	P2	3,18	4,13	4,60	5,60	6,12
	P3	3,19	4,18	4,83	5,32	6,00
	P4	3,12	3,95	4,85	5,52	6,10
	P5	3,09	3,70	4,67	5,29	5,98
	P6	3,21	3,98	4,57	5,41	6,17
	P7	3,10	3,71	4,50	5,26	6,12
	P8	3,12	3,62	4,39	5,43	6,05
	P9	3,23	4,12	4,77	5,63	6,25
	P10	3,06	3,82	4,74	5,43	6,21

Tabla 30. Evaluación de diámetro del tallo de plántones de cacao bloque III

Evaluaciones de diámetro - BLOQUE III (mm)						
Tratamientos	Plantas	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días
T1R3 (Testigo)	P1	2,89	3,20	3,56	4,00	4,32
	P2	2,78	3,00	3,45	3,99	4,12
	P3	3,14	3,60	4,46	5,26	5,56
	P4	3,11	3,93	4,36	5,21	5,79
	P5	3,13	4,07	4,67	5,60	6,00
	P6	3,50	3,97	4,34	5,40	5,91
	P7	3,08	3,35	3,47	3,80	4,13
	P8	3,40	3,68	4,05	4,85	5,21
	P9	3,40	3,83	4,36	5,28	5,78
	P10	3,30	4,34	4,93	5,34	5,64
T2R3 (Bacthon)	P1	3,02	3,45	4,21	5,10	5,96
	P2	3,06	3,87	4,25	5,21	5,89
	P3	3,24	3,84	4,53	5,20	6,12
	P4	3,03	3,85	4,40	5,40	6,36
	P5	3,00	3,70	4,15	5,19	6,12
	P6	3,14	3,65	4,36	5,17	5,77
	P7	3,30	3,63	4,27	5,45	5,97
	P8	3,43	3,88	4,43	5,06	6,16
	P9	3,64	3,96	4,10	5,28	6,00
	P10	3,01	3,78	4,36	5,23	6,08
T3R3 (Tricho-D)	P1	3,26	4,20	4,82	5,38	6,10
	P2	3,03	3,90	4,26	5,10	6,00
	P3	3,12	3,78	4,54	5,42	6,31
	P4	3,12	3,46	4,26	5,11	6,06
	P5	3,21	3,79	4,22	5,09	6,21
	P6	3,24	3,85	4,31	5,31	6,12
	P7	3,10	3,98	4,50	5,17	6,20
	P8	3,16	4,00	4,65	5,29	6,40
	P9	3,11	3,71	4,38	5,17	6,38
	P10	3,18	3,74	4,76	5,10	6,00
T4R3 (Bacthon + Tricho-D)	P1	3,23	3,79	4,26	5,42	6,32
	P2	3,06	3,70	4,53	5,16	6,05
	P3	3,76	4,00	4,56	5,26	6,00
	P4	3,33	3,98	4,73	5,35	6,09
	P5	3,70	3,85	4,30	5,04	6,05
	P6	3,00	3,78	4,23	5,49	6,21
	P7	3,05	3,63	4,17	5,14	6,12
	P8	3,09	3,84	4,39	5,43	6,09
	P9	3,10	3,75	4,36	5,36	6,23
	P10	3,16	4,00	4,58	5,57	6,33

Tabla 31. Evaluación de número de las hojas de plántones de cacao bloque I

Evaluaciones de número de hojas - BLOQUE I						
Tratamientos	Plantas	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días
T1R1 (Testigo)	P1	3	5	7	8	9
	P2	2	3	4	5	7
	P3	2	3	5	6	8
	P4	4	5	7	8	9
	P5	4	6	7	8	9
	P6	2	3	5	6	7
	P7	4	5	6	7	9
	P8	3	5	6	7	10
	P9	2	3	4	5	7
	P10	2	4	6	7	8
T2R1 (Bacthon)	P1	5	9	11	12	15
	P2	5	8	11	16	19
	P3	6	9	12	15	17
	P4	7	9	11	13	16
	P5	6	8	10	13	16
	P6	5	7	9	12	15
	P7	6	9	12	16	18
	P8	6	7	9	12	15
	P9	5	7	9	10	13
	P10	5	7	10	11	14
T3R1 (Tricho-D)	P1	5	9	11	14	18
	P2	7	9	11	15	19
	P3	6	7	9	12	15
	P4	5	8	11	13	17
	P5	4	7	9	12	16
	P6	5	8	10	12	14
	P7	7	10	13	16	19
	P8	6	7	11	15	18
	P9	6	8	9	13	14
	P10	5	8	10	14	17
T4R1 (Bacthon + Tricho-D)	P1	5	8	9	12	15
	P2	5	6	8	13	16
	P3	5	7	9	11	12
	P4	6	8	9	12	14
	P5	5	8	9	10	12
	P6	5	7	10	13	15
	P7	4	7	9	13	15
	P8	6	8	11	14	16
	P9	4	7	9	11	13
	P10	6	9	11	12	14

Tabla 32. Evaluación de número de las hojas de plántones de cacao bloque II

Evaluaciones de número de hojas - BLOQUE II						
Tratamientos	Plantas	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días
T1R2 (Testigo)	P1	3	5	6	7	7
	P2	1	2	3	3	4
	P3	1	2	4	5	6
	P4	3	4	5	5	6
	P5	2	3	5	6	6
	P6	2	4	4	5	5
	P7	2	2	3	3	4
	P8	3	4	5	6	6
	P9	0	2	3	3	5
	P10	0	1	2	3	4
T2R2 (Bacthon)	P1	6	8	10	11	12
	P2	5	7	8	10	11
	P3	5	8	9	11	12
	P4	6	8	9	11	12
	P5	6	8	10	12	13
	P6	4	6	8	10	12
	P7	6	9	11	12	13
	P8	5	7	9	11	12
	P9	5	7	8	9	10
	P10	6	8	10	12	13
T3R2 (Tricho-D)	P1	6	8	10	12	13
	P2	4	6	8	10	12
	P3	4	5	7	9	11
	P4	5	8	11	13	14
	P5	5	7	9	10	12
	P6	6	8	10	13	15
	P7	5	6	7	9	11
	P8	5	7	8	10	12
	P9	5	7	8	11	12
	P10	6	8	10	12	14
T4R2 (Bacthon + Tricho-D)	P1	5	7	9	11	16
	P2	6	8	9	12	16
	P3	6	7	9	11	15
	P4	6	9	11	15	18
	P5	5	7	9	11	14
	P6	6	8	10	12	15
	P7	5	7	10	12	15
	P8	5	7	11	15	18
	P9	5	7	9	11	14
	P10	6	8	10	13	16

Tabla 33. Evaluación de número de las hojas de plántones de cacao bloque III

Evaluaciones de número de hojas - BLOQUE III						
Tratamientos	Plantas	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días
T1R3 (Testigo)	P1	0	2	3	4	4
	P2	2	3	5	5	6
	P3	3	4	6	7	8
	P4	3	4	5	7	9
	P5	3	5	6	7	8
	P6	4	5	6	7	7
	P7	2	2	3	4	4
	P8	2	3	4	5	6
	P9	4	5	7	8	9
	P10	2	5	6	7	8
T2R3 (Bacthon)	P1	5	8	10	12	15
	P2	4	7	9	11	13
	P3	6	9	12	15	17
	P4	5	7	8	10	11
	P5	7	9	13	15	16
	P6	6	8	10	12	13
	P7	7	9	11	14	15
	P8	5	8	10	11	12
	P9	5	7	9	12	13
	P10	5	7	8	10	11
T3R3 (Tricho-D)	P1	4	5	8	10	11
	P2	5	7	8	11	12
	P3	5	6	9	12	14
	P4	5	7	9	13	14
	P5	5	7	9	11	12
	P6	5	7	9	11	13
	P7	5	6	7	10	13
	P8	5	8	10	12	14
	P9	5	7	9	10	12
	P10	6	8	11	15	16
T4R3 (Bacthon + Tricho-D)	P1	4	7	9	11	12
	P2	5	7	9	12	13
	P3	4	6	8	10	12
	P4	5	6	8	10	13
	P5	5	6	8	11	12
	P6	6	7	8	10	11
	P7	6	7	8	10	11
	P8	5	7	9	11	13
	P9	5	7	8	10	12
	P10	6	9	12	13	15

Tabla 34. Evaluación de clorofila y área foliar de hojas de plántones de cacao

Bloque	Tratamientos	Clorofila A	Clorofila B	Clorofila Total	Área foliar
BI	T1 (Testigo)	2,491	2,993	5,484	303,13
BI	T2 (Bacthon)	3,415	3,405	6,820	361,10
BI	T3 (Tricho-D)	2,715	3,143	5,858	356,55
BI	T4 (Bacthon + Tricho-D)	3,372	3,276	6,648	358,61
BII	T1 (Testigo)	2,493	2,991	5,484	304,64
BII	T2 (Bacthon)	3,413	3,403	6,816	364,56
BII	T3 (Tricho-D)	2,713	3,142	5,855	364,54
BII	T4 (Bacthon + Tricho-D)	3,370	3,274	6,644	354,40
BIII	T1 (Testigo)	2,490	2,992	5,482	309,55
BIII	T2 (Bacthon)	3,414	3,404	6,818	369,54
BIII	T3 (Tricho-D)	2,714	3,145	5,859	370,18
BIII	T4 (Bacthon + Tricho-D)	3,373	3,275	6,648	359,80

Tabla 35. Evaluación raíces (Longitud y volumen), peso (Fresco y seco) de plántones de cacao

Bloque	Tratamientos	Raíces		Peso	
		Longitud	Volumen	Fresco	Seco
BI	(Testigo)	28,50	16,00	42,00	11,20
BI	(Bacthon)	42,66	32,00	88,00	25,00
BI	(Tricho-D)	37,38	36,00	107,00	28,60
BI	(Bacthon + Tricho-D)	37,72	26,00	91,00	27,50
BII	(Testigo)	27,00	14,00	39,00	12,90
BII	(Bacthon)	45,16	38,00	92,00	23,90
BII	(Tricho-D)	36,76	28,00	96,00	27,70
BII	(Bacthon + Tricho-D)	36,08	32,00	118,00	35,00
BIII	(Testigo)	23,70	17,00	47,00	13,70
BIII	(Bacthon)	30,48	28,00	79,00	22,50
BIII	(Tricho-D)	36,32	28,00	76,00	21,30
BIII	(Bacthon + Tricho-D)	33,30	22,00	62,00	17,80

Tabla 36. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de altura de plántones de cacao a los 30 días

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloque	0,45	2,00	0,23	0,97	0,4328
Tratamiento	14,10	3,00	4,70	20,29	0,0015
Error Experimental	1,39	6,00	0,23		
Total	15,94	11,00			
CV	3,79				
R ²	0,91				

Tabla 37. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de altura de plántones de cacao a los 45 días

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloque	6,37	2,00	3,19	5,99	0,0373
Tratamiento	29,02	3,00	9,67	18,19	0,0021
Error Experimental	3,19	6,00	0,53		
Total	38,58	11,00			
CV	4,72				
R ²	0,92				

Tabla 38. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de altura de plántones de cacao a los 60 días

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloque	17,29	2,00	8,65	17,23	0,0033
Tratamiento	71,67	3,00	23,89	47,62	0,0001
Error Experimental	3,01	6,00	0,50		
Total	91,97	11,00			
CV	3,83				
R ²	0,97				

Tabla 39. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de altura de plántones de cacao a los 75 días

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloque	15,84	2,00	7,92	5,73	0,0406
Tratamiento	172,95	3,00	57,65	41,72	0,0002
Error Experimental	8,29	6,00	1,38		
Total	197,08	11,00			
CV	5,34				
R ²	0,96				

Tabla 40. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de altura de plántones de cacao a los 90 días

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloque	19,54	2,00	9,77	5,36	0,0462
Tratamiento	304,64	3,00	101,55	55,69	0,0001
Error Experimental	10,94	6,00	1,82		
Total	335,12	11,00			
CV	5,34				
R ²	0,97				

Tabla 41. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de diámetro de plántones de cacao a los 30 días

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloques	0,07	2	0,04	0,75	0,4938
Tratamientos	0,28	3	0,09	2,00	0,2103
Error experimental	0,28	6	0,05		
Total	0,63	11			
CV	6,72				
R ²	0,56				

Tabla 42. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de diámetro de plántones de cacao a los 45 días

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloques	0,08	2	0,04	1,00	0,4112
Tratamientos	0,50	3	0,17	4,17	0,0650
Error experimental	0,24	6	0,04		
Total	0,82	11			
CV	5,21				
R ²	0,71				

Tabla 43. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de diámetro de plántones de cacao a los 60 días

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloques	0,35	2	0,18	6,18	0,0335
Tratamientos	0,70	3	0,23	8,24	0,0142
Error experimental	0,17	6	0,03		
Total	1,22	11			
CV	3,68				
R ²	0,86				

Tabla 44. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de diámetro de plántones de cacao a los 75 días

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloques	0,10	2	0,05	1,76	0,2589
Tratamientos	1,20	3	0,40	14,12	0,0041
Error experimental	0,17	6	0,03		
Total	1,47	11			
CV	3,25				
R ²	0,88				

Tabla 45. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de diámetro de plántones de cacao a los 90 días

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloques	0,05	2	0,03	1,88	0,2459
Tratamientos	2,40	3	0,80	60,00	0,0001
Error experimental	0,08	6	0,01		
Total	2,53	11			
CV	1,95				
R ²	0,97				

Tabla 46. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del número de hojas de plantones de cacao a los 30 días

Fuentes de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloques	0,67	2,00	0,34	3,00	0,1250
Tratamientos	17,58	3,00	5,86	52,48	0,0001
Error experimental	0,67	6,00	0,11		
Total	18,92	11,00			
CV	7,55				
R ²	0,96				

Tabla 47. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del número de hojas de plantones de cacao a los 45 días

Fuentes de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloques	3,50	2,00	1,75	1,80	0,2441
Tratamientos	30,92	3,00	10,31	10,61	0,0082
Error experimental	5,83	6,00	0,97		
Total	40,25	11,00			
CV	14,61				
R ²	0,86				

Tabla 48. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del número de hojas de plantones de cacao a los 60 días

Fuentes de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloques	5,17	2,00	2,59	2,27	0,1847
tratamientos	46,92	3,00	15,64	13,74	0,0043
Error experimental	6,83	6,00	1,14		
Total	58,92	11,00			
CV	12,43				
R ²	0,88				

Tabla 49. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del número de hojas de plantones de cacao a los 75 días

Fuentes de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloques	10,17	2,00	5,09	3,33	0,1066
Tratamientos	60,33	3,00	20,11	13,16	0,0048
Error experimental	9,17	6,00	1,53		
Total	79,67	11,00			
CV	12,57				
R ²	0,88				

Tabla 50. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del número de hojas de plantones de cacao a los 90 días

Fuentes de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloques	22,17	2,00	11,09	3,35	0,1053
Tratamientos	88,67	3,00	29,56	8,94	0,0124
Error experimental	19,83	6,00	3,31		
Total	130,67	11,00			
CV	14,74				
R ²	0,85				

Tabla 51. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de clorofila A de hojas de plantones de cacao

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloques	0,00	2	0,00	3,00	0,1250
Tratamientos	1,95	3	0,65	55712,29	<0,0001
Error experimental	0,00	6	0,00		
Total	1,95	11			
CV	0,11				
R ²	0,99				

Tabla 52. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de clorofila B de hojas de plantones de cacao

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloques	0,00	2	0,00	1,62	0,2936
Tratamientos	0,28	3	0,09	4361,08	<0,0001
Error experimental	0,00	6	0,00		
Total	0,28	11			
CV	0,15				
R ²	0,99				

Tabla 53. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de clorofila total de hojas de plantones de cacao

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloques	0,00	2	0,00	1,20	0,4219
Tratamientos	3,65	3	1,22	146148,00	<0,0001
Error experimental	0,00	6	0,00		
total	3,65	11			
CV	0,05				
R ²	1,00				

Tabla 54. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de longitud de raíces de plantones de cacao

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloque	80,12	2	40,06	3,63	0,0926
Tratamiento	291,37	3	97,12	8,80	0,0129
Error experimental	66,20	6	11,03		
Total	437,69	11			
CV	9,60				
R ²	0,85				

Tabla 55. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de longitud de raíces de plantones de cacao

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloque	43,17	2	21,59	1,23	0,3574
Tratamiento	518,25	3	172,75	9,82	0,0099
Error experimental	105,50	6	17,58		
Total	666,92	11			
CV	15,87				
R ²	0,84				

Tabla 56. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de peso fresco de plántones de cacao

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloque	912,17	2	456,09	2,15	0,1975
Tratamiento	5084,92	3	1694,97	8,00	0,0161
Error experimental	1271,83	6	211,97		
Total	7268,92	11			
CV	18,65				
R ²	0,83				

Tabla 57. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de peso seco de plántones de cacao

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Bloque	77,21	2	38,61	2,11	0,2020
Tratamiento	387,02	3	129,01	7,06	0,0215
Error experimental	109,61	6	18,27		
Total	573,84	11			
CV	19,20				
R ²	0,81				

**Figura 23.** Preparación de sustratos: a. tamizado de tierra, b. tierra tamizado, c. desinfección de tierra y d. ordenamiento de bolsas.



Figura 24. Crecimientos de plantas de cacao



Figura 25. Comparación de plantones de los diferentes tratamientos



Figura 26. Evaluación de área foliar

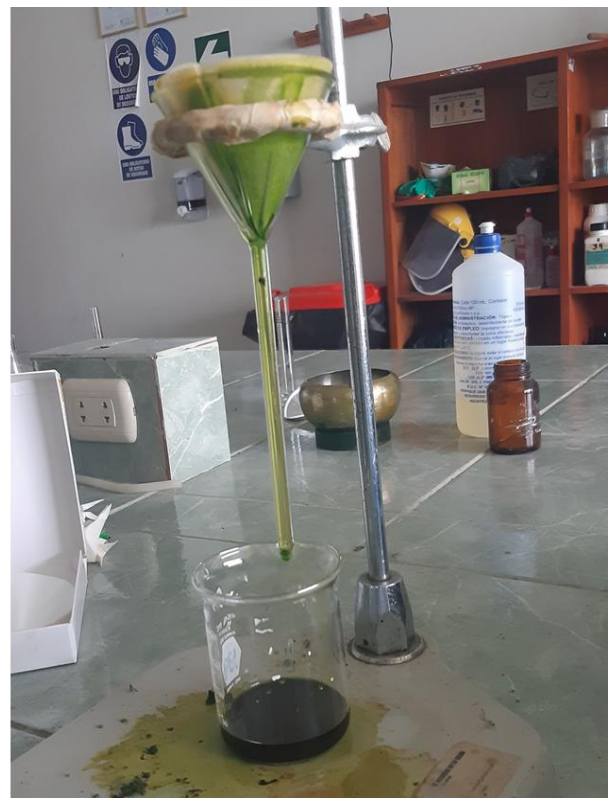


Figura 27. Preparación para clorofila



Figura 28. Medidas de longitud de raíces: a. T1 (Testigo), b. T2 (Bachthon), c. T3 (Tricho-D) y T4. (Bachthon + Tricho-D)



Figura 29. Evaluación de volumen de raíces

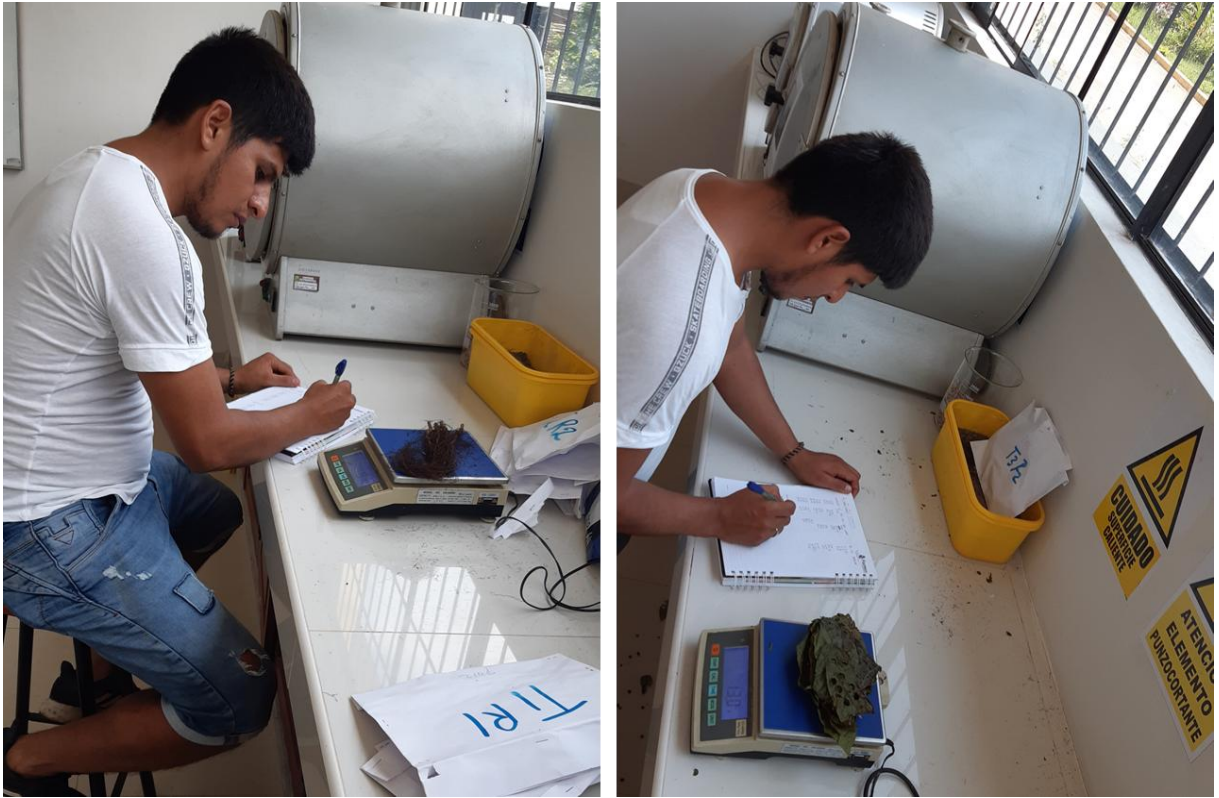


Figura 30. Evaluación de peso de plántulas de cacao

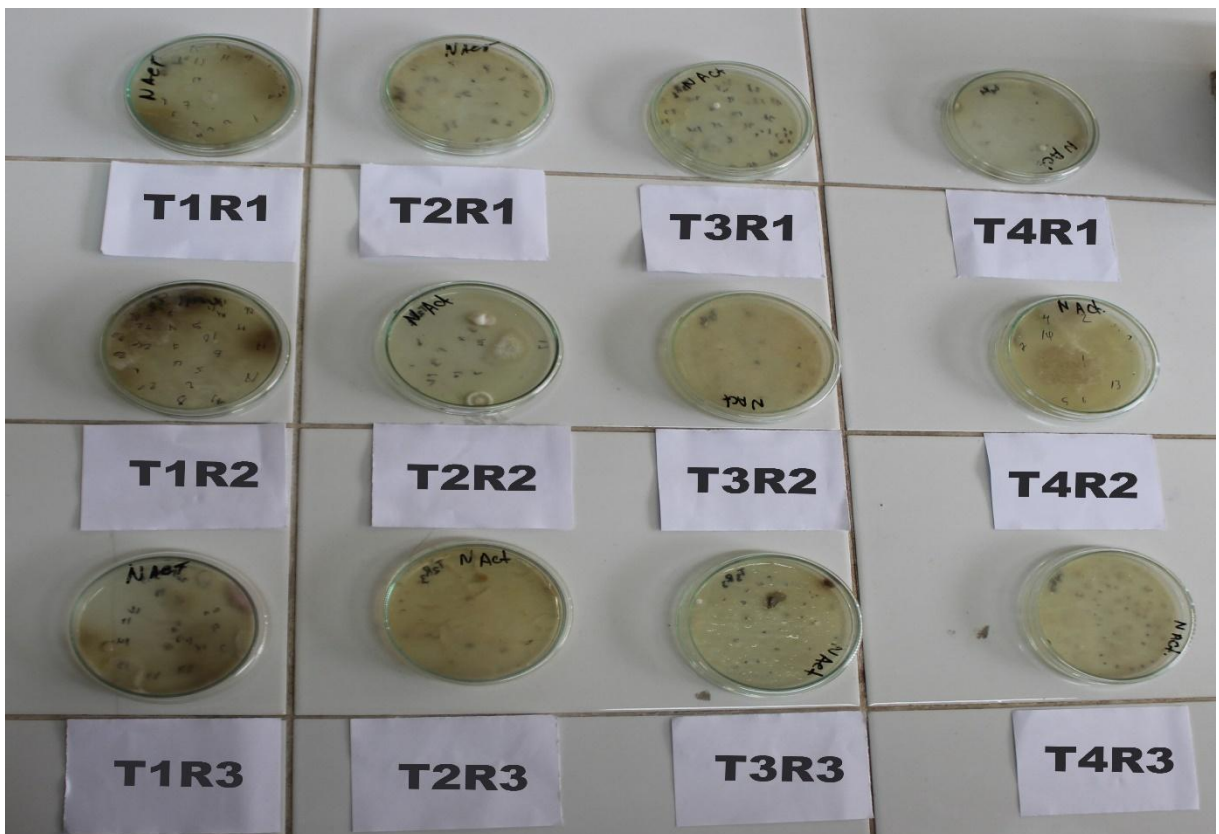


Figura 31. Análisis microbiano



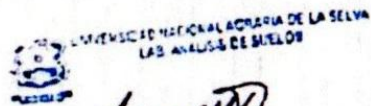
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Carretera Central Km1.21 - Tingo María - CELULAR 941531359
 Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología
analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: NUÑEZ BUSTAMANTE JHON JAIRO										PROCEDENCIA: TINGO MARIA															
N°	CODIGO DEL LAB.	DATOS DE LA MUESTRA	ANÁLISIS MECÁNICO				pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+) / kg						CICe	%	%	%			
			Arena	Arcilla	Limo	Textura							1:1	%	%	disponible									
			REFERENCIA	%	%											%	Ca	Mg					K	Na	Al
								ppm	ppm																
1	S1479	BRUNAS	47	28	25	Franco Arcillo Arenoso	4.51	1.04	0.05	7.43	110.45	—	4.80	1.34	—	—	0.28	0.02	6.44	95.34	4.66	4.35			

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
 TINGO MARIA, 29 DE OCTUBRE 2019
 RECIBO N° 0598614



[Firma]
 ING. LUIS G. MANDILLA MINAYA
 JEFE



Figura 32. Análisis inicial de suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Carretera Central Km1.21 - Tingo María - CELULAR 941531359
 Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología
analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

N°	DATOS		SOLICITANTE: NUNEZ BUSTAMANTE JHON JAIRO										PROCEDENCIA: TINGO MARIA									
			ANÁLISIS MECÁNICO				pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%
			Arena	Arcilla	Limo	Textura							1:1	%	%	disponible		Ca				
			%	%	%		ppm	ppm	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al											
1	S1955	T1R1 TESTIGO	29	26	45	Franco	5.63	1.65	0.08	13.50	105.95	7.66	6.05	1.03	0.34	0.24	--	--	--	100	0	0
2	S1956	T1R2 TESTIGO	35	18	47	Franco	5.65	1.42	0.07	13.04	106.70	8.20	6.61	1.01	0.33	0.26	--	--	--	100	0	0
3	S1957	T1R3 TESTIGO	34	20	45	Franco	5.61	1.81	0.09	10.76	107.95	8.08	6.45	1.09	0.32	0.22	--	--	--	100	0	0
4	S1958	T2R1	32	19	48	Franco	6.22	1.87	0.09	54.02	117.95	11.14	9.04	1.48	0.37	0.24	--	--	--	100	0	0
5	S1959	T2R2	35	19	46	Franco	6.86	1.97	0.10	54.36	191.92	10.09	7.54	1.49	0.60	0.47	--	--	--	100	0	0
6	S1960	T2R3	34	20	46	Franco	5.82	1.92	0.10	55.66	160.93	11.35	9.08	1.42	0.49	0.37	--	--	--	100	0	0
7	S1961	T3R1	51	28	21	Franco Arcillo Arenoso	5.69	2.66	0.13	71.45	340.60	17.55	13.61	2.25	0.92	0.77	--	--	--	100	0	0
8	S1962	T3R2	53	28	19	Franco Arcillo Arenoso	5.96	2.67	0.13	78.14	267.83	20.06	16.20	2.26	0.87	0.73	--	--	--	100	0	0
9	S1963	T3R3	53	28	19	Franco Arcillo Arenoso	5.68	2.80	0.14	74.90	307.87	19.16	15.30	2.14	0.96	0.77	--	--	--	100	0	0
10	S1964	T4R1	49	26	25	Franco Arcillo Arenoso	6.20	2.40	0.12	81.08	491.18	23.43	18.75	2.76	1.20	0.72	--	--	--	100	0	0
11	S1965	T4R2	53	26	21	Franco Arcillo Arenoso	6.51	2.13	0.11	82.02	451.83	25.55	20.85	2.45	1.42	0.83	--	--	--	100	0	0
12	S1966	T4R3	51	28	21	Franco Arcillo Arenoso	6.06	2.27	0.11	80.15	516.52	23.74	18.70	2.72	1.56	0.76	--	--	--	100	0	0

MUESTREO POR EL SOLICITANTE
 TINGO MARIA, 07 DE ENERO 2020
 RECIBO N° 0603115

Ing. Luis G. Mangilla Minave
 JEFE



Figura 33. Análisis de suelo al final del experimento

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología
 Carretera Central Km 1.21 - Tingo Maria - Celular 941531359
 analisis.suelos@unaselva.edu.pe



ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE		NUÑEZ BUSTAMANTE JHON JAIRO					PROCEDENCIA		TINGO MARIA							
DATOS DE LA MUESTRA		ANALISIS PROXIMAL					RESULTADOS EN BASE SECA									
		Humedad Hd (%)	EN BASE HUMEDA		EN BASE SECA		PORCENTAJE (%)					PARTES POR MILLON (ppm)				
Código	Referencia		Materia Organica (%)	Cenizas (%)	Materia Organica (%)	Cenizas (%)	P ₂ O ₅ (%)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	Na (%)	Cu ppm	Fe ppm	Zn ppm	Mn ppm	
ME_771	T1R1 TESTIGO	4.87	84.08	11.05	88.58	11.62	0.579	0.322	0.745	0.853	0.391	4	961	487	501	
ME_772	T1R2 TESTIGO	5.70	83.72	10.58	88.78	11.22	0.286	0.596	0.798	0.657	0.280	6	926	403	487	
ME_773	T1R3 TESTIGO	6.40	82.50	11.10	88.14	11.86	0.245	0.546	0.789	0.808	0.319	4	1030	389	436	
ME_774	T2R1	4.54	86.14	9.32	90.23	9.77	0.204	0.316	0.966	0.927	0.219	4	837	267	288	
ME_775	T2R2	5.22	85.53	9.25	90.24	9.76	0.244	0.362	0.854	0.970	0.205	4	831	229	260	
ME_776	T2R3	5.76	82.67	11.57	87.72	12.28	0.317	0.270	0.911	1.013	0.323	4	752	306	296	
ME_777	T3R1	5.05	82.83	12.12	87.23	12.77	0.484	0.310	0.767	1.437	0.416	2	573	425	375	
ME_778	T3R2	5.55	83.74	10.73	88.64	11.56	0.354	0.282	0.782	1.227	0.328	2	587	309	343	
ME_779	T3R3	5.49	84.09	10.42	88.97	11.03	0.534	0.270	0.784	1.393	0.472	2	478	307	429	
ME_780	T4R1	5.38	84.06	10.56	88.84	11.16	0.361	0.398	0.944	1.437	0.230	3	511	342	423	
ME_781	T4R2	5.86	84.55	9.60	89.81	10.19	0.333	0.391	0.914	1.339	0.254	3	616	281	383	
ME_782	T4R3	6.59	82.84	10.58	88.68	11.32	0.402	0.436	0.947	1.415	0.316	3	758	361	393	

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
 TINGO MARIA, 15 DE ENERO DEL 2020

VND. VALOR NO DETECTABLE

RECIBO N° 0603114

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 LAS ANALISIS DE SUELOS

[Firma]
 Ing. Luis O. Mancilla Minaya
 JEFE

Figura 34. Análisis de plantones de cacao



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

SERVICIO A LA COMUNIDAD

Diagnóstico Microbiológico

Muestra 01 : SUELO
Procedencia : Tingo María, Bosque Reservado UNAS
Atención a : Bach. Jhon Jairo Nuñez Bustamante
Fecha recepción : 24 de Diciembre del 2019.

Análisis solicitados

Numeración Microorganismos Aerobios Viables
 Numero de actinomicetos
 Numeración de mohos y levaduras

RESULTADOS

Repeticiones	Análisis	TRATAMIENTOS			
		T1 (Testigo)	T2 (Bacthon)	T3 (Tricho - D)	T4 (Bacthon + Tricho - D)
		h=10 cm	h=10 cm	h=10 cm	h=10 cm
R1	NMAV (col/mL)	52 x 10 ³ UFC/g	45 x 10 ³ UFC/g	42 x 10 ³ UFC/g	25 x 10 ³ UFC/g
	NACT (col/mL)	37 x 10 ³ UFC/g	23 x 10 ³ UFC/g	32 x 10 ³ UFC/g	24 x 10 ³ UFC/g
	NML (col/mL)	11 x 10 ³ UFC/g	4 x 10 ³ UFC/g	5 x 10 ³ UFC/g	2 x 10 ³ UFC/g
R2	NMAV (col/mL)	107 x 10 ³ UFC/g	128 x 10 ³ UFC/g	272 x 10 ³ UFC/g	56 x 10 ³ UFC/g
	NACT (col/mL)	28 x 10 ³ UFC/g	16 x 10 ³ UFC/g	21 x 10 ³ UFC/g	14 x 10 ³ UFC/g
	NML (col/mL)	11 x 10 ³ UFC/g	1 x 10 ³ UFC/g	8 x 10 ³ UFC/g	10 x 10 ³ UFC/g
R3	NMAV (col/mL)	50 x 10 ³ UFC/g	87 x 10 ³ UFC/g	54 x 10 ³ UFC/g	49 x 10 ³ UFC/g
	NACT (col/mL)	26 x 10 ³ UFC/g	15 x 10 ³ UFC/g	42 x 10 ³ UFC/g	112 x 10 ³ UFC/g
	NML (col/mL)	8 x 10 ³ UFC/g	11 x 10 ³ UFC/g	9 x 10 ³ UFC/g	3 x 10 ³ UFC/g

CONCLUSIONES:

Las muestras realizadas presentan un número muy elevados de microorganismos Aerobios Viables, actinomicetos y mohos y levaduras.

Tingo María, 13 de enero de 2020.



MS
Dr. Mcblgo. MSc. César S. López López
Jefe
Laboratorio Microbiología General
Fac. RNR – UNAS

Figura 35. Diagnostico microbiano