UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE *TRICHODERMA HARZIANUM* (RIFAI) Y *TRICHODERMA ASPERELLUM* (Samuels, lieckf. y Nirenberg) COMO BIOESTIMULANTES DE LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO INICIAL DE PLANTONES DE CACAO (*Theobroma cacao* l.) EN PUCALLPA.

Tesis para optar el Título Profesional de

INGENIERO AGRÓNOMO

JAIRO PIZANGO CHUMBE

Pucallpa – Perú

2025

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA

ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de la tesis, presentado por Bachiller JAIRO PIZANGO CHUMBE, denominada: **"EVALUACION DEL EFECTO DE Trichoderma harzianum (RIFAI) Y Trichoderma asperellum (SAMUELS, LIECKF. Y NIRENBERG) COMO BIOESTIMULANTES DE LA GERMINACION Y CRECIMIENTO INICIAL DE PLANTONES DE CACAO (Theobroma cacao L) EN PUCALLPA**, para cumplir con el requisito de **TÍTULO PROFESIONAL**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por la sustentante lo declaramos: ..... APROBADO ..... con el calificativo (*) ..... QUINCE .....

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: Título de **INGENIERO AGRÓNOMO**, de conformidad con lo estipulado en Art. 10 del reglamento general de grados académicos, título profesional y título de segunda especialidad profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, ... 22 ..... de ..... DICIEMBRE ..... de 2025.

.....	.....
Dr. JAVIER AMACIFUEN VIGO	**Mg. ROGER VASQUEZ GOMEZ**
Presidente	**Primer Miembro**
.....	.....
ING. EDWIN POQUIOMA YUIMACHI	**Dr. MACK HENRY PINCHI RAMIREZ**
Segundo Miembro	**Asesor**

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título de Ingeniero Agrónomo.

Dr. JAVIER AMACIFUEN VIGO

.....
PRESIDENTE

Mg. ROGER VASQUEZ GOMEZ

.....
PRIMER MIEMBRO

ING. EDWIN POQUIOMA YUIMACHI

.....
SEGUNDO MIEMBRO

Dr. MACK HENRY PINCHI RAMIREZ

.....
ASESOR

BACH. JAIRO PIZANGO CHUMBE

.....
TESISTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº V/772-2025.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE *Trichoderma harzianum* (RIFAI) Y *Trichoderma asperellum* (SAMUELS, LIECKF. Y NIRENBERG) COMO BIOESTIMULANTES DE LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO INICIAL DE PLANTONES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN PUCALLPA**"

Autor(es)	:	**PIZANGO CHUMBE, JAIRO**
Facultad	:	**CIENCIAS AGROPECUARIAS**
Escuela	:	**AGRONOMÍA**
Asesor(a)	:	**Dr. PINCHI RAMIREZ MACK HENRY**

Presenta un **porcentaje de similitud de 10%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación presenta un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 12/12/2025

Dirección General de Producción Intelectual UCAYALI

Dr. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, JAIRO PIZANGO CHUMBE

Autor de la tesis titulada: EVALUACION DEL EFECTO DE TRICHODERMA HARZIANUM (RIFAI) Y TRICHODERMA ASPERELLUM (SAMUELS, LIECHS. NIRENBERG) COMO BIOESTIMULANTES DE LA GERMINACION Y CRECIMIENTO INICIAL DE PLANTONES DE CACAO (THEOBROMA CACAO L.) EN PUCALLPA.

Sustentada el año: 2025

Asesor(a): Dr. MACK HENRY PINCHI RAMIREZ

Facultad: CIENCIAS AGROPECUARIAS

Escuela Profesional: AGRONOMÍA

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 02/02/2026

Email: Pizangochumbejairo@gmail.com Firma: Fauste

Teléfono: 963967202 DNI: 45541062

DEDICATORIA

Con todo mi amor y gratitud, dedico este trabajo:

A mi esposa, Ruth Esther Shahuano Pinedo, por su amor incondicional, su paciencia infinita y por ser el pilar fundamental de mi vida. Su apoyo y sus palabras de aliento me impulsaron a seguir adelante.

A mis amadas hijas, la razón de mi esfuerzo y mi mayor motivación para ser cada día una mejor persona. Espero que este logro les inspire a perseguir sus sueños con pasión y dedicación.

A mi madre, por sus oraciones, su sabiduría y por haberme enseñado la importancia de la perseverancia y la fe.

Al Dr. Mack Henry Pinchi, por su valiosa guía, su confianza y sus conocimientos, que fueron esenciales para el desarrollo y culminación de esta investigación. Su mentoría deja una huella profunda en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A Dios, fuente de toda sabiduría y fortaleza, por guiarme en cada paso de este proceso. Su amor y apoyo incondicional me han dado la fuerza necesaria para superar los desafíos y llegar hasta aquí. Sin su bendición, este logro no habría sido posible.

A la Universidad Nacional de Ucayali, a sus docentes y personal administrativo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, con sus experiencias y conocimientos he podido desarrollar mis habilidades a lo largo de este proceso. Mi formación en esta casa de estudios ha sido fundamental para la culminación de este trabajo.

Con profunda gratitud a todos Ustedes.

INDICE GENERAL

RESUMEN xi
ABSTRACT xii
INDICE DE TABLAS xiiii
INDICE DE FIGURAS xiv
INTRODUCCION. 1
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3
1.1. Descripción y fundamentación del problema 3
1.2 Formulación del problema 4
1.2.1 Problema general 4
1.2.2 Problemas específicos 4
1.3 Objetivo general y objetivos específicos 4
1.3.1 Objetivo general 4
1.3.2 Objetivos específicos 5
1.4 Hipótesis y/o sistema de hipótesis 5
1.4.1 Hipótesis nula 5
1.5 Operacionalización de las variables 6
1.6 Justificación e importancia 6
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO 8
2.1 Antecedentes de la investigación. 8
2.1.1 Antecedentes Internacionales 8
2.1.2 Antecedentes nacionales 9
2.1.3 Antecedentes locales 10
2.2 Bases teóricos 10
2.2.1 El cacao 10
2.2.2 Taxonomía de la especie 11

2.2.3 Descripción taxonómica 11
2.2.4 El mercado y la cadena de valor del cacao peruano 12
2.2.5 El hongo Trichoderma spp. 12
2.2.6 Trichoderma harzianum 13
2.2.7 Trichoderma asperellum 14
2.2.8 Germinación y crecimiento 14
2.2.9 Movilización de nutrientes 15
2.2.10 Viabilidad del embrión en cacao 15
2.2.11 Dormancia en semillas 16
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA 18
3.1 Tipo de investigación 18
3.2 Ubicación y duración del estudio 18
3.3 Duración del ensayo 19
3.4 Materiales y equipo 19
3.5 Variables estudiadas 20
3.5.1 Variable independiente. 20
3.5.2 Variables dependientes 21
3.6 Población y muestra 22
3.6.1 Población 22
3.6.2 Muestra 22
3.7 Diseño experimental 22
CAPITULO IV. RESULTADOS. 25
4.1 Efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma asperellum, en la germinación de semillas de cacao. 25
4.1.1 Germinación de cacao durante los primeros 10 días 25
4.1.2 Germinación de cacao durante los primeros 20 días 27
4.1.3 Germinación de cacao durante los primeros 30 días 30

4.2 Efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* (Samuels, Lieckf y Nirenberg) en el crecimiento inicial de plantones de cacao 32

4.2.1 Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* en la longitud de raíces en plantones de cacao. 32

4.2.2 Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* en longitud de la parte aérea en plantones de cacao 35

4.2.3 Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* en el diámetro de cacao. 37

4.2.4 Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* en la altura total de plantones de cacao. 39

4.2.5 Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* en el peso fresco de plantones de cacao 41

4.2.6 Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* en el peso seco de plantones de cacao. 43

CAPITULO V. DISCUSIÓN 45

CAPITULO VI. CONCLUSIONES 52

CAPITULO VII. RECOMENDACIONES 54

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 55

ANEXOS 63

ICONOGRAFÍA 67

RESUMEN

La investigación titulada “Efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma asperellum como bioestimulante de la germinación y crecimiento inicial de plantones de cacao (Theobroma cacao L.) en Pucallpa*”* tuvo como objetivo evaluar el efecto de distintas concentraciones de *T*. harzianum *y* T. asperellum sobre la germinación y el desarrollo inicial de plantones de cacao. La investigación fue experimental. Los resultados evidenciaron efectos significativamente positivos ($p < 0.05$) de los tratamientos con Trichoderma en comparación con el testigo*.* En germinación*,* T. asperellum *a 1.5 g (*T_7) alcanzó porcentajes acumulados de 29.25% a los 10 días*,* 47.75% a los 20 días y 70.5% a los 30 días, superando ampliamente al testigo (6.25% a 22.5%). Los análisis estadísticos reportaron una alta capacidad explicativa *(*R^2 *de* 81.32% a 91.93%) y precisión experimental aceptable (CV entre 2.76% y 4.34%). En crecimiento, el tratamiento con T. harzianum *a 1 g (*T_2*)* presentó la mayor longitud radicular (11.51 cm) y altura total (21.36 mm). En la parte aérea*,* T. asperellum *a 2.5 g (T9) registró 9.97 cm*, mientras que el diámetro de tallo más alto (3.00 mm) se observó con T. asperellum *a 1 g* (T_6)*.* Respecto a biomasa*,* T. asperellum *a 2 g (*T_8*) y* T. harzianum *a 1 g (*T_2*)* obtuvieron los mayores pesos fresco (3.38 g y 3.35 g) y seco *(1.15 g y 0.88 g*). La aplicación de T. asperellum mostró mayor eficacia en la germinación, mientras que *T*. harzianum resultó más efectivo en la estimulación del crecimiento de plantones de cacao.

Palabras claves: Cacao, bioestimulante, germinación crecimiento y Trichoderma.

ABSTRACT

The research titled "Effect of Trichoderma harzianum and Trichoderma asperellum as Biostimulants on the Germination and Initial Growth of Cacao (Theobroma cacao L.) Seedlings in Pucallpa" aimed to evaluate the effect of different concentrations of T. harzianum and T. asperellum on the germination and early development of cacao seedlings. The study was experimental in nature. The results showed significantly positive effects ($p < 0.05$) of the *Trichoderma* treatments compared to the control. In terms of germination, *T*. asperellum at 1.5 g (T7) achieved cumulative percentages of 29.25% at 10 days, 47.75% at 20 days, and 70.5% at 30 days, clearly outperforming the control (6.25% to 22.5%). Statistical analyses indicated a high explanatory power (R^2 ranging from 81.32% to 91.93%) and acceptable experimental precision (CV between 2.76% and 4.34%). Regarding growth, *T.* harzianum at 1 g (T2) produced the greatest root length (11.51 cm) and total plant height (21.36 mm). For aerial part development, *T*. asperellum at 2.5 g (T9) reached 9.97 cm, while the largest stem diameter (3.00 mm) was observed with *T*. asperellum at 1 g (T6). As for biomass, *T.* asperellum at 2 g (T8) and *T*. harzianum at 1 g (T2) yielded the highest fresh weights (3.38 g and 3.35 g) and dry weights (1.15 g and 0.88 g), respectively. *T.* asperellum showed greater effectiveness in promoting germination, while T. harzianum was more effective in stimulating seedling growth.

Keywords: Cacao, biostimulant, germination, growth, Trichoderma.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de las variables independientes y dependientes en estudio……..6

Tabla 2 Fuentes de variabilidad del análisis de varianza 23

Tabla 3 Formato de recolección de datos 24

Tabla 4 Evaluación de la germinación de cacao durante los primeros 10 dias de evaluación. 25

Tabla 5 Evaluación de la germinación de cacao durante los primeros 20 días de evaluación. 28

Tabla 6 Evaluación de la germinación durante los primeros 30 días. 30

Tabla 7 Variación del efecto de T. *harzianum* y T *asperellum* (Samuels, Lieckf y Nirenberg) en la longitud de raíces en plantones de cacao 33

Tabla 8 Variación del efecto de T *harzianum* y T *asperellum* (Samuels, Lieckf y Nirenberg) en la longitud de la parte aérea en plantones de cacao en Pucallpa. 35

Tabla 9 Variación del efecto de T. *harzianum* y T. *asperellum* (Samuels, Lieckf y Nirenberg) en la longitud de la parte aérea en plantones de cacao. 37

Tabla 10 Variación del efecto de T. harzianum y T. asperellum (Samuels, Lieckf y Nirenberg) en la altura de plantones de cacao en Pucallpa. 39

Tabla 11 Variación del efecto de T. harzianum y T. asperellum (Samuels, Lieckf y Nirenberg) en el peso fresco de plantones de cacao en Pucallpa. 41

Tabla 12 Variación del efecto de T. harzianum y T. asperellum (Samuels, Lieckf y Nirenberg) en el peso seco de plantones de cacao en Pucallpa..... 43

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fluctuación de la germinación de cacao durante los primeros 10 días de evaluación. 27
Figura 2 Fluctuación de la germinación de cacao durante los primeros 20 días de evaluación. 29
Figura 3 Fluctuación de la germinación de cacao durante los primeros 30 días de evaluación. 32
Figura 4 Variación del efecto de T. harzianum y T asperellum sobre el crecimiento radicular de plántulas de cacao..... 34
Figura 5 Variación del efecto de T. harzianum y T asperellum sobre la longitud de la parte aérea de plántulas de cacao cultivadas en condiciones de Pucallpa..... 36
Figura 6 Variación del efecto de T. harzianum y T asperellum sobre el diámetro del tallo en plántulas de cacao cultivadas en condiciones de Pucallpa. 38
Figura 7 Variación del efecto de T. harzianum y T asperellum sobre la altura total de plántulas de cacao cultivadas en condiciones de Pucallpa. 40
Figura 8 Variación del efecto de T. harzianum y T asperellum sobre el peso fresco de plántulas de cacao. 42
Figura 9 Variación del efecto de T. harzianum y T asperellum en el peso seco de plántulas de cacao. 44
Figura 10 Vista aérea del área experimental donde se observa los tratamientos y las repeticiones. 68
Figura 11 Primera evaluación de la germinación de cacao..... 68
Figura 12 Segunda evaluación de la germinación de cacao..... 69
Figura 13 Tercera evaluacion de la germinación de cacao 69

Figura 14 Vista general de las semillas de cacao durante el inicio de la germinación 70
Figura 15 Riego de los tratamientos y repeticiones del área experimental. 70
Figura 16 Vista general de la siembra de cacao inoculados con Trichoderma. 71
Figura 17 Preparación de inoculantes de Trichoderma. 71
Figura 18 Vista general del Trichoderma harzianum. 72
Figura 19 Vista general del Trichoderma asperellum. 72
Figura 20 Evaluación biométrica de semillas de cacao. 73
Figura 21. Plantones de cacao con 20 días después de la siembra 73

INTRODUCCION.

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) ocupa un lugar estratégico dentro de la economía agrícola de la región Ucayali, especialmente en Pucallpa, donde se ha consolidado como una alternativa productiva para numerosas familias dedicadas a la agricultura. No obstante, uno de los principales problemas que enfrentan los viveristas y productores es la baja eficiencia en la germinación de semillas y el escaso desarrollo inicial de los plantones, lo cual limita la calidad de las futuras plantaciones y retrasa el establecimiento del cultivo en campo definitivo.

En ese contexto, la aplicación de hongos benéficos como *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* ha despertado un interés creciente por sus múltiples beneficios agronómicos. Estos microorganismos del suelo, ampliamente estudiados en los últimos años, no solo son reconocidos por su acción como agentes de control biológico contra patógenos, sino también por su capacidad de estimular procesos fisiológicos en las plantas, mejorar la absorción de nutrientes y favorecer la formación del sistema radicular. De esta forma, su uso en etapas tempranas del cultivo podría representar una solución viable y sostenible para optimizar la producción de plantones de cacao.

Diversas investigaciones respaldan el uso de *Trichoderma spp.* en la propagación de cacao. Patiño et al. (2025) demostraron que la aplicación de estos hongos, en combinación con diferentes tipos de sustrato, mejoró de forma significativa la germinación y el desarrollo inicial de las plántulas. Resultados similares fueron obtenidos por Cedeño Andrade et al. (2022), quienes reportaron mejoras en el crecimiento de plántulas de cacao al aplicar *Trichoderma spp.* junto con biochar. Por su parte, Castillo Reyes et al. (2022) observaron un efecto positivo de *Trichoderma* sobre la germinación de semillas de *Agave victoriae-reginae*, lo que sugiere que su efecto bioestimulante podría extrapolarse a otras especies de interés agrícola, como el cacao.

Frente a este panorama, el propósito que tuvo de esta investigación fue evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* (Rifai) y *Trichoderma asperellum* (Samuels, Lieckf. y Nirenberg) como bioestimulantes de la germinación y crecimiento inicial de plantones de cacao en vivero. De manera específica, se buscó determinar el efecto de diferentes concentraciones de estos hongos sobre las semillas y analizar su influencia en el desarrollo morfológico inicial de las plántulas. Los resultados permitirán aportar información útil para el manejo biológico en viveros, contribuyendo al fortalecimiento de sistemas productivos más sostenibles en la región.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y fundamentación del problema.

En el año 2020 en el Perú el cacao cerró con una producción de 152 mil toneladas, con un crecimiento de 6.94% en comparación al año 2019, influenciado por lluvias moderadas en fase de floración y fructificación. Los departamentos que destacaron fueron San Martín que creció 10.87%, Junín 7.73%, Huánuco 7.40% y Cajamarca 24.05% y Ucayali con 27.44%. En la actualidad el Perú es el segundo productor de cacao orgánico en el mundo y ha sido calificado por la Organización Internacional del Cacao (ICCO 2012).

El productor (2019) menciona que en las últimas décadas se han originado avances significativos en la producción de semillas, lo que ha conllevado a una agricultura más tecnificada, asegurándonos que la germinación y nascencia de la plántula sean correctas. Los ensayos de germinación prometen una primera pesquisa respecto a la eficacia de las semillas, al evaluar el poder germinativo de las semillas y estimar su valor potencial para la siembra. Estimar un porcentaje de germinación y emergencia (Rodríguez et al. 2008; Poulsen 2000). También es necesario estudiar su efecto en el crecimiento de Theobroma cacao L. "cacao" (Lopez *et al.* 2018).

Teniendo en cuenta los problemas anteriormente mencionados se ha considerado importante evaluar el efecto de diferentes concentraciones de Trichoderma harzianum y Trichoderma asperellum como bioestimulante de la germinación, el poder germinativo y crecimiento inicial en plantones de cacao (*Theobroma cacao* L.), ya que las diferentes cepas de Trichoderma presentan efecto positivo en plantas de cacao y un efecto negativo hacia las diferentes especies de

patógenos que causan pudriciones al nivel del y raíces en plántulas y plantas de cacao en las diferentes zonas geográficas donde se realiza la siembra de este cultivo

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el efecto de Trichoderma harzianum (Rifai) y Trichoderma asperellum (Samuels, Lieckf. y Nirenberg) como bioestimulantes de la germinación y crecimiento inicial de plantones de cacao (Theobroma cacao L.) en Pucallpa?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de diferentes concentraciones de *Trichoderma harzianum* (Rifai) y Trichoderma asperellum (Samuels, Lieckf. y Nirenberg) en la germinación de semillas de cacao (Theobroma cacao L.), en Pucallpa?

- ¿Cuál es el efecto de diferentes concentraciones de Trichoderma harzianum (Rifai) y Trichoderma asperellum (Samuels, Lieckf. y Nirenberg) en el crecimiento inicial de plantones de cacao (Theobroma cacao L.), en Pucallpa?

1.3 Objetivo general y objetivos específicos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de Trichoderma harzianum (Rifai) y Trichoderma asperellum (Samuels, Lieckf. y Nirenberg) como bioestimulantes de la germinación y crecimiento inicial de plantones de cacao (Theobroma cacao L.) en Pucallpa

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de diferentes concentraciones de Trichoderma harzianum (Rifai) y Trichoderma asperellum (Samuels, Lieckf. y Nirenberg) en la germinación de semillas de cacao (Theobroma cacao L.) en Pucallpa.

- Determinar el efecto de diferentes concentraciones de Trichoderma harzianum (Rifai) y Trichoderma asperellum (Samuels, Lieckf. y Nirenberg) en el crecimiento inicial de plantones de cacao (Theobroma cacao L.) en Pucallpa

1.4 Hipótesis y/o sistema de hipótesis

1.4.1 Hipótesis nula

H_a =La aplicación de diferentes concentraciones de Trichoderma harzianum (Rifai) y Trichoderma asperellum (Samuels, Lieckf. y Nirenberg) tiene un efecto significativo en el poder germinativo de semillas de cacao (Theobroma cacao L.) en Pucallpa.

H_0 =La aplicación de diferentes concentraciones de Trichoderma harzianum (Rifai) y Trichoderma asperellum (Samuels, Lieckf. y Nirenberg) no tiene un efecto significativo en el crecimiento inicial de plantones de cacao (Theobroma cacao L.) en Pucallpa

1.5 Operacionalización de las variables

Tabla 1

Operacionalización de las variables independientes y dependientes en estudio

Variables	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente Las cepas de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum*	*Trichoderma* spp. es un hongo que puede mejorar la germinación y el crecimiento, y aunque su uso está libre de patógenos, actuando como bioestimulador (Monti & Casas).	El hongo bioestimulante	Remojo de semillas en agua con cepas de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* diluidas en una concentración de 1, 1.5, 2 y 2.5 g/L
Variable dependiente Germinación	Es un proceso constituido por: (i) la semilla toma agua mediante un proceso llamado imbibición; (ii) inicio del metabolismo y la respiración celular, junto con la producción de proteínas y el traslado de reservas almacenadas; (iii) crecimiento del embrión y rompimiento de la testa (Russo et al., 2010).	Porcentaje de germinación	En %
Crecimiento	El crecimiento implica el aumento del número y volumen celular (Lucio, 2018).	Crecimiento inicial	• Altura total (cm) • Longitud de la raíz (cm) • Diámetro (mm) • Biomasa fresca aérea y radicular (g) • Biomasa seca aérea y radicular (g)

Fuente: elaboración propia

1.6 Justificación e importancia

El cacao es uno de los cultivos más importantes de la Amazonía peruana y su incremento productivo ha estado acompañado por la expansión de las áreas de cultivo, donde la preparación de plantones de calidad en vivero y el uso de semillas con alto poder germinativo resultan determinantes para la instalación de nuevas plantaciones. López (2018) señala que el método más común de propagación es mediante semilla vegetal; sin embargo, el productor (2019) advierte que las semillas de *Theobroma cacao* son recalcitrantes, por lo que no toleran la desecación y pierden rápidamente su capacidad germinativa. Estas semillas, como unidades de reproducción sexual, aseguran la perpetuación de la especie (López et al., 2018), siendo indispensable conocer el biotipo al momento de su uso.

y las características de las plantas progenitoras, de modo que se les brinde un tratamiento adecuado que garantice un crecimiento uniforme y un alto potencial productivo (Rangel et al., 2011; Doria, 2010; Ganoza et al., 2012).

Según López et al. (2018), *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) es una especie arbórea que puede alcanzar hasta 10 metros de altura. Sus hojas son lanceoladas o casi ovaladas, con una nervadura pinnada característica. Las flores son hermafroditas, y el fruto, conocido comúnmente como mazorca, es una drupa grande de forma elipsoidal u ovalada que puede contener entre 30 y 40 semillas, cada una con una testa gruesa y de textura coriácea (MINAGRI 2016; Mostacero et al. 2009; Batista 2009). El productor (2019) menciona que el "cacao" se considera uno de los cultivos agrícolas más relevantes a nivel mundial, ya que de él se derivan numerosos subproductos con alto valor nutritivo. Además, es reconocido como un superalimento por su destacada capacidad antioxidante y por la presencia de compuestos bioactivos, como los polifenoles, asociados a diversos beneficios para la salud (Crozier et al., 2011; Waizel et al., 2012). López et al. (2018) señalan que mantener el cultivo del cacao como una especie de amplia extensión requiere profundizar en el estudio del comportamiento de sus semillas, especialmente considerando que el método más habitual de propagación es la siembra mediante semilla botánica para la producción de almácigos (Rangel et al., 2011; Doria, 2010; Ganoza et al., 2012). En la actualidad, la agricultura de precisión busca garantizar una adecuada viabilidad y vigor germinativo, factores que se reflejan directamente en la germinación y el desarrollo inicial de las plántulas. Sin embargo, este porcentaje por sí solo no define la calidad de la semilla, siendo necesario complementarlo con pruebas que evalúen su vitalidad y vigor germinativo. Cabe destacar que estos indicadores de calidad tienden a disminuir con el tiempo, debido a que las semillas de cacao son recalcitrantes y no toleran la desecación. (Rodríguez *et al*. 2008; Poulsen 2000), que reducen significativamente su germinación (López *et al.* 2018). *Trichoderma harzianum* como promotor de la germinación y antagonista, puede tener diferentes mecanismos de acción entre los que se encuentran el micoparasitismo, competencia, antibiosis e inducción de resistencia y promotor de crecimiento de las plantas, también como biocontrolador de diferentes enfermedades (Sivila y Alvarez 2013), promotor del crecimiento y germinación en plantas de cacao (Calle 2022).

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación.

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Patiño et al., (2025) en su artículo titulado "*Trichoderma spp*. en la propagación sostenible de Theobroma cacao L. bajo distintos sustratos" tuvo como objetivo evaluar el efecto de Trichoderma en las plántulas de cacao. La investigación fue experimental. En cuanto al poder germinativo, se observó que la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* tuvo un efecto positivo en comparación con los tratamientos testigo. El tratamiento T2 (1 g de *T. harzianum*) registró el mayor porcentaje de germinación, seguido por T6 (2.5 g de *T. harzianum*) y T7 (1 g de *T. asperellum*), los cuales superaron significativamente al testigo absoluto (T9) y al testigo con remojo en agua (T1), de acuerdo con el test de Tukey ($p < 0.05$). En relación con el crecimiento inicial de los plantones, la longitud de raíz fue la variable más sensible al efecto de los tratamientos. El tratamiento T2 nuevamente destacó con la mayor longitud promedio de raíz (11.51 cm), seguido de T5, T6 y T8, con diferencias estadísticamente significativas frente a los controles. La menor longitud radicular se registró en el testigo absoluto (T9), con un promedio de 5.81 cm.

Miguel et al. (2021), en su investigación "Actividad antifúngica de *Trichoderma harzianum y T. koningiopsis* contra *Fusarium solani* asociado en la germinación y vigor de plántulas de chile Miahuateco". En el ensayo dual se evaluó el antagonismo de *Trichoderma harzianum* (TH-4) y *T. koningiopsis* (T-K11) en relación a *Fusarium solani*, observándose micoparasitismo a las 132 horas. *T. harzianum* presentó la mayor tasa de desarrollo (0.972 ± 0.008 mm h^{-1}) y velocidad de crecimiento (1.3238 ± 0.0024 cm d^{-1}), además de un 53% de inhibición radial, evidenciando un antagonismo clase II.

Giler y Trigrero (2020), en su trabajo titulado “Germinabilidad y desarrollo inicial de nuevos híbridos intraespecíficos de *Theobroma cacao* L.”. Tuvo como objetivo evaluarla germinabilidad y el desarrollo inicial de híbridos interclonales de *T. cacao*. El 90.1% de las semillas logró germinar, destacando el cruce L11-H19 × EET-103 con el mayor porcentaje (97.8%). En cuanto a la emergencia, el promedio fue de 86.5%, siendo más elevada en la misma familia (95.7%) y menor en L11-H19 × CCN-51 (62.2%). Estas variaciones se relacionan con la calidad de las semillas y las condiciones del sustrato empleado.

Ramírez & Zambrano (2021) en su tesis “Factor sustrato y cobertura en la germinación y desarrollo inicial de patrones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en vivero, finca experimental La Represa”. Tuvo como objetivo Evaluar el crecimiento vegetativo de los patrones de cacao hasta el momento de la propagación. El mejor tratamiento fue tierra de montaña + Aserrín de balsa con un promedio de porcentaje de germinación de 81.87%. Las mejores coberturas fueron el sarán, hoja de bijao y plátano con promedios de 66.25, 65.31 y 64.37% (Velalcazar, 2019).

Mejías (2017), en su artículo titulado “Capacidad de *Trichoderma spp*. como estimulante de la germinación en maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista de Gestión del Conocimiento y el Desarrollo Local”. Tuvo como objetivo seleccionar cepas de *Trichoderma* (Persoonex S. F Gray) con capacidad estimuladora de la germinación vegetal en maíz y frijol. Las concentraciones 1:200 como 1:400, las cepas de *T. harzianum* A29 y A20 estimularon la germinación de las semillas de frijol y de maíz.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Acosta (2018), en su investigación titulada *“Efecto del sulfato de cadmio en la germinación y el crecimiento de plántulas de cacao (Theobroma cacao L.)”*, tuvo como objetivo principal determinar el impacto de diferentes concentraciones de sulfato de cadmio sobre el porcentaje de germinación de semillas de cacao. En su estudio, se evaluaron varias variedades del cultivo, entre las cuales la variedad CMP-99 destacó

al presentar el mayor porcentaje de energía germinativa. Esta respuesta positiva se atribuyó a su mayor capacidad adaptativa frente a condiciones ambientales adversas, tales como altos niveles de humedad, temperatura variable y exposición a la luz, factores controlados durante el experimento. Los resultados evidenciaron que dicha variedad posee una tolerancia relativa al estrés inducido por el cadmio, lo que la convierte en una alternativa prometedora para sistemas de producción ubicados en zonas con suelos contaminados o en condiciones de estrés ambiental.

2.1.3 Antecedentes locales

Ruiz y Flores (2017), en su artículo “Evaluación del proceso de germinación de tres clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) para ser usado como patrón bajo las condiciones edafoclimáticas del distrito de Manantay-Ucayali-2015”. Tuvo como objetivo fue evaluar las características de tres clones de cacao para ser usados como patrón bajo las condiciones edafoclimáticas, en etapa de vivero, del distrito de Manantay. El porcentaje de germinación mejor favorable es el Clon POUND-12 con un 100% de germinación seguido del POUND-7 con 98.6%.

2.2 Bases teóricos

2.2.1 El cacao

Noroña (2018), El cacao es una fruta tropical, que se encuentra mayormente en el Litoral y en la Amazonía Ecuatoriana, Jumbo (2017) señala que investigaciones efectuadas en el cantón Palanda, ubicado en la provincia de Zamora Chinchipe, evidencian que al menos una variedad de *Theobroma cacao* tiene su origen en la Alta Amazonía. Esta conclusión se sustenta en hallazgos arqueológicos pertenecientes a la cultura Mayo-Chinchipe, los cuales confirman el uso del cacao desde aproximadamente el 3,300 a.C. (Lema 2013). Noroña (2018), Ecuador es la nación con la producción más alta de este producto en el mercado mundial (más de 60% de acuerdo con las estadísticas de Pro Ecuador). Noroña (2018), El CCN-51 es un tipo

de cacao clonado de origen ecuatoriano que el 22 de junio del 2005 fue declarado, mediante acuerdo ministerial, un bien de alta productividad (Anecacao 2015).

2.2.2 Taxonomía de la especie

La clasificación taxonómica del cacao es la siguiente según (Catalogo de la vida 2022).

Reino: Vegetal

Orden: Malvales

Familia: Sterculiaceae

Género: Theobroma

Especie cacao L., 1753 (Noroña 2018).

2.2.3 Descripción taxonómica

Noroña (2018), El clon CCN– 51 (Colección Castro Naranjal) al ser una planta propagada vegetativamente, presenta un tipo de crecimiento lateral y de tamaño mediano (5 a 8 metros de altura), aunque puede llegar a medir hasta 20 metros si se lo deja crecer libremente bajo sombra intensa, no posee una raíz principal pivotante, sino varias raíces principales y la mayor cantidad de raicillas absorbentes, se encuentran en los primeros 30 cm de suelo (Tuárez,2022; Dostert y Roque 2011).

Noroña (2018), Los foliolos son simples, enteros y presentan un color verdusco bastante variable (color verde claro, purpura o rojizo, verde amarillente) y de peciolo muy pequeño (Jumbo, 2017). Las flores son pequeñas y se producen al igual que el fruto en racimos pequeños sobre el tronco y las ramas, alrededor de donde antes hubo hojas. Además, las flores son pequeñas y delicadas, que nace en inflorescencia donde una vez hubo hojas, es hermafrodita y posee cinco sépalos (Tuárez,2022; Carrión 2012).

Noroña (2018), La flor del cacao es hermafrodita, pentámera, de ovario súpero, cuya fórmula floral es: S5, P5, E5+5, + G (5), El cáliz (S5) está formado por 5 sépalos carnosos de color rosado a blanco, soldado en su base, la corola (P5) tiene 5 pétalos de 6 a 9 mm, alternan con los sépalos presentando una estructura característica (Mosquera 2016).

2.2.4 El mercado y la cadena de valor del cacao peruano

Felipa (2015) señala que la producción peruana de cacao apenas ahora aparece en las estadísticas del mercado internacional (ICCO 2012), lo que hace imposible predecir la llamada «enfermedad holandesa», tanto a corto como a largo plazo. Este último punto considera las observaciones de Ocampo (2005). La producción de cacao se concentra en gran medida en unos pocos países en desarrollo. Según la ICCO (2012), Brasil, con 190 millones de toneladas (Mt), y Ecuador, con 175 Mt, son los principales productores de América Latina; Perú alcanzó los 57.9 Mt. Es evidente que los principales productores son países en desarrollo con un bajo nivel de desarrollo agrícola. La transformación industrial se está produciendo en los países industrializados. Desde una perspectiva internacional, la producción peruana de cacao apenas ahora está adquiriendo importancia en el sector agrícola.

Según la ICCO (2012), la producción peruana representaba menos del 1.0% del total mundial. Actualmente, existen esfuerzos conjuntos entre compradores, productores y otras organizaciones públicas y privadas para promover el cultivo de cacao (Cravens y Piercy, 2007).

2.2.5 El hongo Trichoderma spp.

Trichoderma spp. es un hongo cosmopolita, habita de forma natural en el suelo, en especial en aquellos que contienen materia orgánica o desechos vegetales en descomposición (Harman y Lumsden 1990). Las especies de Trichoderma han sido estudiadas durante más de 70 años como antagonistas de hongos fitopatógenos (Ezziyyani et al. 2004; López et al. 2011; Martínez et al. 2013; Martínez y Pérez, 2015;

Pineda et al., 2017). Sin embargo, esta capacidad como antagonista es altamente variable. Según Mihuta y Rowe (1986) de 255 aislamientos obtenidos de diferentes lugares, sólo el 15% fue efectivo en el control de *Rhizoctonia*. En este mismo sentido, planteó que las cepas nativas de un lugar son más efectivas que las importadas y Martínez et al. (2008), mostraron que la capacidad antagonista depende de la especificidad de la cepa y de sus modos de acción. Por lo tanto, el éxito en la formulación y comercialización de biopreparados fúngicos mediante la industria biotecnológica para su aplicación en la agricultura (Pineda et al. 2017). Basado en los planteamientos anteriores en esta reseña se resumen algunos aspectos teóricos y prácticos de los múltiples beneficios que aportan las diferentes especies de Trichoderma (Companioni y García 2019).

2.2.6 Trichoderma harzianum

Pani y Sharma (2021) mencionan que Trichoderma harzianum, un hongo filamentoso perteneciente al filo Ascomycota, se encuentra ampliamente distribuido en distintos ecosistemas gracias a su notable capacidad de adaptación y resistencia frente a condiciones ambientales desfavorables (Zhang et al., 2018). Predomina en la rizósfera de la mayoría de los suelos agrícolas y se reproduce asexualmente mediante conidios de coloración verdosa (Yedidia et al., 2001). Este microorganismo destaca por su rápido crecimiento, su alta tasa de esporulación y su fuerte capacidad competitiva frente a otros organismos, lo cual le permite ocupar el espacio y los recursos disponibles con eficiencia (Sharma et al., 2012). Además, secreta una serie de metabolitos secundarios y enzimas líticas, como quitinasas y glucanasas, que le permiten actuar como agente micoparasítico sobre hongos fitopatógenos (Mukhopadhyay & Kumar, 2020).

Además de su rol antagonista, *T. harzianum* cumple funciones clave en la promoción del crecimiento vegetal. Favorece la absorción eficiente de nutrientes y promueve la síntesis de fitohormonas esenciales, como las auxinas y las giberelinas y refuerza las defensas naturales de las plantas (Zafra et al., 2015). Su aplicación ha demostrado aumentar la biomasa, mejorar la germinación de semillas y favorecer el desarrollo radicular y aéreo en diversas especies agrícolas (Fiorentino et al., 2018).

Además, su acción contribuye a la biorremediación de suelos contaminados y a la activación de mecanismos de resistencia sistémica inducida en las plantas (Debnath et al., 2020). Estas características hacen de *T. harzianum* un recurso valioso tanto en el manejo integrado de plagas y enfermedades como en estrategias de agricultura sostenible (Pani y Sharma, 2021).

2.2.7 Trichoderma asperellum

Trichoderma asperellum es un hongo filamentoso ampliamente distribuido en ambientes terrestres, especialmente en suelos ricos en materia orgánica y zonas rizosféricas de plantas cultivadas. Se distingue por su rápido desarrollo micelial, alta capacidad de esporulación y eficiente colonización del entorno, gracias a estructuras morfológicas adaptadas como conidios subglobosos y conidióforos ramificados. Estas características le permiten establecerse con facilidad en el sustrato, compitiendo exitosamente por espacio y recursos. Además, se ha identificado que algunas cepas, como *T. asperellum* GDFS1009, presentan un alto potencial de biocontrol, combinando velocidad de crecimiento con una notable capacidad antagónica frente a fitopatógenos (Wu et al., 2017).

Esta especie no solo actúa como agente de control biológico, sino que también promueve activamente el desarrollo vegetal. *T. asperellum* produce una variedad de metabolitos bioactivos con efectos antifúngicos, que inhiben el crecimiento de hongos patógenos al alterar sus estructuras celulares (Stracquadanio et al., 2020). A su vez, induce respuestas fisiológicas beneficiosas en las plantas, mejorando la absorción de nutrientes y activando mecanismos de defensa sistémica, lo cual se ha observado, por ejemplo, en su efecto sobre el control de la marchitez por *Fusarium* en tomate (Li et al., 2018).

2.2.8 Germinación y crecimiento

El proceso de germinación comprende diversas etapas: primero, la imbibición, que consiste en la absorción de agua por la semilla; luego, la activación metabólica,

que incluye la respiración, la síntesis de proteínas y la movilización de reservas; finalmente, la elongación del embrión y la ruptura de la testa, lo que permite la emergencia de la radícula. Factores como el grosor de la cubierta seminal, la disponibilidad de agua, la temperatura y la luz influyen directamente en este proceso (Russo et al., 2010). La imbibición ocurre debido a las diferencias en el potencial hídrico entre la semilla y la solución circundante (Suárez y Melgarejo, 2010).

2.2.9 Movilización de nutrientes

En la germinación de los cereales, las reservas nutritivas, especialmente el almidón y las proteínas de almacenamiento, se transforman en compuestos simples como azúcares y aminoácidos (Taiz y Zeiger 2006). Estos productos son posteriormente transportados y oxidados para proporcionar la energía necesaria que sostiene el crecimiento y la elongación del embrión (Suárez y Melgarejo, 2010).

2.2.10 Viabilidad del embrión en cacao

La viabilidad del embrión en el cacao representa un parámetro fundamental para evaluar la calidad fisiológica de las semillas, ya que de ella depende directamente su capacidad de germinar y originar plántulas vigorosas. Durante las primeras fases del manejo del material de propagación, es indispensable comprobar que el embrión se encuentre en condiciones funcionales, puesto que esto garantiza un desarrollo normal y uniforme en la etapa de crecimiento inicial. De acuerdo con Moreira et al. (1992), una vez comprobada la aptitud germinativa, resulta pertinente considerar los factores internos como la integridad de los tejidos embrionarios y el contenido de reservas, así como los factores externos como la temperatura, la humedad o la disponibilidad de oxígeno, los cuales pueden influir significativamente en el proceso germinativo.

Entre los métodos más utilizados para determinar la viabilidad de las semillas, sobresale la prueba con sales de tetrazolio, una técnica bioquímica que permite inferir de manera indirecta la actividad metabólica de los tejidos. Este procedimiento se basa

en la reducción del tetrazolio por las enzimas deshidrogenasas de la cadena respiratoria mitocondrial, lo que genera un precipitado de color rojo que identifica las áreas vivas y metabólicamente activas del embrión (Suárez y Melgarejo, 2010). Por otra parte, la capacidad que presentan ciertas semillas para retrasar el inicio de la germinación hasta que las condiciones ambientales resulten adecuadas se conoce como dormancia. Este fenómeno constituye una estrategia de supervivencia y adaptación que evita la germinación en momentos desfavorables, aumentando las probabilidades de establecimiento de la especie. La dormancia puede clasificarse en primaria, cuando se origina durante la maduración de la semilla, o en secundaria, cuando se adquiere posteriormente debido a factores externos que impiden temporalmente la germinación (Copeland y McDonald, 1995; Fenner, 2000).

2.2.11 Dormancia en semillas

La dormancia en las semillas de cacao constituye un mecanismo fisiológico fundamental que les permite suspender temporalmente su proceso de germinación hasta que las condiciones ambientales sean óptimas para el desarrollo del embrión y la posterior emergencia de la plántula. Este fenómeno es una estrategia natural de adaptación que asegura la supervivencia de la especie frente a variaciones climáticas, disponibilidad de humedad o temperatura inadecuada. La dormancia primaria, la más común, se origina por la acción combinada de factores exógenos y endógenos que regulan la capacidad germinativa de la semilla (Suárez y Melgarejo, 2010).

La dormancia exógena se asocia principalmente con factores ambientales que condicionan el proceso germinativo, tales como la disponibilidad de agua, la temperatura y la presencia o ausencia de luz (Fenner, 2000). La absorción de agua está directamente influenciada por la estructura y permeabilidad de la testa, lo que puede limitar el intercambio gaseoso y retrasar la imbibición. Este tipo de restricción es común en familias de plantas como Fabaceae, Malvaceae, Chenopodiaceae y Liliaceae, cuyas semillas se caracterizan por tener cáscaras duras o impermeables

(Bewley y Black, 1994; Finch-Savage y Leubner-Metzger, 2006; Coopeland y McDonald, 1995). La temperatura, por su parte, regula la velocidad de las reacciones enzimáticas, la tasa de absorción de agua y el porcentaje final de germinación (Probert, 2010). En cuanto a la luz, algunas semillas requieren exposición para activar el proceso germinativo, mientras que otras pueden desarrollarse en completa oscuridad (Suárez y Melgarejo, 2010). Por otro lado, la dormancia endógena está relacionada con factores internos de la semilla, como embriones rudimentarios, inhibición metabólica u osmótica, los cuales interfieren en procesos fisiológicos esenciales, incluyendo la cadena de transporte de electrones (Coopeland y McDonald, 1995; Suárez y Melgarejo, 2010).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

La investigación desarrollada se clasificó como aplicada, dado que se fundamentó en la utilización de conocimientos científicos previamente establecidos sobre microorganismos benéficos, específicamente *T. harzianum* y *T. asperellum*, con el propósito de resolver un problema concreto en el ámbito agrícola regional: optimizar la germinación y el crecimiento inicial de plantones de cacao (*Theobroma cacao* L.). Esta orientación permitió generar resultados con un enfoque práctico, aplicables directamente a sistemas productivos locales.

Asimismo, se consideró una investigación de tipo experimental, debido a que se procedió a la manipulación deliberada de la variable independiente, consistente en diferentes concentraciones de *Trichoderma spp.*, para evaluar su efecto sobre variables dependientes como el porcentaje de germinación, poder germinativo, altura de planta, longitud de raíz y biomasa. El estudio se llevó a cabo bajo un **diseño** experimental controlado, lo que permitió establecer relaciones causales entre los tratamientos aplicados y las respuestas fisiológicas observadas en las semillas y plantones de cacao.

3.2 Ubicación y duración del estudio

El presente estudio se llevó a cabo en los módulos de Hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicados en el kilómetro 6 de la carretera Federico Basadre, en la región Ucayali, provincia de coronel Portillo, distrito de Callería, ciudad de Pucallpa. El área experimental se localizó a una altitud de 155 msnm, con coordenadas geográficas de 8° 24’ 54.1” de latitud sur y 74° 34’ 17” de longitud oeste

3.3 Duración del ensayo

El desarrollo del ensayo experimental se realizó a lo largo de un período de seis meses, iniciando en el mes de febrero y concluyendo en julio del año 2024. Durante este tiempo se ejecutaron todas las etapas del estudio, incluyendo la preparación del material biológico, la aplicación de tratamientos, el seguimiento de las variables en estudio y la recolección de datos para su posterior análisis.

3.4 Materiales y equipo

Para la ejecución de la presente investigación, se empleó una variedad de materiales, herramientas y equipos, tanto de campo como de laboratorio, que permitieron llevar a cabo las actividades de preparación, aplicación de tratamientos, monitoreo y recolección de datos. Entre los principales elementos utilizados se encuentran:

Herramientas de campo: machete, tijera de podar, wincha, baldes y mochila de fumigar, utilizados para el manejo del área de trabajo, la preparación del terreno y la aplicación de tratamientos.

Materiales de protección y recolección de datos: botas, capota, libreta de campo y cámara fotográfica, necesarios para registrar información en condiciones variables de clima y asegurar una documentación adecuada del ensayo.

Equipos de medición: jarra de medir, balanza gramera y laptop, empleados para realizar mediciones precisas de las variables experimentales y el procesamiento digital de los datos.

Insumos orgánicos y sustratos: compost de aserrín, compost general, compost de gallinaza, arena y sustrato comercial, utilizados en la preparación del sustrato para el cultivo para las semillas y plantones.

Material de desinfección: alcohol al 96%, empleado para la esterilización de herramientas y prevención de contaminaciones cruzadas durante el experimento.

3.5 Variables estudiadas

3.5.1 Variable independiente.

Tratamientos.

La variable independiente es la siguiente:
X1: *T. harzianum* y *T. asperellum*.
X2: Las semillas de cacao.

Los tratamientos son los siguientes:

T_1: Testigo (Semillas de cacao remojadas por 1 hora en agua).

T_2: Remojo de semillas de cacao en un litro de agua con 1 gramo de Trichoderma harzianum durante una hora.

T_3: Remojo de semillas de cacao en un litro de agua con 1.5 gramo de Trichoderma harzianum durante una hora.

T_4: Remojo de semillas de cacao en un litro de agua con 2 gramo de Trichoderma harzianum durante una hora.

T_5: Remojo de semillas de cacao en un litro de agua con 2.5 gramo de Trichoderma harzianum durante una hora.

T_6: Remojo de semillas de cacao en un litro de agua con 1 gramo de Trichoderma asperellum durante una hora.

T_7: Remojo de semillas de cacao en un litro de agua con 1.5 gramo de Trichoderma asperellum durante una hora.

T_8: Remojo de semillas de cacao en un litro de agua con 2 gramo de Trichoderma asperellum durante una hora.

T_9: Remojo de semillas de cacao en un litro de agua con 2.5 gramo de Trichoderma asperellum durante una hora.

3.5.2 Variables dependientes

Germinación y crecimiento inicial de plantones de cacao (*Theobroma cacao* L.).

Y_1: Germinación: Es el proceso que comprende la absorción de agua por la semilla (imbibición), la activación metabólica, la síntesis de proteínas, la movilización de reservas y la elongación del embrión hasta romper la testa (Russo et al., 2010).

- **Porcentaje de germinación (%)**

Para determinar el porcentaje de germinación o capacidad germinativa, se contabilizaron todas las semillas germinadas por tratamiento durante el período que duró el experimento. El cálculo se realizó siguiendo la fórmula propuesta por Maguire (1962):

PG (%) = (GA/TS) X 100

Donde:

PG = Porcentaje de germinación (%)

GA = Germinación acumulada hasta el último día de evaluación.

TS = Total de semillas sembradas.

Y_2: Crecimiento inicial: Se refiere al incremento en volumen y número de células que se traduce en el desarrollo físico de la plántula (Turco, 2018).

- **Altura total (cm).** Se determinó en centímetros, midiendo desde el cuello de la planta hasta la parte aérea más alta del brote principal.

- **Longitud de raíz (cm).** Se midió también en centímetros, desde el cuello de la planta hasta el extremo de la raíz más larga.

- **Diámetro del tallo (mm).** Se evaluó en milímetros, utilizando un calibrador, a la altura del cuello de la planta.

- **Biomasa fresca aérea y radicular (g).** Se pesó en gramos inmediatamente después de la recolección

- **Biomasa seca aérea y radicular (g).** Se obtuvo luego de un proceso de secado en estufa, registrando su peso también en gramos.

3.6 Población y muestra

3.6.1 Población

La población estuvo conformada por el total de semillas extraídas de las mazorcas de cacao recolectadas en la parcela de cuatro hectáreas perteneciente al señor Juan Tamani, ubicada en el distrito de Campo Verde.

3.6.2 Muestra

La muestra fue seleccionada por conveniencia y estuvo conformada por 100 mazorcas de cacao, de las cuales se obtuvo un promedio de 42 semillas por unidad. Posteriormente, se seleccionaron un total de 3600 semillas de cacao, a las que se les aplicaron los tratamientos establecidos en el estudio.

3.7 Diseño experimental

El presente trabajo de investigación utilizó un diseño completamente al azar (DCA), conformado por 9 tratamientos y 4 repeticiones, cada una de ellas compuesta por 100 semillas de cacao del clon CCN-51, lo que resultó en un total de 36 unidades experimentales. En caso de haberse encontrado diferencias estadísticamente

significativas entre los tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significación de 0.05 para cada una de las variables evaluadas.

$$\boldsymbol{Yij=\mu+Ti+\varepsilon ij}$$

Dónde:

Yij = Observación del i-ésimo tratamiento en la j-ésima medida repetida.

u = Media poblacional.

Ti = Efecto del i-ésimo tratamiento.

Eij = Error experimental o residual.

Esquema del análisis de varianza.

Tabla 2.

Fuentes de variabilidad del análisis de variancia

FV	GL
Tratamientos	8
Error	27
Total	35

La parcela experimental se caracterizó por contar con 9 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento. Cada unidad experimental estuvo conformada por 100 semillas de cacao, lo que representó un total de 3600 semillas destinadas a germinación.

En total, se establecieron 36 unidades experimentales. Los resultados obtenidos correspondieron al promedio de las mediciones realizadas en cada unidad experimental.

Los datos se recolectaron según la siguiente tabla:

Tabla 3.

Formato de recolección de datos

N	Tratamiento	Enraizamiento	Longitud raíces	Longitud de parte aérea	Peso fresco	Peso seco	Diámetro	Altura
1	T1							
2	T2							
3	T3							
4	T4							
5	T5							
6	T6							
7	T7							
8	T8							
.9	T9							

La base de datos fue elaborada utilizando el software Microsoft Excel, donde se organizaron y consolidaron los datos obtenidos durante el experimento. Posteriormente, el procesamiento y análisis estadístico de la información se llevó a cabo mediante el programa SPSS versión 22.

CAPITULO IV.

RESULTADOS

4.1 Efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma asperellum, en la germinación de semillas de cacao.

Los resultados se describen a continuación:

4.1.1 Germinación de cacao durante los primeros 10 días

Durante los primeros 10 días de evaluación, el análisis de varianza revela un efecto significativo de los tratamientos con *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* sobre la germinación de semillas de cacao. Se observa una diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos (Pr>F = 0.000), con un valor de F calculado (FC) de 16.49, muy superior al esperado bajo la hipótesis nula, lo que indica que al menos uno de los tratamientos generó una respuesta diferente en comparación con los demás. El coeficiente de variación (3.17%) refleja una baja dispersión relativa de los datos, lo que respalda la precisión del experimento. Además, el coeficiente de determinación (R^2 = 83.01%) señala que una gran proporción de la variabilidad observada en la germinación se explica por los tratamientos aplicados, lo que refuerza la eficacia del uso de estos bioestimulantes en condiciones de vivero en Pucallpa.

Tabla 4.

Evaluación de la germinación de cacao durante los primeros 10 días evaluación

Tratamientos	Germinación en (%)	Significancia
T_7 (1.5 gramo de *Trichoderma asperellum*).	29.25	a
T_4 (2 gramos de *Trichoderma harzianum*).	19.5	b
T_6 (1 gramo de *Trichoderma asperellum*).	18.5	b c
T_8 (2 gramo de *Trichoderma asperellum*).	17	b c
T_9 (2.5 gramo de *Trichoderma asperellum*).	16.75	b c
T_3 (1.5 gramos de *Trichoderma harzianum*).	15.75	b c
T_5 (2.5 gramos de *Trichoderma harzianum*).	11.5	c d
T_2 (1 gramo de *Trichoderma harzianum*).	11.25	c d
T_1 (Testigo).	6.25	d

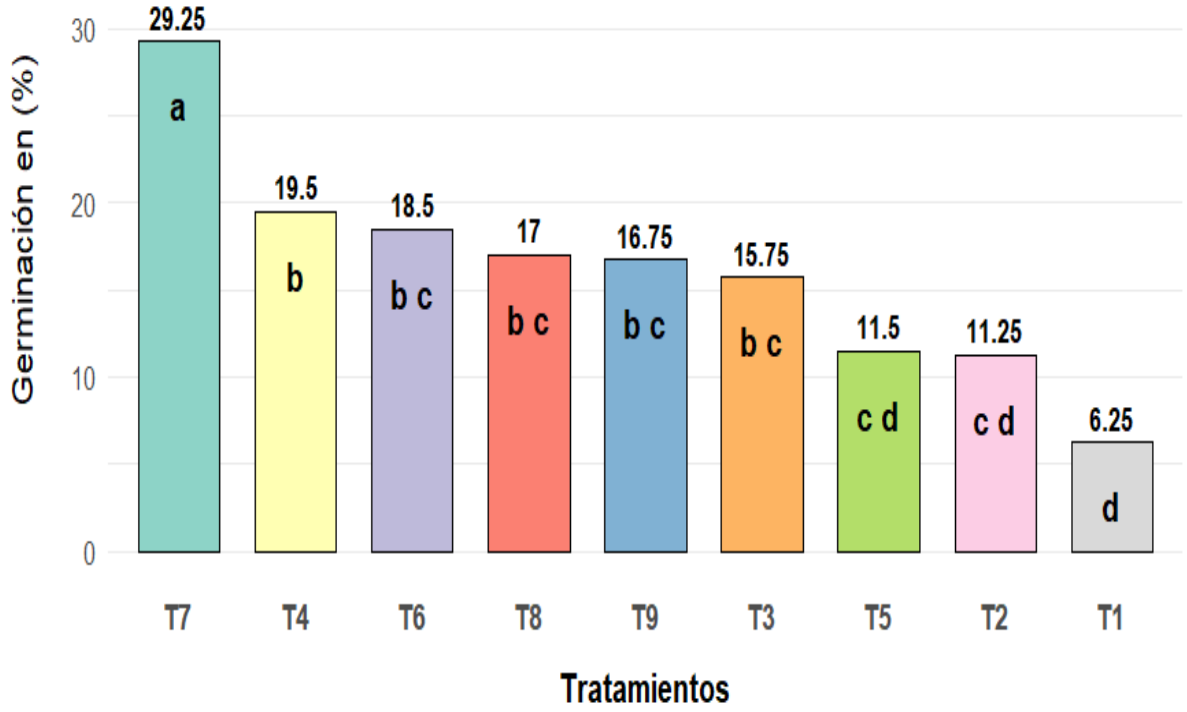
Durante los primeros 10 días de evaluación, se observaron diferencias altamente significativas en la variable porcentaje de germinación de las semillas de cacao según el tratamiento aplicado. El tratamiento T_7, correspondiente a 1.5 gramos de *Trichoderma asperellum*, registró la mayor germinación con un 29.25%, mostrando una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos (letra "a" según la prueba de Tukey, $p < 0.05$). Le siguió el tratamiento T_4 (2 gramos de *T. harzianum*) con una germinación del 19.5%, agrupado con la letra "b", lo que indica que, aunque su efecto fue menor al de T_7, fue superior al del resto.

Los tratamientos T_6, T_8, T_9 y T_3, que incluyeron diferentes dosis de *T. asperellum* y *T. harzianum*, mostraron valores de germinación entre 15.75% y 18.5%, sin presentar diferencias significativas entre ellos, compartiendo las letras "b" y "c". Por otro lado, los tratamientos T_5 y T_2 (2.5 g y 1 g de *T. harzianum*, respectivamente) alcanzaron germinaciones inferiores al 12%, ubicándose en el grupo "c d", sin diferencia significativa entre ellos, pero estadísticamente distintos de T_7 y T_4.

Finalmente, el testigo (T_1), sin la aplicación de *Trichoderma*, presentó el menor porcentaje de germinación (6.25%), siendo estadísticamente inferior al resto, como lo indica la letra "d". Estos resultados permiten concluir que el uso de *Trichoderma*, especialmente *T. asperellum* en dosis de 1.5 gramos, mejora significativamente la germinación de semillas de cacao durante la etapa inicial. En concordancia con los resultados obtenidos en esta investigación, diversos autores han destacado el potencial de *Trichoderma* como bioestimulante en la fase de germinación. Mejías (2017) reporta que *T. harzianum* incrementa la germinación de semillas de maíz y frijol en un 40 %, atribuido a la producción de metabolitos con efecto promotor del crecimiento. De forma complementaria, Velalcázar (2019) resalta que el uso de sustratos enriquecidos con materia orgánica mejora significativamente la germinación (81.87 %), lo que sugiere una posible interacción sinérgica entre los componentes del suelo y los microorganismos benéficos como *Trichoderma*.

Figura 1.

Fluctuación de la germinación de cacao durante los primeros 10 días de evaluación



4.1.2 Germinación de cacao durante los primeros 20 días

Durante los primeros 20 días de evaluación, se registraron diferencias estadísticamente significativas en la germinación de semillas de cacao como resultado de la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum*. El análisis de varianza reveló un efecto altamente significativo de los tratamientos ($p < 0.05$), con un valor de F de 14.69, lo que evidencia una clara influencia de los bioestimulantes sobre la variable evaluada.

El coeficiente de variación fue de 4.34%, lo que indica una adecuada homogeneidad en los datos y una buena precisión experimental. Asimismo, el coeficiente de determinación (R^2) alcanzó 81.32%, lo que demuestra que una alta proporción de la variabilidad total en la germinación se debe a los tratamientos aplicados. Estos resultados confirman que el uso de *Trichoderma* spp. tiene un efecto significativo en el proceso de germinación del cacao bajo las condiciones evaluadas.

Tabla 5.

Evaluación de la germinación de cacao durante los primeros 20 días de evaluación

Tratamiento	Germinación en (%)	Significancia
T_7	47.75	a
T_4	45	ab
T_6	36.25	bc
T_3	34.25	c
T_8	33.75	cd
T_9	32.25	d
T_2	31	de
T_5	24.25	de
T_1	22.5	e

Durante los primeros 20 días de evaluación, se observaron diferencias estadísticas significativas en la germinación de semillas de cacao como resultado de la aplicación de distintos tratamientos con *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum*. Los valores promedio indican una clara tendencia de mejora en la germinación cuando se aplican dosis adecuadas de estos bioestimulantes, en comparación con el testigo.

El tratamiento T_7 (1.5 g de *T. asperellum*) presentó el mayor porcentaje de germinación, con un promedio de 47.75%, ubicándose en el grupo estadísticamente superior (letra "a"), lo que refleja un efecto positivo y significativo en la germinación de las semillas. Le sigue T_4 (2 g de *T. harzianum*) con un 45%, agrupado con la letra "ab", indicando que su efecto no difiere significativamente del tratamiento T_7, aunque es ligeramente inferior.

Los tratamientos T_6 (1 g de *T. asperellum*) y T_3 (1.5 g de *T. harzianum*) alcanzaron promedios de 36.25% y 34.25%, respectivamente, ubicándose en los grupos "bc" y "c". Estos valores muestran un efecto intermedio, estadísticamente menor que el de T_7 y T_4, pero aún superior al de tratamientos con dosis mayores o menores.

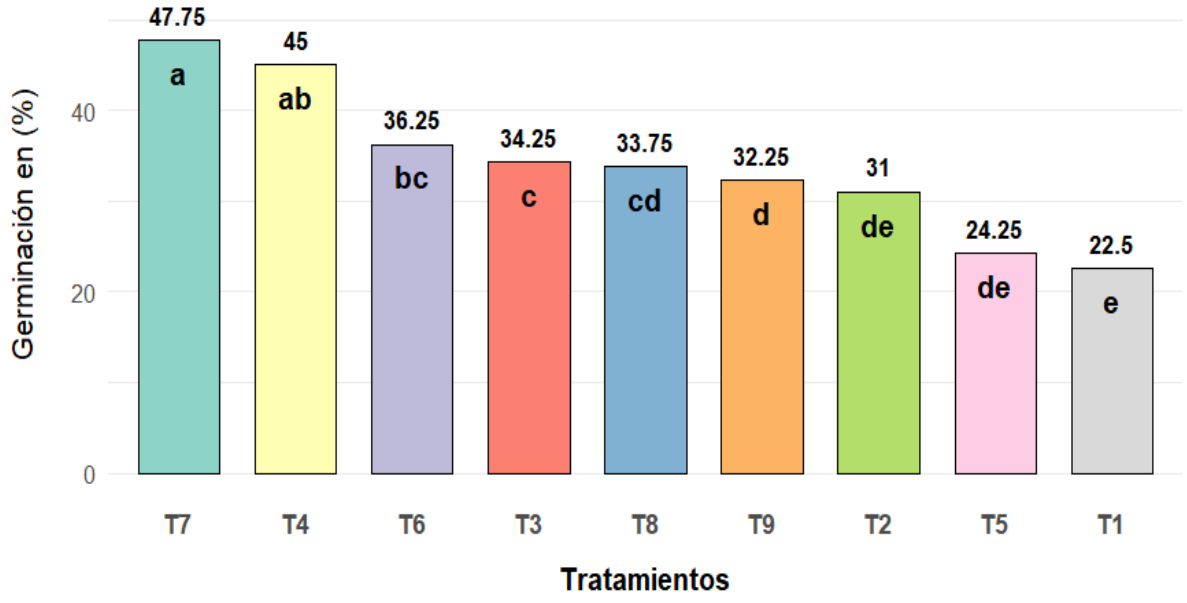
T_8 (2 g de *T. asperellum*) y T9 (2.5 g de *T. asperellum*) registraron promedios de 33.75% y 32.25%, ubicándose en los grupos "cd" y "d", respectivamente. Aunque no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí, sus efectos fueron notablemente menores en comparación con los tratamientos de mayor eficacia.

Por su parte, T_2 (1 g de *T. harzianum*) y T_5 (2.5 g de *T. harzianum*) alcanzaron promedios de 31% y 24.25%, agrupados en "de", indicando un efecto significativamente menor respecto a los tratamientos más efectivos.

.

Figura 2.

Fluctuación de la germinación de cacao durante los primeros 20 días de evaluación



Finalmente, el tratamiento T_1 (testigo sin aplicación de *Trichoderma*) obtuvo el promedio más bajo con 22.5%, formando parte del grupo "e", lo que confirma la menor germinación en ausencia de tratamiento biológico. Estos resultados evidencian que la aplicación de *Trichoderma*, en especial *T. asperellum* a 1.5 g, tiene un efecto notablemente positivo en la germinación de semillas de cacao, y que tanto la especie como la dosis influyen significativamente en los resultados obtenidos. Giler y Trigrero (2020) evaluaron la emergencia y el crecimiento inicial de híbridos interclonales de *Theobroma cacao L.*, registrando una tasa de germinación del 90.1 %, con un máximo

de 97.8% (Chávez et al., 2020). Se observó variabilidad en diámetro, altura, número de hojas y contenido de clorofila entre las progenies, destacando la combinación EET-103 × EET-558 por su mejor habilidad combinatoria general. Patiño et al., (2025). Al evaluar el efecto de Trichoderma en diferentes sustratos de cacao obtuvo un 100% de germinación a los 20 días.

4.1.3 Germinación de cacao durante los primeros 30 días

Durante los primeros 30 días de evaluación, se observaron diferencias altamente significativas en la germinación de semillas de cacao como respuesta a los tratamientos con *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum*. El análisis de varianza mostró que el efecto de los tratamientos fue estadísticamente significativo ($p < 0.05$), con un valor de F de 38.46, lo que indica una marcada influencia de los bioestimulantes sobre la variable evaluada.

El coeficiente de variación (C.V.) fue de 2.76%, lo cual refleja una excelente precisión experimental y homogeneidad en los datos. Por otro lado, el coeficiente de determinación (R^2) alcanzó un valor de 91.93%, señalando que la mayor parte de la variabilidad observada en la germinación se explica por los tratamientos aplicados. Estos resultados evidencian que el uso de *Trichoderma*, en diferentes concentraciones, tiene un impacto significativo en la mejora del proceso de germinación de las semillas de cacao bajo las condiciones experimentales evaluadas.

Tabla 6.

Evaluación de la germinación de cacao durante los primeros 30 días de

Tratamiento	Germinación en (%)	Significancia
T_7	47.75	a
T_4	45	ab
T_6	36.25	bc
T_3	34.25	c
T_8	33.75	cd
T_9	32.25	d
T_2	31	de
T_5	24.25	de
T_1	22.5	e

Durante los primeros 30 días de evaluación, se observaron diferencias

significativas en los porcentajes de germinación de semillas de cacao en respuesta a los tratamientos con *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum*. Los resultados muestran una clara variación en la eficacia de los tratamientos según la especie y la dosis aplicada.

El tratamiento T_7 (1.5 g de *T. asperellum*) registró la mayor germinación con un promedio de 70.5%, ubicándose en el grupo estadísticamente superior (letra "a"), lo que indica una respuesta significativamente mayor frente al resto de tratamientos. Le sigue T_4 (2 g de *T. harzianum*) con un valor promedio de 69.25%, agrupado con "ab", sin diferencia significativa respecto a T_7, aunque con un ligero descenso en efectividad.

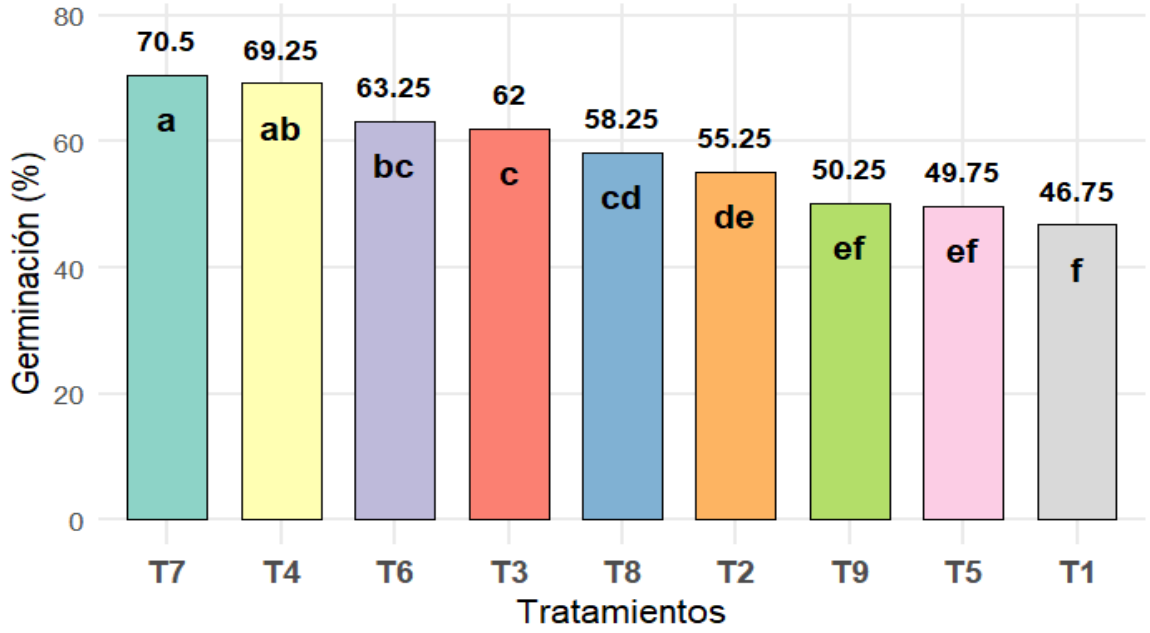
T_6 (1 g de *T. asperellum*) y T_3 (1.5 g de *T. harzianum*) alcanzaron promedios de 63.25% y 62%, respectivamente, agrupados en los niveles "bc" y "c". Estos tratamientos mostraron buenos resultados, aunque estadísticamente inferiores a los dos primeros. Por su parte, T_8 (2 g de *T. asperellum*) logró un 58.25%, clasificado en el grupo "cd", con una eficacia moderada.

Los tratamientos T_2 (1 g de *T. harzianum*), T_9 (2.5 g de *T. asperellum*) y T_5 (2.5 g de *T. harzianum*) presentaron los menores valores de germinación, con promedios de 55.25%, 50.25% y 49.75%, respectivamente, agrupándose en los niveles "de" y "ef", lo que refleja una respuesta significativamente menor en comparación con los tratamientos más efectivos. Estos resultados evidencian que tanto la especie como la dosis de *Trichoderma* influyen de manera importante en la germinación de semillas de cacao, destacando especialmente la eficacia del tratamiento con 1.5 g de *T. asperellum*. Dentro de los mecanismos propuestos para explicar estos efectos, se ha documentado que *T. asperellum* puede sintetizar auxinas, lo cual estimula procesos fisiológicos clave como la ruptura de la testa seminal, alcanzando incrementos de hasta 75 % en comparación con el control. Asimismo, la capacidad competitiva de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos permite reducir la carga microbiana nociva

en el sustrato, como lo evidenció Miguel et al. (2021) en cultivos de chile, donde se observó una disminución de *Fusarium spp.*. Estos hallazgos respaldan el rol multifuncional de *Trichoderma* en la promoción de una germinación más rápida y uniforme, y coinciden con los efectos positivos registrados en esta investigación sobre plantones de cacao.

Figura 3.

Fluctuación de la germinación de cacao durante los primeros 30 días de evaluación



4.2 Efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* (Samuels, Lieckf. y Nirenberg) en el crecimiento inicial de plantones de cacao

Los resultados se describen a continuación.

4.2.1 Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* en la longitud de raíces en plantones de cacao.

En la evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* sobre la longitud radicular de plántulas de cacao bajo condiciones de

Pucallpa, se registraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos. El análisis de varianza muestra que los tratamientos influyeron de manera notable en la variable evaluada, con un valor de F de 13342.77 y un nivel de significancia estadística muy elevado ($p < 0.05$), lo que indica que las diferencias observadas entre los tratamientos no se deben al azar.

El coeficiente de variación (C.V.) fue de 1.56 %, lo que refleja una excelente precisión experimental y escasa dispersión en los datos. Por su parte, el coeficiente de determinación (R^2) alcanzó un valor de 96.05 %, lo que confirma que la mayor parte de la variabilidad en la longitud de raíces se explica por los tratamientos aplicados.

Tabla 7.

Variación del efecto de Trichoderma harziatum y Trichoderma asperrellum (Samuels, Lieckf y Nirenberg) en la longitud de raíces en plantones de cacao

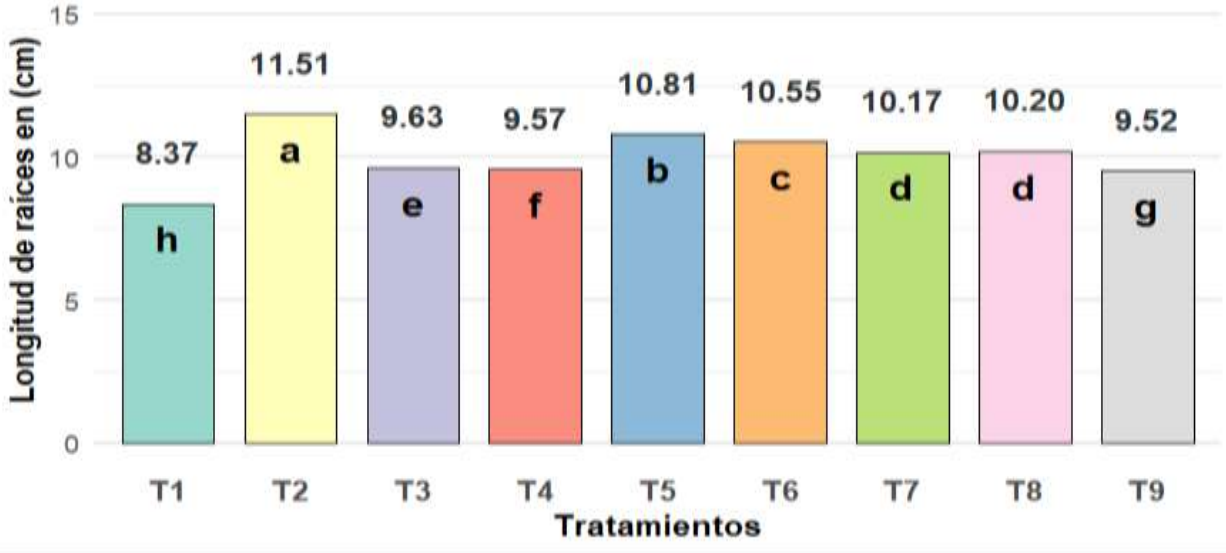
Tratamiento	Longitud de raíces en (cm).	Significancia
T_2	11.51	a
T_5	10.81	b
T_6	10.55	c
T_8	10.2	d
T_7	10.17	d
T_3	9.63	e
T_4	9.57	f
T_9	9.52	g
T_1	8.37	h

El análisis de los tratamientos muestra diferencias significativas en la longitud de raíces, evidenciando el efecto diferencial de las dosis y especies de *Trichoderma* aplicadas. El tratamiento con 1 g de *T. harzianum* (T_2) presentó la mayor longitud promedio de raíces (11.51 cm), agrupándose en el rango “a”, lo que indica una diferencia estadísticamente significativa frente al resto de tratamientos según la prueba de comparación múltiple de Tukey al 95% de confianza.

Le siguieron los tratamientos T_5 (2.5 g de *T. harzianum*) con 10.81 cm, y T_6 (1 g de *T. asperellum*) con 10.55 cm, ubicados en los grupos "b" y "c", respectivamente. Las aplicaciones intermedias de *T. asperellum* (T_7 y T_8) mostraron efectos similares entre sí (10.17 cm y 10.20 cm), sin diferencia estadística significativa entre ellas (grupo “d”). Por otro lado, los tratamientos con 1.5 g y 2 g de *T. harzianum* (T_3 y T_4) presentaron menores valores (9.63 cm y 9.57 cm), agrupándose en los rangos “e” y “f”. El tratamiento con 2.5 g de *T. asperellum* (T_9) registró una longitud promedio de 9.52 cm, ubicándose en el grupo “g”, mientras que el testigo sin aplicación (T_1) presentó el menor desarrollo radicular (8.37 cm), significativamente inferior al resto de tratamientos, agrupado en el rango “h”. Estos resultados destacan la eficacia de dosis moderadas de *T. harzianum* sobre el crecimiento radicular, y sugieren una respuesta específica del cultivo de cacao ante distintas concentraciones y especies de *Trichoderma*. En el estudio realizado por Lucas (2016) sobre el efecto de la asociación de micorrizas y *Trichoderma* en el crecimiento de plántulas de cacao en vivero, se observó una diferencia estadísticamente significativa en la longitud radicular, mas no en la biomasa, a los 120 días después de la siembra. Los tratamientos que incluyeron combinaciones de *ANCUPA C1* y *CUSTOM GP* mostraron mayores valores de longitud de raíz, destacando el tratamiento con *ANCUPA C1 (15 cc)* y *CUSTOM GP (10 cc)*, ambos con una media de 25.17 cm. En contraste, el testigo presentó la menor longitud radicular con 1933 cm, lo que indica un efecto positivo de la aplicación de biofertilizantes en el desarrollo de la raíz.

Figura 4.

Variacíón del efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma asperellum sobre el crecimiento radicular de plántulas de cacao



4.2.2 Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* en longitud de la parte aérea en plantones de cacao

El análisis de varianza correspondiente a la evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* sobre la longitud de la parte aérea en plantones de cacao evidenció diferencias altamente significativas entre los tratamientos, reflejadas en un valor F de 2373.26 y un valor de probabilidad menor a 0.05. El coeficiente de determinación (R^2) alcanzó un 97.86%, lo que indica una excelente capacidad explicativa del modelo respecto a la variabilidad observada en la variable evaluada. Asimismo, el coeficiente de variación (2.91%) sugiere una adecuada precisión experimental, respaldando la confiabilidad de los datos obtenidos y la influencia positiva de los tratamientos aplicados en el desarrollo aéreo de los plantones.

Tabla 8.

Variación del efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma asperellum en la longitud de la parte aérea en plantones cacao en Pucallpa

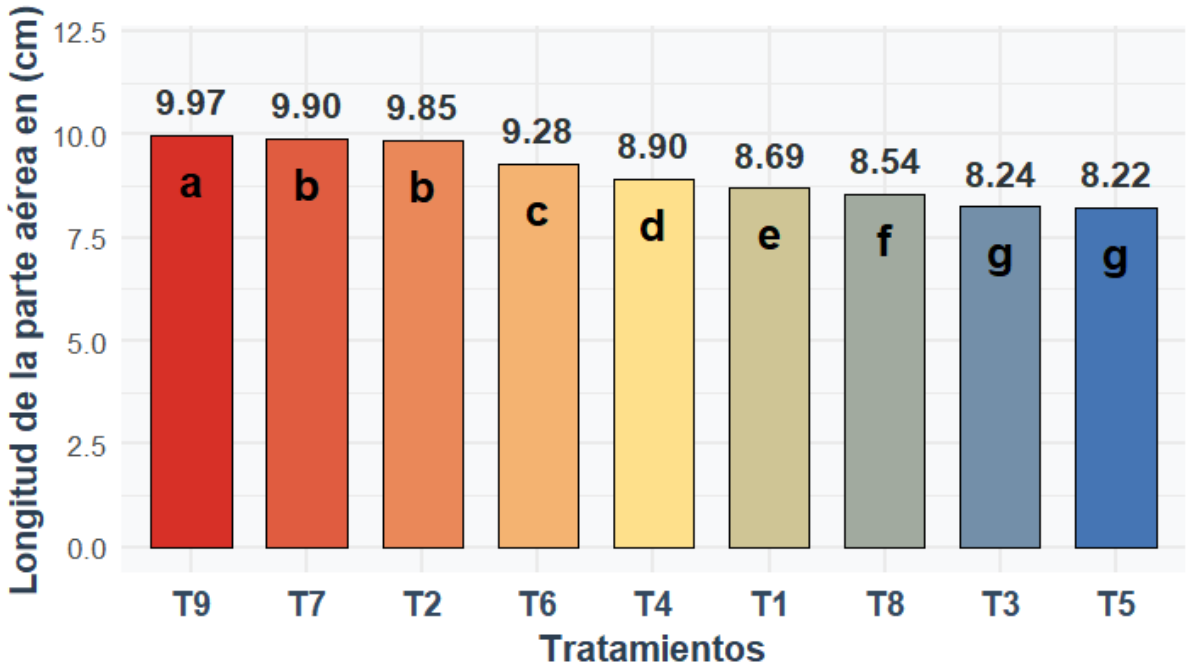
Tratamiento	Longitud de la parte aérea en (cm).	Significancia
T_9	9.97	a
T_7	9.9	b
T_2	9.85	b
T_6	9.28	c
T_4	8.9	d
T_1	8.69	e
T_8	8.54	f
T_3	8.24	g
T_5	8.22	g

La aplicación de distintas dosis de Trichoderma harzianum *y* Trichoderma asperellum produjo diferencias altamente significativas en la longitud de la parte aérea de plantones de cacao, de acuerdo con la prueba de Tukey. El tratamiento T_9 (2.5 g de *T.* asperellum) alcanzó la mayor longitud promedio con 9.97 cm, integrando el grupo estadístico “a”. A este le siguieron T_7 (1.5 g de *T. asperellum*) y T_2 (1 g de *T. harzianum*), con promedios de 9.90 cm y 9.85 cm, respectivamente, ambos ubicados en el grupo “b”. El tratamiento T_6 (1 g de *T. asperellum*) alcanzó 9.28 cm, formando

parte del grupo “c”. En un nivel inferior se situaron T_4 (2 g de *T. harzianum*) con 8.90 cm (grupo “d”) y el testigo T_1, sin aplicación de *Trichoderma*, con 8.69 cm (grupo “e”). Por su parte, T_8 (2 g de *T. asperellum*) registró una longitud de 8.54 cm, correspondiéndole el grupo “f”. Finalmente, los tratamientos T_3 (1.5 g de *T. harzianum*) y T_5 (2.5 g de *T. harzianum*) presentaron los menores promedios, con 8.24 cm y 8.22 cm, respectivamente, ambos ubicados en el grupo “g”. Estos resultados evidencian que la respuesta de los plantones varía significativamente en función del tipo y dosis de *Trichoderma*, siendo *T. asperellum* a una dosis de 2.5 g el que mayor efecto estimulante tuvo sobre el crecimiento aéreo. La altura de planta a los 30 días después de la siembra mostró diferencias altamente significativas ($p < 0.01$), destacando el tratamiento ANCUPA C1 (20 cc) con 10.93 cm, superior a CUSTOM GP (20 cc) con 10.17 cm, y un coeficiente de variación de 3.36%. A los 60, 90 y 120 días no se evidenciaron diferencias significativas ($p > 0.05$), aunque se observaron mayores alturas en CUSTOM GP (15 cc), ANCUPA C1 (10 cc) y ANCUPA C1 (10 cc), respectivamente (Lucas, 2016).

Figura 5.

Variación del efecto de T. harzianum y T. asperellum sobre la longitud de la parte aérea de plántulas de cacao cultivadas en condiciones de Pucallpa



4.2.3 Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* en el diámetro de cacao.

El análisis de varianza realizado para evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* sobre el diámetro de plantones de cacao en Pucallpa reveló diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un valor F de 88.63 y un valor de probabilidad de 0.00, lo que indica un efecto claro de los tratamientos aplicados. El coeficiente de determinación (R^2) fue de 93.48%, lo que demuestra que gran parte de la variabilidad en la variable evaluada fue explicada por los tratamientos. Además, el coeficiente de variación fue bajo (1.69%), lo cual refleja una alta precisión experimental. Estos resultados evidencian que la aplicación de *Trichoderma* influyó significativamente en el engrosamiento del tallo de los plantones.

Tabla 9.

Variación del efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma asperellum en el diámetro de plantones de cacao en Pucallpa

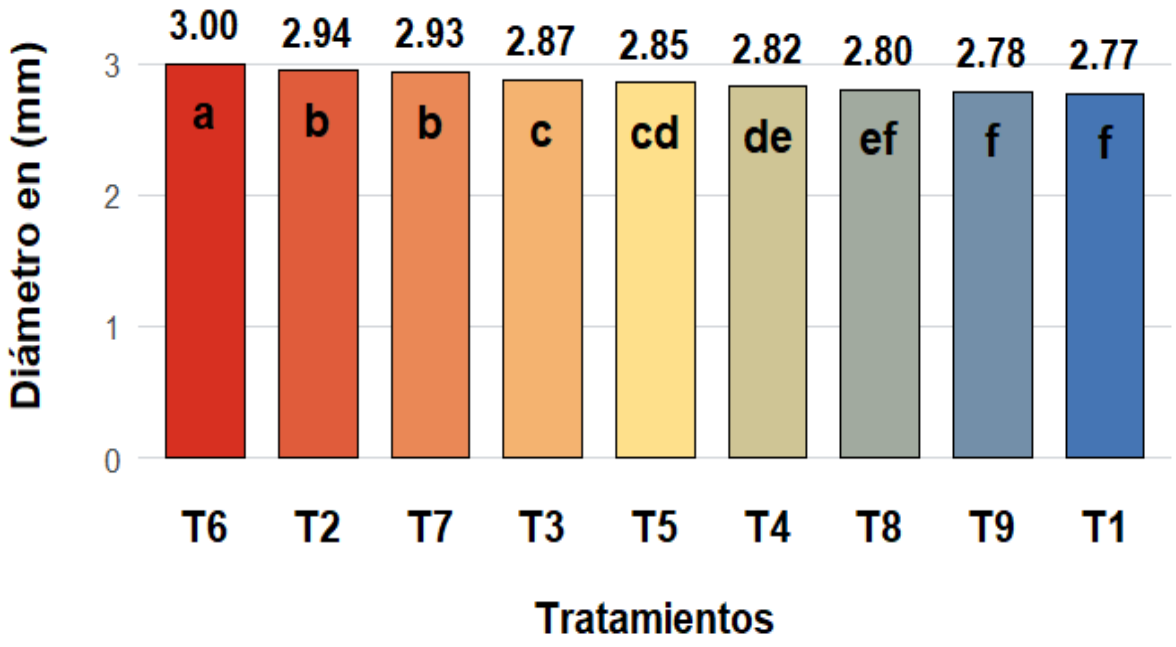
Tratamiento	Diámetro en (mm).	Significancia
T_6	3	a
T_2	2.94	b
T_7	2.93	b
T_3	2.87	c
T_5	2.85	cd
T_4	2.82	de
T_8	2.8	ef
T_9	2.78	f
T_1	2.77	f

La evaluación del efecto de Trichoderma harzianum *y* Trichoderma asperellum sobre el diámetro de plantones de cacao mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, según la prueba de Tukey. El mayor promedio fue registrado por T_6 (1 g de *T. asperellum*) con 3.00 mm, ubicándose en el grupo estadístico “a”. Le siguieron T_2 (1 g de *T. harzianum*) y T_7 (1.5 g de *T. asperellum*), con diámetros de 2.94 mm y 2.93 mm, respectivamente, ambos en el grupo “b”. El tratamiento T_3 (1.5 g de *T. harzianum*) obtuvo 2.87 mm (grupo “c”), mientras que T_5 (2.5 g de *T. harzianum*)

alcanzó 2.85 mm, agrupado en “cd”. T_4 (2 g de *T. harzianum*) presentó un promedio de 2.82 mm, ubicándose en el grupo “de”. Por su parte, T_8 (2 g de *T. asperellum*) y T9 (2.5 g de *T. asperellum*) registraron promedios de 2.80 mm y 2.78 mm, integrando los grupos “ef” y “f”, respectivamente. El testigo T_1, sin aplicación de *Trichoderma*, mostró el menor valor con 2.77 mm, también en el grupo “f”. Estos resultados evidencian que las especies y concentraciones de *Trichoderma* influyen significativamente en el engrosamiento del tallo, destacando el tratamiento con 1 g de *T. asperellum* como el más efectivo. En el estudio de Lucas (2016), se evaluó el efecto de diferentes biofertilizantes sobre el diámetro del tallo de plántulas de cacao a los 60 días, el mayor diámetro fue registrado en el tratamiento *ANCUPA C1 + CUSTOM GP (10 cc)* con 0.63 cm, mientras que los valores más bajos se observaron en el tratamiento *CUSTOM GP (20 cc)* y el testigo, ambos con 0.57 cm. A los 120 días, el tratamiento con *CUSTOM GP (20 cc)* alcanzó el mayor diámetro con 1.27 cm, en tanto que el menor se mantuvo en el testigo (1.14 cm). Aunque estas diferencias no fueron significativas, los resultados indican una posible respuesta positiva al uso combinado de biofertilizantes. Los coeficientes de variación, de 5.65 % y 7.15 % respectivamente, revelan una baja dispersión de los datos (Lucas, 2016).

Figura 6.

Variación del efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma asperellum sobre el diámetro del tallo en plántulas de cacao bajo condiciones de Pucallpa



4.2.4 Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* en la altura total de plantones de cacao.

El análisis de varianza realizado para evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* sobre la altura total de plantones de cacao en Pucallpa evidenció diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un valor F de 4336.79 y un valor de probabilidad de 0.000. El coeficiente de determinación (R^2) alcanzó el 97.92%, lo que indica que la variación observada en la altura total fue explicada en gran medida por los tratamientos aplicados. Asimismo, el coeficiente de variación (3.86%) refleja una buena precisión experimental. Estos resultados demuestran que el uso de *Trichoderma*, en sus distintas dosis y especies, tuvo un efecto claro y significativo en el crecimiento en altura de los plantones evaluados.

Tabla 10.

Variación del efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma asperellum en la altura total de plantones de cacao en Pucallpa

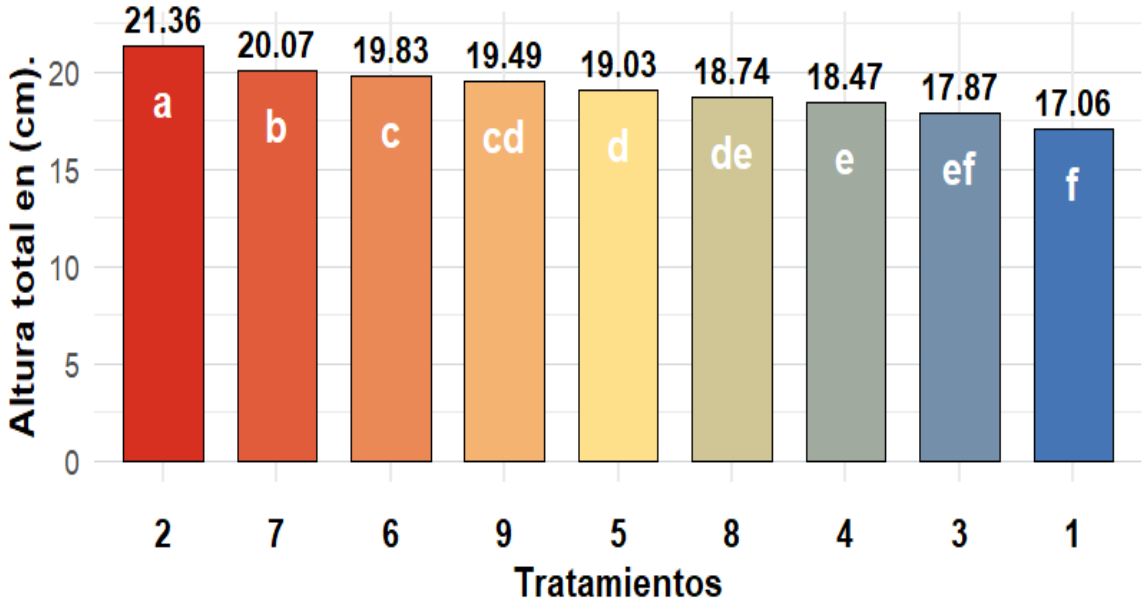
Tratamiento	Altura total en (mm).	Significancia
T_2	21.36	a
T_7	20.07	b
T_6	19.83	c
T_9	19.49	cd
T_5	19.03	d
T_8	18.74	de
T_4	18.47	e
T_3	17.87	ef
T_1	17.06	f

La aplicación de distintas dosis de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* generó variaciones significativas en la altura total de plantones de cacao, según la prueba de comparación de medias de Tukey. El tratamiento T_2 (1 g de *T. harzianum*) alcanzó la mayor altura con un promedio de 21.36 mm, ubicándose en el grupo estadístico “a”. Le siguió T_7 (1.5 g de *T. asperellum*) con 20.07 mm (grupo “b”), y T_6 (1 g de *T. asperellum*) con 19.83 mm (grupo “c”). En un rango intermedio se

posicionaron T_9 (2.5 g de *T. asperellum*) y T_5 (2.5 g de *T. harzianum*), con promedios de 19.49 mm y 19.03 mm, integrando los grupos “cd” y “d”, respectivamente. A continuación, T_8 (2 g de *T. asperellum*) y T_4 (2 g de *T. harzianum*) registraron valores de 18.74 mm y 18.47 mm, correspondientes a los grupos “de” y “e”. Por su parte, T_3 (1.5 g de *T. harzianum*) alcanzó 17.87 mm (grupo “ef”), mientras que el testigo T_1, sin aplicación de *Trichoderma*, obtuvo el menor promedio con 17.06 mm, agrupado en el nivel más bajo de significancia (“f”). Estos resultados reflejan que tanto la especie como la dosis de *Trichoderma* influyen significativamente en el crecimiento en altura de los plantones de cacao, destacando especialmente el uso de 1 g de *T. harzianum*. La altura de plántulas de *Theobroma cacao* cv. Nacional se vio significativamente influenciada por las cepas de *Trichoderma spp.*, observándose el mayor promedio con *T. viride* (33.65 cm), lo cual resalta su eficacia como bioestimulante en la etapa inicial de crecimiento. En contraste, *T. harzianum 1* registró la menor altura (25.09 cm), lo que sugiere una respuesta más limitada posiblemente asociada a su menor adaptación al sustrato o a las condiciones del vivero (Patiño et al., 2025).

Figura 7.

Variación de efecto de T. harzianum y T. asperellum sobre la altura total de plántulas de cacao cultivadas en condiciones de Pucallpa.



4.2.5 Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* en el peso fresco de plantones de cacao

El análisis de varianza realizado para determinar el efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* sobre el peso fresco de plantones de cacao muestra diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados ($F = 571.66$; $p < 0.0001$). El coeficiente de variación (C.V.) fue de 2.10 %, lo que indica una baja dispersión de los datos respecto al promedio y, por ende, una alta precisión experimental. Asimismo, el coeficiente de determinación (R^2) alcanzó un 98.24 %, lo que evidencia que la mayor parte de la variabilidad observada en el peso fresco se explica por los tratamientos aplicados. Estos resultados destacan la eficacia de los bioestimulantes empleados en la mejora del crecimiento inicial del cultivo.

Tabla 11.

Variación del efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma asperellum en el peso fresco de plantones de cacao

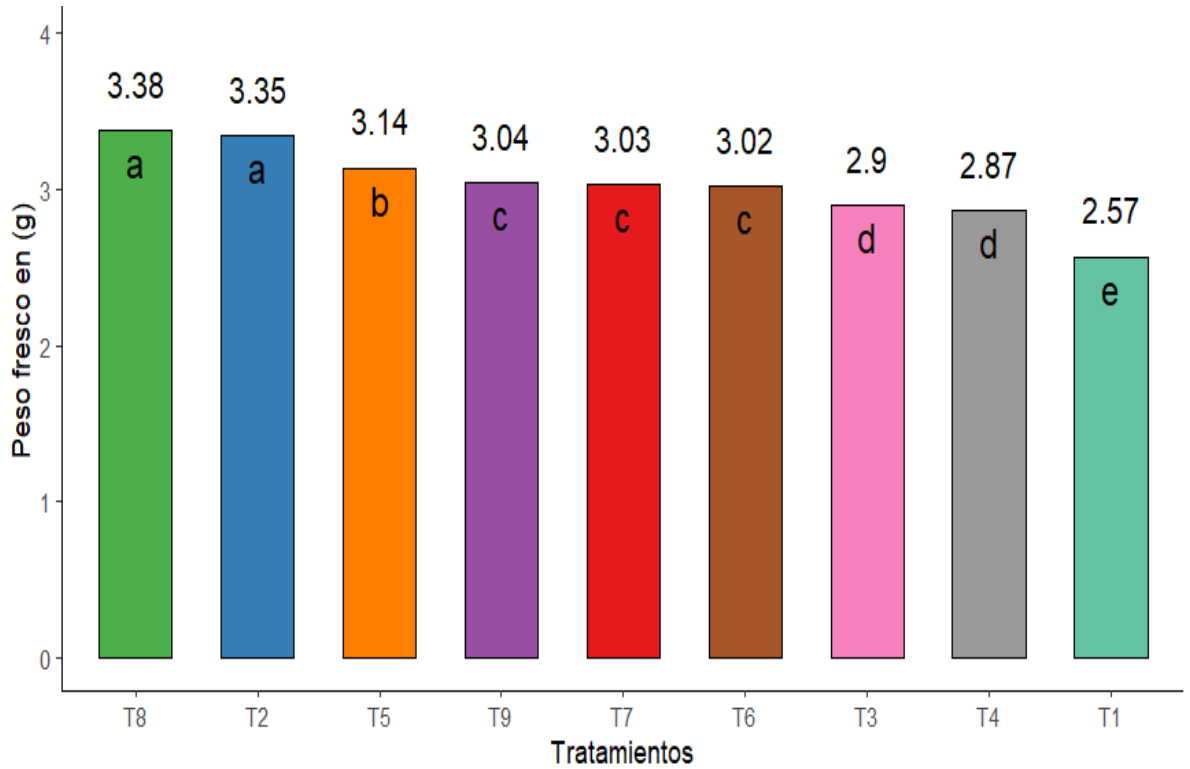
Tratamiento	Peso fresco en (g).	Significancia
T_8	3.38	a
T_2	3.35	a
T_5	3.14	b
T_9	3.04	c
T_7	3.03	c
T_6	3.02	c
T_3	2.9	d
T_4	2.87	d
T_1	2.57	e

La Tabla 11 muestra los efectos del tratamiento con diferentes concentraciones de Trichoderma harzianum *y* Trichoderma asperellum *sobre* el peso fresco de plantones de cacao. Se observa que los tratamientos T_8 (2 g de *T. asperellum*) y T_2 (1 g de *T. harzianum*) registran los valores más altos de peso fresco, con 3.38 g y 3.35 g, respectivamente, formando el grupo estadístico “a”, lo que indica que ambos tratamientos presentaron un efecto significativamente superior frente al resto, según

la prueba de comparación de medias. Le sigue el tratamiento T_5 (2.5 g de *T. harzianum*) con 3.14 g, ubicado en el grupo “b”. Por otro lado, los tratamientos T_9, T_7 y T_6, todos con distintas dosis de *T. asperellum*, conforman el grupo “c” al presentar valores similares, entre 3.04 g y 3.02 g. Los tratamientos T_3 y T_4, ambos con *T. harzianum*, se agrupan en el nivel “d”, mientras que el testigo (T_1) sin aplicación de biocontroladores reporta el menor peso fresco con 2.57 g, formando el grupo “e”. Estos resultados evidencian que la aplicación de cepas de *Trichoderma*, especialmente en dosis específicas, mejora significativamente el desarrollo biomásico de los plantones en comparación con el testigo. El peso fresco aéreo mostró una respuesta destacada ante la inoculación con *T. viride* en turba, alcanzando 16.05 g, siendo superior a los datos encontrados en esta investigación (Patiño et al., 2025).

Figura 8.

Variación del efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma asperellum sobre el peso fresco de plántulas de cacao



4.2.6 Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* en el peso seco de plantones de cacao.

El análisis de varianza realizado para evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* sobre el peso seco de plantones de cacao revela diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0.001$). El valor F (323.97) indica una marcada influencia de los tratamientos sobre la variable evaluada. El coeficiente de variación (1.51%) sugiere una baja dispersión de los datos, lo que refleja buena precisión experimental. Asimismo, el coeficiente de determinación (R^2 = 98.17%) evidencia que el modelo explica gran parte de la variabilidad observada en el peso seco, confirmando la solidez del ajuste estadístico.

Tabla 12.

Variación del efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma asperellum en el peso seco de plantones de cacao

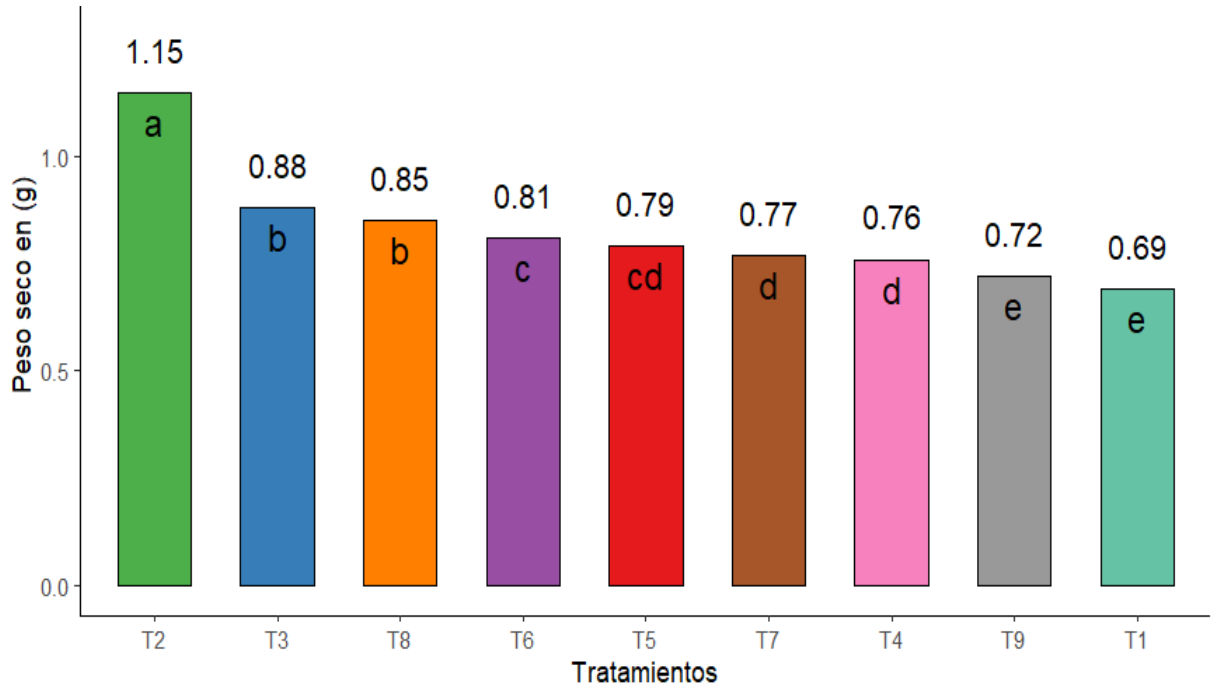
Tratamiento	Peso seco en (g).	Significancia
T_2	1.15	a
T_3	0.88	b
T_8	0.85	b
T_6	0.81	c
T_5	0.79	cd
T_7	0.77	d
T_4	0.76	d
T_9	0.72	e
T_1	0.69	e

La Tabla 12 muestra la influencia de diferentes dosis de Trichoderma harzianum *y* Trichoderma asperellum sobre el peso seco de plantones de cacao (*Theobroma cacao L.*). El tratamiento T2 (1 g de *T. harzianum*) registró el mayor valor promedio con 1.15 g, mostrando una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos (grupo "a"). Le siguieron T3 (1.5 g de *T. harzianum*) y T8 (2 g de *T. asperellum*), con promedios de 0.88 g y 0.85 g respectivamente, agrupándose ambos en el grupo "b". El tratamiento T6 (1 g de *T. asperellum*) presentó un valor de

0.81 g, clasificándose en el grupo "c", mientras que T5 (2.5 g de *T. harzianum*) alcanzó 0.79 g, compartiendo significancia entre los grupos "c" y "d". Los tratamientos T7 (1.5 g de *T. asperellum*) y T4 (2 g de *T. harzianum*) mostraron valores similares de 0.77 g y 0.76 g, respectivamente, ubicándose en el grupo "d". Finalmente, T9 (2.5 g de *T. asperellum*) y T1 (testigo sin tratamiento) presentaron los valores más bajos con 0.72 g y 0.69 g, perteneciendo al grupo "e", sin diferencia significativa entre ellos. Estos resultados evidencian el efecto positivo del uso de *Trichoderma*, particularmente de *T. harzianum* en dosis moderadas, en la acumulación de biomasa seca en los plantones de cacao. El peso seco aéreo evidenció nuevamente la superioridad de *T. viride*, registrando 9,19 g en turba y 9,07 g en perlita, lo que confirma su capacidad para estimular la acumulación de biomasa aérea en diferentes sustratos (Patiño et al., 2025).

Figura 9.

Fluctuación del efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma asperellum en el peso seco de plantones de cacao



CAPITULO V

DISCUSIÓN

- **Germinación de cacao durante los primeros 10 días**

La investigación evidencia que la aplicación de *Trichoderma spp.* influyó significativamente en la germinación de semillas de cacao durante los primeros 10 días, lo cual se respalda estadísticamente por el alto valor de F y el coeficiente de determinación (R^2 = 83.01%), indicando que la mayor parte de la variabilidad observada se explica por los tratamientos aplicados. El bajo coeficiente de variación (3.17%) confirma, además, una adecuada precisión experimental.

El mejor desempeño correspondió al tratamiento con 1.5 g de *Trichoderma asperellum* (T7), lo que sugiere que esta dosis favorece una interacción óptima hongo–semilla en la etapa inicial. Este efecto podría estar asociado a la producción de fitohormonas, enzimas hidrolíticas y metabolitos secundarios que estimulan la activación fisiológica de la semilla y mejoran la disponibilidad de nutrientes en el sustrato. Resultados similares han sido reportados por Mejías (2017), quien observó incrementos significativos en la germinación de maíz y frijol con *T. harzianum*, atribuidos a su acción bioestimulante. Asimismo, Velalcázar (2019) señala que la incorporación de microorganismos benéficos en sustratos orgánicos potencia la emergencia y el vigor inicial.

Es importante destacar que no todas las dosis mostraron el mismo efecto, lo que indica que la respuesta depende de la concentración aplicada y de la especie utilizada. Dosis superiores o inferiores podrían no generar el mismo nivel de estimulación, evidenciando la necesidad de determinar rangos óptimos de aplicación.

En conjunto, los resultados confirman el potencial de *Trichoderma spp.* como bioestimulante en la fase de germinación del cacao bajo condiciones de vivero,

representando una alternativa biotecnológica sostenible para mejorar la producción de plantones en la región evaluada.

- **Germinación de cacao durante los primeros 20 días**

A los 20 días confirman que la aplicación de *Trichoderma spp.* ejerce una influencia significativa y consistente sobre la germinación del cacao, respaldada por un valor de F elevado y un R^2 de 81.32%, lo que indica que la mayor parte de la variabilidad observada se explica por los tratamientos aplicados. El bajo coeficiente de variación (4.34%) evidencia además adecuada uniformidad experimental.

El tratamiento más eficiente fue 1.5 g de *T. asperellum* (T7), seguido de 2 g de *T. harzianum* (T4), lo que sugiere que existen dosis óptimas que maximizan la respuesta fisiológica de la semilla. El efecto positivo podría atribuirse a la producción de metabolitos promotores del crecimiento, mejora en la disponibilidad de nutrientes y posible acción antagonista frente a patógenos del suelo. Sin embargo, dosis mayores no necesariamente incrementaron la germinación, lo que evidencia una respuesta dependiente de concentración.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Giler y Trigero (2020) y Chávez et al. (2020), quienes registraron altos porcentajes de germinación en cacao bajo condiciones favorables, así como con Patiño et al. (2025), quienes obtuvieron 100% de germinación con aplicación de *Trichoderma* en sustratos adecuados. En conjunto, los hallazgos reafirman el potencial de *Trichoderma spp.* como herramienta biotecnológica para optimizar la producción de plantones de cacao en vivero.

- **Germinación de cacao durante los primeros 30 días**

A los 30 días, los resultados consolidan la tendencia observada previamente, mostrando un efecto altamente significativo de *Trichoderma spp.* sobre la germinación del cacao, respaldado por un valor de F elevado (38.46) y un R^2 de 91.93%, lo que indica que la

variabilidad en la germinación se explica principalmente por los tratamientos aplicados. El bajo C.V. (2.76%) demuestra alta confiabilidad y uniformidad experimental.

El tratamiento con 1.5 g de *T. asperellum* (T7) presentó la mayor germinación, seguido de 2 g de *T. harzianum* (T4), confirmando que existen dosis óptimas que maximizan la respuesta fisiológica de la semilla. Las dosis mayores (2.5 g) no mejoraron el desempeño, lo que sugiere una posible saturación o efecto no lineal en la interacción hongo–semilla.

Estos resultados pueden explicarse por la capacidad de *Trichoderma*, especialmente *T. asperellum*, de sintetizar fitohormonas como auxinas, que estimulan la activación metabólica y la ruptura de la testa, además de su acción antagonista frente a fitopatógenos del suelo, reduciendo la competencia microbiana, tal como lo reporta Miguel et al. (2021) en otros cultivos. En conjunto, los hallazgos confirman el papel multifuncional de *Trichoderma* como promotor de una germinación más rápida, uniforme y eficiente en cacao bajo condiciones de vivero.

- **Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* en la longitud de raíces en plantones de cacao.**

Los resultados evidencian un efecto altamente significativo de *Trichoderma spp.* sobre la longitud radicular de plántulas de cacao, respaldado por un valor de F extremadamente elevado y un R^2 de 96.05%, lo que indica que prácticamente toda la variabilidad observada se explica por los tratamientos aplicados. El bajo coeficiente de variación (1.56%) confirma una notable precisión experimental y alta confiabilidad de los datos.

El tratamiento más eficiente fue 1 g de *T. harzianum* (T2), que promovió la mayor elongación radicular, lo que sugiere que dosis moderadas optimizan la estimulación fisiológica del sistema radical. En contraste, concentraciones mayores no incrementaron proporcionalmente el crecimiento, lo que evidencia una respuesta no lineal dependiente de la dosis. Asimismo, aunque *T. asperellum* mostró efectos positivos, su respuesta fue ligeramente inferior en comparación con *T. harzianum* en esta variable específica.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Lucas (2016), quien encontró incrementos significativos en la longitud radicular de cacao tras la aplicación combinada de microorganismos benéficos, destacando el papel de los biofertilizantes en la estimulación del crecimiento radical. En conjunto, los hallazgos confirman que la aplicación estratégica de *Trichoderma*, especialmente en dosis moderadas de *T. harzianum*, favorece el desarrollo radicular, componente clave para una mejor absorción de nutrientes y establecimiento vigoroso en vivero.

- **Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* en longitud de la parte aérea en plantones de cacao**

Los resultados demuestran un efecto altamente significativo de *Trichoderma spp.* sobre la longitud de la parte aérea de los plantones de cacao, sustentado por un valor de F elevado y un R^2 de 97.86%, lo que indica que casi toda la variabilidad observada se explica por los tratamientos aplicados. El bajo coeficiente de variación (2.91%) confirma adecuada precisión experimental y consistencia en los datos.

El tratamiento más eficiente fue 2.5 g de *T. asperellum* (T9), seguido por 1.5 g de *T. asperellum* (T7) y 1 g de *T. harzianum* (T2), evidenciando que la especie y la dosis influyen de manera diferenciada en el crecimiento aéreo. A diferencia de la variable longitud radicular, donde dosis moderadas de *T. harzianum* mostraron mayor efecto, en el crecimiento aéreo destacó una dosis superior de *T. asperellum*, lo que sugiere respuestas fisiológicas específicas según el órgano evaluado.

Estos hallazgos coinciden parcialmente con Lucas (2016), quien reportó diferencias significativas en altura de planta en etapas iniciales tras la aplicación de biofertilizantes, aunque dichas diferencias tendieron a estabilizarse en evaluaciones posteriores. En conjunto, los resultados confirman que *Trichoderma*, particularmente *T. asperellum* en dosis adecuadas, actúa como promotor del crecimiento aéreo en etapas tempranas del cacao, fortaleciendo el vigor inicial de los plantones en vivero.

- **Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* en el diámetro de cacao.**

Los resultados evidencian que la aplicación de *Trichoderma spp.* influyó positivamente en el diámetro del tallo de los plantones de cacao, mostrando una respuesta diferenciada según la especie y la dosis utilizada. El tratamiento con 1 g de *T. asperellum* presentó el mayor engrosamiento, lo que sugiere que dosis moderadas favorecen un equilibrio adecuado entre colonización radicular y estimulación fisiológica del crecimiento.

Se observa que concentraciones mayores no incrementaron proporcionalmente el diámetro, lo que indica una respuesta dependiente de la dosis y posiblemente asociada a la dinámica de interacción hongo–planta. El menor desarrollo en el testigo confirma el efecto promotor de *Trichoderma* en el vigor estructural del plantón.

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Lucas (2016), quien también observó una tendencia favorable en el diámetro del tallo con la aplicación de biofertilizantes en cacao. En conjunto, los resultados refuerzan el papel de *Trichoderma*, especialmente *T. asperellum* en dosis adecuadas, como una alternativa biotecnológica para mejorar la calidad morfológica de plantones en vivero.

- **Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* en la altura total de plantones de cacao.**

Los resultados evidencian que la aplicación de *Trichoderma spp.* promovió de manera clara el crecimiento en altura de los plantones de cacao, observándose una respuesta diferenciada según la especie y la dosis utilizada. El tratamiento con 1 g de *T. harzianum* mostró el mayor efecto estimulante, lo que sugiere que dosis bajas pueden optimizar la interacción hongo–planta, favoreciendo procesos fisiológicos como la producción de fitohormonas y la mejora en la absorción de nutrientes.

Se observa además que incrementos en la dosis no necesariamente generaron mayores alturas, lo que confirma una respuesta dependiente de concentración y posiblemente vinculada al equilibrio entre colonización y demanda metabólica de la planta. El menor crecimiento en el testigo reafirma el papel bioestimulante de *Trichoderma* en condiciones de vivero.

Estos resultados guardan relación con lo reportado por Patiño et al. (2025), quienes también evidenciaron que distintas cepas de *Trichoderma* influyen de manera significativa en la altura de plántulas de cacao, destacando que la eficacia depende de la especie y su adaptación al entorno. En conjunto, los hallazgos refuerzan el potencial de *Trichoderma*, especialmente *T. harzianum* en dosis adecuadas, como herramienta biotecnológica para mejorar el vigor inicial y la calidad morfológica de plantones de cacao en vivero.

- **Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* en el peso fresco de plantones de cacao**

Los resultados evidencian que la aplicación de *Trichoderma spp.* influyó positivamente en el peso fresco de los plantones de cacao, reflejando una mejora en la acumulación de biomasa respecto al testigo. Los tratamientos con 2 g de *T. asperellum* y 1 g de *T. harzianum* mostraron el mayor efecto, lo que sugiere que ciertas dosis específicas optimizan la actividad metabólica y el aprovechamiento de nutrientes durante la fase inicial de crecimiento.

La variación en la respuesta según especie y concentración confirma que el efecto bioestimulante depende del equilibrio entre colonización del sustrato y demanda fisiológica de la planta. Dosis intermedias tendieron a mostrar mejores resultados que concentraciones más elevadas o menores, lo que refuerza la importancia de determinar rangos óptimos de aplicación. El menor peso fresco observado en el testigo reafirma el rol promotor de crecimiento ejercido por *Trichoderma*.

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Patiño et al. (2025), quienes también observaron incrementos en biomasa aérea tras la inoculación con cepas de *Trichoderma*, destacando su potencial como bioestimulante en vivero. En conjunto, los resultados confirman que la inoculación con *Trichoderma*, bajo dosis adecuadas, favorece la acumulación de biomasa y contribuye a la obtención de plantones más vigorosos y competitivos para su establecimiento en campo.

- **Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* en el peso seco de plantones de cacao**

La acumulación de biomasa seca en los plantones evidenció una respuesta marcada a la inoculación con *Trichoderma spp.*, observándose un mayor efecto cuando se aplicó *T. harzianum* en dosis moderada (1 g). Este comportamiento sugiere que concentraciones equilibradas favorecen una estimulación eficiente de los procesos fisiológicos vinculados a la asimilación de nutrientes y a la síntesis de compuestos estructurales, lo que se traduce en mayor materia seca.

Las dosis superiores no mostraron incrementos proporcionales en el peso seco, lo que indica una respuesta dependiente de concentración y posiblemente asociada a la dinámica de colonización del sustrato y la interacción metabólica hongo–planta. El bajo rendimiento del testigo confirma que la presencia del microorganismo contribuye de manera efectiva a mejorar la eficiencia en la conversión de recursos en biomasa.

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Patiño et al. (2025), quienes también observaron incrementos en peso seco aéreo tras la inoculación con cepas de *Trichoderma*, destacando su capacidad para estimular la acumulación de biomasa en diferentes sustratos. En conjunto, se reafirma que la aplicación estratégica de *Trichoderma*, particularmente *T. harzianum* en dosis moderadas, constituye una alternativa biotecnológica viable para mejorar la calidad y vigor de plantones de cacao en vivero

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los resultados de la investigación, se concluye:

- Se pudo determinar que *Trichoderma harzianum* (Rifai) y *Trichoderma asperellum* (Samuels, Lieckf. y Nirenberg) presento un efecto significativo como bioestimulantes de la germinación y crecimiento inicial de plantones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Pucallpa.

- La evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* en la germinación de semillas de cacao evidenció diferencias altamente significativas entre tratamientos. A lo largo de los 10, 20 y 30 días de evaluación, el tratamiento T_7 (1.5 g de *T. asperellum*) se consolidó como el más efectivo, mostrando consistentemente los valores más altos de germinación. Le siguió T_4 (2 g de *T. harzianum*), con resultados favorables en todos los periodos. En contraste, el tratamiento testigo (T_1), sin aplicación de bioestimulantes, presentó los menores porcentajes de germinación, confirmando la eficacia de ambos *Trichoderma*, especialmente *T. asperellum*, en la mejora del proceso germinativo del cacao.

- En relación al efecto de diferentes concentraciones de *Trichoderma harzianum* (Rifai) y *Trichoderma asperellum* (Samuels, Lieckf. y Nirenberg) en el crecimiento inicial de plantones de cacao, se determinó que presentaron un efecto significativo en el desarrollo de plantones de cacao, en comparación con el testigo. El tratamiento T_2 (1 g de *T. harzianum*) mostró el mejor desempeño general, destacando en variables clave como longitud de raíz, altura total, peso seco, y peso fresco. Por su parte, T_6 (1 g de *T. asperellum*) presentó ventajas en el diámetro de tallo, mientras que T_9 (2.5 g de *T. asperellum*) sobresalió en la longitud de la parte aérea. Los

tratamientos T_7 y T_8 también registraron resultados favorables en varias variables, evidenciando la eficacia de dosis moderadas de ambos bioestimulantes. En contraste, el testigo (T_1) fue consistentemente el menos eficiente en todas las mediciones, lo cual confirma la influencia positiva del uso de *Trichoderma* en el fortalecimiento estructural de las plántulas de cacao en vivero.

CAPITULO VII.

RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta los resultados del ensayo, se recomienda:

- Se recomienda integrar *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* en los viveros de cacao como parte del manejo rutinario, ya que han demostrado mejorar significativamente la germinación y el desarrollo inicial de las plantas, superando ampliamente al tratamiento sin bioestimulantes.

- Para favorecer una germinación uniforme y vigorosa, se sugiere el uso de 1.5 g de *T. asperellum*, mientras que, para promover un crecimiento equilibrado de raíces, tallos y biomasa total, es recomendable aplicar 1 g de *T. harzianum*. Esta diferenciación permite un manejo más eficiente y orientado a los resultados deseados.

- Dado que el tratamiento testigo presentó los valores más bajos en todas las variables evaluadas, se desaconseja su uso como único método en la producción de plantones, especialmente si se busca obtener plántulas vigorosas y bien desarrolladas desde etapas tempranas.

- Sería conveniente realizar evaluaciones adicionales en otras regiones cacaoteras del país, considerando las variaciones en clima y tipo de suelo, para confirmar la eficacia de las dosis recomendadas y, si es necesario, ajustar las concentraciones para mejorar los resultados en diferentes contextos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, A. 2018. Efecto del sulfato de cadmio en la germinación y el crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.).

ANECACAO (Asociación Nacional de Exportadores de Cacao). 2015. Exportación ecuatoriana de cacao 2015.

Batista, L. 2009. Guía técnica: el cultivo de cacao (No. F01-41).

Bewley JD, Black M 1994. Seeds: Physiology of development and germination.

Calle Laime, E. E. 2022. Efecto de la aplicación de Trichoderma harzianum en plantines de cacao en la fase inicial de vivero, Estación Experimental de Sapecho (Doctoral dissertation).

Carrión, J. 2012. Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de cacao (Theobroma cacao L.) variedad CCN-51, Jama-Manabí. Grado, Universidad San Francisco de Quito.

Castillo Reyes, F., Castillo Quiroz, D., Sáenz Ceja, J. E., Rueda Sánchez, A., & Sáenz Reyes, J. (2022). Efectos del pretratamiento con Trichoderma y Bacillus en la germinación de semillas de Agave victoriae-reginae T. Moore. Revista mexicana de ciencias forestales, 13(69), 56-72.

Catálogo de la vida 2022. Theobroma cacao subsp. Cacao. World Plants: Synonymic Checklists of the Vascular Plants of the World.

Cedeño Andrade, D. L., Sánchez Vásquez, K. D., & Velásquez Cedeño, S. (2022). Efecto de Trichoderma spp y biochar en plántulas de cacao (Theobroma cacao).

Chávez Giler, J., García Cruzatty, L. C., & Sánchez Trigrero, S. (2020). Germinabilidad y desarrollo inicial de nuevos híbridos intraespecíficos de Theobroma cacao L. Ciencia y Tecnología, 13(2), 31–38. https://doi.org/10.18779/cyt.v13i2.390.

Companioni González, B., Domínguez Arizmendi, G., y García Velasco, R. 2019. Trichoderma: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura. Biotecnología Vegetal, 19(4), 237-248.

COPELAND, L. O.; MC DONALD, M. B. 1995. Seed science and tech-nology. Chapman and Hall. New York, NY. 409 p.

Cravens, D. y Piercy, N. 2007. Marketing Estratégico. Madrid: McGraw-Hill, 590p.

Crozier, S. J., Preston, A. G., Hurst, J. W., Payne, M. J., Mann, J., Hainly, L., y Miller, D. L. 2011. Cacao seeds are a" Super Fruit": A comparative analysis of various fruit powders and products. Chemistry central journal, 5(1), 1-6.

Debnath, S., Chakraborty, G., Dutta, S. S., Chaudhuri, S. R., Das, P., & Saha, A. K. (2020). Potential of Trichoderma species as biofertilizer and biological control on Oryza sativa L. cultivation.

Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. Cultivos tropicales, 31(1), 00-00.

Dostert, N. and J. Roque. 2011. Hoja Botánica: Cacao. Perú Biodiverso: 19.

El productor (2019). Características germinativas de semillas de Theobroma cacao L. (Malvaceae) “cacao”. El Productor. https://elproductor.com/2019/06/caracteristicas-germinativas-de-semillas-de-theobroma-cacao-l-malvaceae-cacao/.

Ezziyyani M, Pérez C, Sid A, Requena ME, Candela ME (2004) Trichoderma harzianum como biofungicida para el biocontrol de Phytophtora capsici en plantas de pimiento (Capsicum annum L.). Anales de biología 26: 35-45.

Felipa, P. B. 2015. La cadena de valor del cacao en Perú y su oportunidad en el mercado mundial.

Fenner M 2000. Seeds the ecology of regeneration in plant communities. Second edition. New York, CABI pubishing. 410 pp.

Finch-Savage WE, Leubner-Metzger G 2006. Seed dormancy and the control of germination. New Phytologist 171, 501-523 Probert RJ (2010) The role of temperature in the regulation of seed dormancy and germination. Chapter 11.

En: Fenner M. Seeds the ecology of regeneration in plant communities. Second edition. CABI Publishinbg. Wallinford U.K. 261- 292 pp.

Fiorentino, N., Ventorino, V., Woo, SL, Pepe, O., De Rosa, A., Gioia, L., ... y Rouphael, Y. (2018). Los bioestimulantes basados en Trichoderma modulan las poblaciones microbianas de la rizosfera y mejoran la eficiencia de la absorción de nitrógeno, el rendimiento y la calidad nutricional de las hortalizas de hoja. Frontiers in Plant Science , 9 , 743.

Ganoza, R.; E. Normando; J. Rojas; U. Olguín; M. Zegarra, M. Moscol y R. Ganoza. 2012. Manual del cultivo de cacao blanco en Piura. Edit. Athenea, comunicación y cultura: Perú.

Giler, J. C., Cruzatty, L. G., y Trigrero, S. S. 2020. Germinabilidad y desarrollo inicial de nuevos híbridos intraespecíficos de Theobroma cacao L. Revista Ciencia y Tecnología, 13(2), 31-38.

Harman GE, Lumsden RD 1990 Biological disease control. En: Lynch JM (ed). The Rhizosphere, pp. 259-280. John Wiley and Sons Ltd, England.

ICCO. 2012. The world cocoa economy: past and present international cocoa organization. EX/146/7. London UK.

Jumbo Merino, Á. C. (2017). Caracterización morfológica del cacao (Theobroma cacao L.) en la cuenca del río Nangaritza, provincia de Zamora Chinchipe [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio Digital UNL. http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/18444

Lema, A. 2013. Historia del cacao en el Ecuador. El cacaotero.

Li, Y. T., Hwang, S. G., Huang, Y. M., & Huang, C. H. (2018). Effects of Trichoderma asperellum on nutrient uptake and Fusarium wilt of tomato. Crop Protection, 110, 275-282.

López Medina, S. E., Mostacero León, J., Gil Rivero, A. E., López Zavaleta, A., y De la Cruz Castillo, A. 2018. Lapso de viabilidad de semillas de Theobroma cacao L. (Malvaceae)" cacao" en condiciones de laboratorio, La Libertad, Perú. Arnaldoa, 25(2), 481-488.

López Medina, S. E., Mostacero León, J., Gil Rivero, A. E., López Zavaleta, A., & De la Cruz Castillo, A. (2018). Lapso de viabilidad de semillas de Theobroma cacao L.(Malvaceae)" cacao" en condiciones de laboratorio, La Libertad, Perú. Arnaldoa, 25(2), 481-488.

López R, Ros M, Pascual JA 2011. Mycoparasitism-related genes expression of Trichoderma harzianum isolates to evaluate their efficacy as biological control agent. Biological Control 56(1): 59-66.

Lucas León, J. A. (2016). Efectos de la asociación Micorrizas más Trichoderma sobre el crecimiento de plántulas de cacao (Theobroma cacao) en viveros, en la zona de Babahoyo (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2016).

Maguire JD, 1962. Speed of germination - Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Sci 2: 176-177. https://doi.org/10.2135/ cropsci1962.0011183X000200020033x.

Martínez B, Infante D, Reyes Y 2013. Trichoderma spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. Revista Protección Vegetal 28(1): 1-11.

Martínez B, Reyes Y, Infante D, González E, Baños H, Cruz A 2008. Selección de aislamientos de Trichoderma spp. candidatos a biofungicidas para el control de Rhizoctonia sp. en arroz. Revista Protección Vegetal 23(2): 118-125.

Martínez E, Pérez L 2015. Incidencia de enfermedades fúngicas en plantaciones de cacao de las provincias orientales de Cuba. Revista de Protección Vegetal 30(2): 87-96.

Mejías, S. H. 2017. Capacidad de Trichoderma spp. como estimulante de la germinación en maíz (Zea mays L.) y frijol (Phaseolus vulgaris L.). Revista de Gestión del Conocimiento y el Desarrollo Local, 4(1), 19-23.

Miguel-Ferrer, L., Romero-Arenas, O., Andrade-Hoyos, P., Sánchez-Morales, P., Rivera-Tapia, J. A., y Fernández-Pavía, S. P. 2021. Actividad antifúngica de Trichoderma harzianum y T. koningiopsis contra Fusarium solani asociado en la germinación y vigor de plántulas de chile Miahuateco. Revista mexicana de fitopatología, 39(2), 228-247.

Mihuta L, Rowe C 1986. Trichoderma spp. as biocontrol agents of Rhizoctonia damping-off of radish in organic soil and comparison of four delivery systems. Phytopathology 76(3): 306-312.

MINAGRI. 2016. Estudio del cacao en el Perú y en el mundo. Dirección de Estudios Económicos eInformación Agraria.Primera Edición. Disponible en: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:GC30WFeu_JMJ:repositorio.minagri.gob.pe/bitstream/handle/MINAGRI/478/cacao.

Monfil, V. O., y Casas-Flores, S. 2014. Molecular mechanisms of biocontrol in Trichoderma spp. and their applications in agriculture. In Biotechnology and biology of Trichoderma (pp. 429-453). Elsevier.

Moreira et ál. 1992. Regras para analise de semese. Ministerio de agricultura e reforma agraria. Brasil -brasilia.

Mosquera, M. 2016. Efectos del fosforo y azufre sobre el rendimiento de mazorcas, en una plantación de cacao (Theobroma cacao L.) ccn-51, en la zona de Babahoyo". Grade, Universidad tecnica de Babahoyo, Babahoyo, Ecuador.

Mostacero, L.; Mejia, F. y T. Gamarra. 2009. Fanerogamas del Perú. GRAFICART (Eds.). Trujillo, Perú.1331p.

Mukhopadhyay, R. y Kumar, D. (2020). Trichoderma: un agente antifúngico beneficioso y perspectivas sobre su potencial mecanismo de biocontrol. Revista Egipcia de Control Biológico de Plagas , 30 (1), 133.

Noroña Bastidas, C. A. 2018. Determinación de la fitotoxicidad del mucilago de la semilla de cacao ccn-51 sobre las malezas en el cultivo de cacao (Bachelor's thesis, Quito: UCE).

Ocampo, Leonardo 2005. El manejo óptimo de la "Enfermedad Holandesa" para Ecuador. En Revista Cuestiones Económicas, Banco Central de Ecuador, Vol. 21, No 3, tercer cuatrimestre, p. 5-46.

Pani, S., Kumar, A. y Sharma, A. (2021). Trichoderma harzianum: una visión general. Bull. Environ. Pharmacol. Life Sci ,

Patiño, M. S. C., Castillo, V. C. R., Cuevas, C. V. M., Rodríguez, J. A. T., & Moreira, A. V. C. (2025). Trichoderma spp. en la propagación sostenible de Theobroma

cacao L. bajo distintos sustratos. Multidisciplinary Collaborative Journal, 3(2), 92-113. DOI: https://doi.org/10.70881/mcj/v3/n2/52.

Pineda JA, Benavides EN, Duarte AS, Burgos CA, Soto CP, Pineda CA, Fierro FJ, Mora ES, Álvarez SE 2017. Producción de biopreparados de Trichoderma spp. una revisión. Revista ICIDCA. Derivados de la Caña 51(1): 47-52.

Poulsen, K. M., Stubsgaard, F., Lauridsen, E. B., y Robbins, A. M. J. 2000. Técnicas para la escarificación de semillas forestales. CATIE, Turrialba (Costa Rica).

Ramírez, G., & Zambrano, B. (2021). Comportamiento agronómico del cacao CCN51 (Theobroma cacao L) usando bioestimulante orgánico a base de extractos de algas marinas. Universidad Técnica de Cotopaxi: http://repositorio. utc. edu. ec/handle/27000/7303.

Rangel Fajardo, M., Córdova Téllez, L., López Andrade, A. P., Delgado Alvarado, A., Zavaleta Mancera, H. A., y Villegas Monter, Á. 2011. Tolerancia a la desecación en semillas de tres orígenes genéticos de cacao (Theobroma cacao L.). Revista fitotecnia mexicana, 34(3), 175-182.

Rodríguez Quilón, I., Adam, G., y Durán, J. M. 2008. Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semillas. Agricultura: Revista Agropecuaria, 78(912).

Rodríguez Quilón, I., Adam, G., y Durán, J. M. 2008. Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semillas. Agricultura: Revista Agropecuaria, 78(912).

Ruiz, E. M., Bardales, E. R. S., y Flores, J. F. 2017. Evaluación del proceso de germinación de tres clones de cacao (Theobroma cacao l.) para ser usado como patrón bajo las condiciones edafoclimáticas del distrito de Manantay-Ucayali-2015. TZHOECOEN, 9(2).

Russo, M., Fernández, M., Kyanko, V., y Pose, G. 2010. Estudio de la efectividad del ácido peracético sobre la reducción de la carga de esporos fúngicos como una estrategia alternativa al control postcosecha de la pudrición causada por mohos en frutas y hortalizas. Universidad Nacional de Quilmes.

Sharma, BL, Singh, SP y Sharma, ML (2012). Biodegradación de residuos de cultivos por especies de Trichoderma en relación con la calidad nutricional del compost preparado. Sugar Tech ,.

Silvila, N., y Álvarez, S. 2013. Producción Artesanal de Trichoderma. Tecnologías agroecológicas para la agricultura familiar.

Stracquadanio, C., Quiles, J. M., Meca, G., & Cacciola, S. O. (2020). Antifungal activity of bioactive metabolites produced by Trichoderma asperellum and Trichoderma atroviride in liquid medium. Journal of Fungi, 6(4), 263.

Suárez, D., y Melgarejo, L. M. 2010. Biología y germinación de semillas. Experimentos en fisiología vegetal, 13-25.

Taiz, L., y Zeiger, E. 2006. Desarrollo de la raíz. En Fisiología Vegetal (pp. 664-669). Castelló de la Plana, España: Universitat Jaume.

Turco, G. (2018). Biología: crecimiento y desarrollo. ISBN 978-987-688-288-0

Velalcazar Ramos, K. A. 2019. Factor sustrato y cobertura en la germinacion y desarrollo inicial de patrones de cacao (Theobroma cacao L.) en vivero, finca experimental La Represa (Bachelor's thesis, Quevedo-UTEQ).

Waizel. S.; B. Waizel; J. Magaña; P. Campos y J. San Esteban. 2012. "Cacao" y chocolate: seducción y terapéutica. Revista Anales Médicos 57(3): 236-245.

Wu, Q., Sun, R., Ni, M., Yu, J., Li, Y., Yu, C., ... & Chen, J. (2017). Identification of a novel fungus, Trichoderma asperellum GDFS1009, and comprehensive evaluation of its biocontrol efficacy. PloS one, 12(6), e0179957.

Yedidia, I., Srivastva, A. K., Kapulnik, Y., & Chet, I. (2001). Effect of Trichoderma harzianum on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. Plant and soil, 235(2), 235-242.

Zafra, G., Moreno-Montaño, A., Absalón, Á. E., & Cortés-Espinosa, D. V. (2015). Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil by a tolerant strain of Trichoderma asperellum. Environmental Science and Pollution Research, 22(2), 1034-1042.

Zhang, F., Huo, Y., Cobb, AB, Luo, G., Zhou, J., Yang, G., ... y Zhang, Y. (2018). El biofertilizante Trichoderma se relaciona con la alteración de la química del suelo, la alteración de las comunidades microbianas y la mejora de la biomasa de los pastizales. Frontiers in microbiology , 9 , 848.

Tuárez Villacís, G. J. (2022). Determinación de la fitotoxicidad de la baba de cacao sobre malezas en el cultivo de cacao CCN-51 (Theobroma cacao L.).

ANEXOS

Anexo 1.

Análisis de varianza del efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma asperellum, en la germinación de semillas de cacao durante los primeros 10 días de evaluación.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamiento	8	1332.9	166.61	16.49	0.00
Error	27	272.8	10.1		
Total	35	1605.6			

C.V: 3.17% **R^2:** 83.01.

Anexo 2.

Análisis de varianza del efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma asperellum, en la germinación de semillas de cacao durante los primeros 20 días de evaluación.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	8	2218.1	277.26	14.69	0.00
Error	27	509.5	18.87		
Total	35	2727.6			

C.V: 4.34% **R^2:** 81.32.

Anexo 3.

Análisis de varianza del efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma asperellum, en la germinación de semillas de cacao durante los primeros 30 días de evaluación.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	8	2350.1	293.757	38.46	0.00
Error	27	206.3	7.639		
Total	35	2556.3			

C.V: 2.76% **R^2:** 91.93.

Anexo 4.

Análisis de varianza del efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma asperellum, en la longitud de raíces de plantones de cacao (Theobroma cacao L.) en Pucallpa.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	8	26.0214	3.25267	13,342.77	0.00
Error	27	0.0066	0.00024		
Total	35	26.0279			

C.V: 1.56% **R^2:** 96.05.

Anexo 5.

Análisis de varianza del efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma asperellum, en longitud de la parte aérea en plantones de cacao en Pucallpa.

Fuente	GL	SC Ajustada	CM Ajustado	Valor F	Valor P
Tratamientos	8	16.0854	2.01068	2373.26	0.00
Error	27	0.0229	0.00085		
Total	35	16.1083			

C.V: 2.91% **R^2:** 97.86.

Anexo 6.

Análisis de varianza del efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma asperellum, en el diámetro de plantones de cacao en Pucallpa.

Fuente	GL	SC Ajustada	CM Ajustado	Valor F	Valor P
Tratamiento	8	0.201556	0.025194	88.63	0.00
Error	27	0.007675	0.000284		
Total	35	0.209231			

C.V: 1.69% **R^2:** 93.48.

Anexo 7.

Análisis de varianza del efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma asperellum, en la altura total de plantones de cacao en Pucallpa.

Fuente	GL	SC Ajustada	CM Ajustado	Valor F	Valor P
Tratamiento	8	51.7678	6.47097	4336.79	0.00
Error	27	0.0403	0.00149		
Total	35	51.8081			

C.V: 3.86% **R^2:** 97.92.

Anexo 8.

Análisis de varianza del efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma asperellum, en el peso fresco de plantones de cacao.

Fuente	GL	SC Ajustada	CM Ajustado	Valor F	Valor P
Tratamiento	8	1.9648	0.2456	571.66	0.00
Error	27	0.0116	0.00043		
Total	35	1.9764			

C.V: 2.10% **R^2:** 98.24.

Anexo 9.

Análisis de varianza del efecto de Trichoderma harzianum y Trichoderma asperellum, en el peso seco de plantones de cacao.

Fuente	GL	SC ajustada	CM ajustada	Valor F	Valor P
Tratamiento	8	0.590339	0.073792	323.97	0.00
Error	27	0.00615	0.000228		
Total	35	0.596489			

C.V: 1.51% **R^2:** 98.17.

ICONOGRAFÍA

Figura 10.

Vista general del área experimental donde se observa los tratamientos y las repeticiones

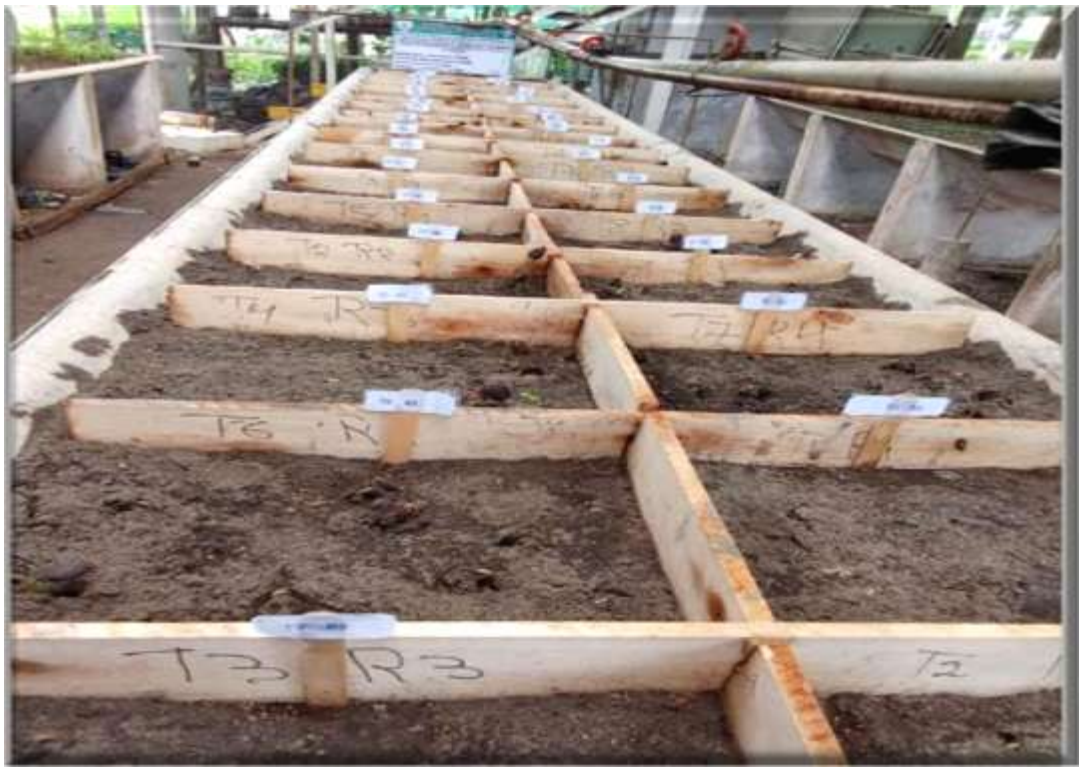


Figura 11.

Primera evaluación de la germinación de cacao



Figura 12.

Segunda evaluación de la germinación en cacao



Figura 13.

Tercera evaluación de la germinación en cacao



Figura 14.

vista general de las semillas de cacao durante el inicio de su germinación



Figura 15.

Riego de los tratamientos y repeticiones de área experimental



Figura 16.

Vista general de la siembra de cacao inoculados con Trichoderma



Figura 17.

Preparación de inoculantes de Trichoderma



Figura 18.

Vista general de Trichoderma harzianum



Figura 19.

Vista general de Trichoderma asperellum

.



Figura 20.

Evaluación biométrica de semillas de cacao



Figura 21.

Plantones de cacao con 20 días después de la siembra

