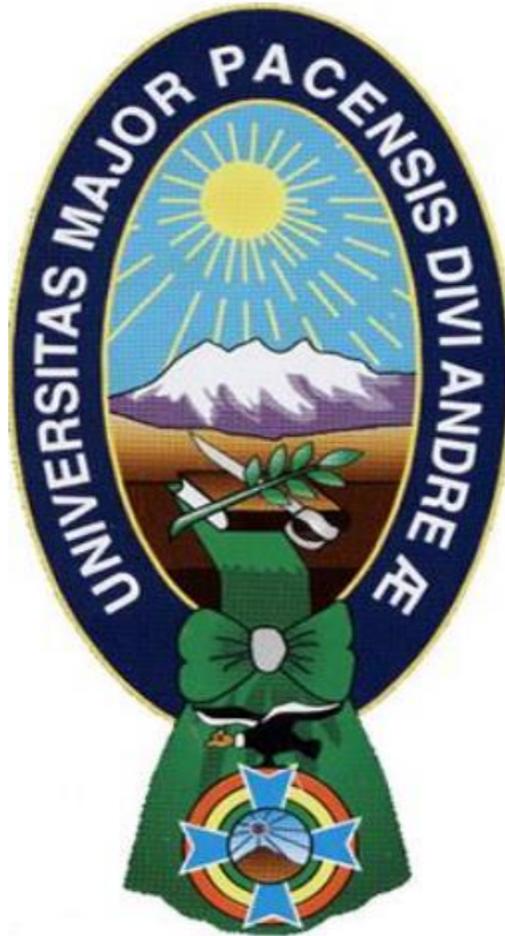


**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE *Trichoderma harzianum* EN PLANTINES DE CACAO EN  
LA FASE INICIAL DE VIVERO, ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE SAPECHO**

**ESTHER ESPERANZA CALLE LAIME**

**La Paz – Bolivia**

**2022**

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE *Trichoderma harzianum* EN PLANTINES DE CACAO  
EN LA FASE INICIAL DE VIVERO, ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE SAPECHO

*Tesis de Grado presentado como requisito  
parcial para optar el título de  
Ingeniero Agrónomo*

ESTHER ESPERANZA CALLE LAIME

**Asesor(es):**

Ing. M. Sc. Freddy Antonio Cadena Miranda

Ing. Marcela Daniela Mollericona Alfaro

**Tribunal Examinador:**

Ing. Lorenzo Quelali Mamani

Ing. Casto Maldonado Fuentes

Ing. M. Sc. Carlos Eduardo Choque Tarqui

APROBADO

**Presidente Tribunal Revisor** \_\_\_\_\_

La Paz – Bolivia

2022

## **DEDICATORIA**

A mis padres Andrés Calle, Natividad Laime y a mis hermanos por todo el apoyo brindado.

A mi esposo Milton Arzabia por todo la comprensión, colaboración y sobre todo por el amor incondicional brindado.

A mi querida hija Sheyla Daniela Arzabia Calle por ser mi fuerza de seguir adelante, por ese cariño y amor que me brinda cada momento.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecida con Dios, por todas las bendiciones de tomar la carrera de Ingeniería Agronómica y desarrollar el presente trabajo.

Agradecimiento a mi casa superior de Estudios, la Universidad Mayor de San Andrés por la oportunidad y la formación profesional que me brindaron.

Un agradecimiento especial a mis Asesores de Tesis, Ing. Freddy Antonio Cadena Miranda e Ing. Marcela Daniela Mollericona Alfaro, por su guía y tiempo en la presente investigación.

A Ing. Lorenzo Quelali Mamani, Ing. Casto Maldonado Fuentes y Ing. Carlos Eduardo Choque Tarqui revisores de tesis, por sus valiosos apoyos en la redacción y corrección del documento final.

Agradecimiento a la Estación Experimental Sapecho, por permitirme llevar a cabo la fase de campo en los predios de la misma.

Y por último a mis amigos/as que me acompañaron durante toda la formación académica: Hungría Tonconi, Alexis Negrete, Magaly Condori, German Mamani, María Fernanda Huasco, Vladimir Ticona, Luis Alfredo Espejo, Melisa Villanueva, María Magdalena Calle Miranda, Maheva Luz Poma, Reynaldo Calle Miranda, Andrés Manzaneda y Luis Adolfo Chocata.

## INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general .....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
2.3. Hipótesis.....	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1. Cultivo de cacao .....	4
3.1.1. Origen e historia del cacao .....	4
3.2. Grupos genéticos del cacao .....	6
3.2.1. Características del Cacao Nacional Boliviano.....	6
3.2.2. Características de variedades híbridos (IMC 67) .....	7
3.3. Morfología de la planta de cacao .....	8
3.4. Etapas de desarrollo.....	11
3.5. Formas de propagación.....	11
3.5.1. Selección de plantas madres.....	12
3.5.2. Selección del fruto y semillas.....	12
3.5.3. Conservación de la semilla .....	12
3.6. Tipos de siembra .....	15
3.7. Labores culturales del vivero o mantenimiento .....	16
3.7.1. Riego.....	16
3.7.2. Deshierbe y limpieza de pasillos.....	16
3.7.3. Plagas y enfermedades de plantines .....	17
3.8. Características del hongo <i>Trichoderma harzianum</i> .....	18
3.8.1. Taxonomía y morfología .....	18
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
4.1. Localización.....	23
4.1.1. Ubicación geográfica .....	23
4.2. Materiales y equipos.....	24
4.2.1. Material campo .....	24
4.3. Propagación de microorganismos biocontroladores.....	26
4.4. Métodos.....	27
4.4.1. Diseño estadístico .....	27

4.4.2.	Modelo lineal aditivo .....	28
4.4.3.	Croquis experimental.....	29
4.4.4.	Análisis estadístico .....	29
4.5.	Procedimiento experimental .....	29
4.5.1.	Toma de datos.....	32
4.5.2.	Análisis de suelos.....	33
4.6.	Variables de respuestas .....	33
4.6.1.	Altura de la planta (cm).....	33
4.6.2.	Diámetro de tallo (mm) .....	33
4.6.3.	Número de hojas .....	33
4.6.4.	Área foliar (cm <sup>2</sup> ).....	33
4.7.	Análisis económico .....	34
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
5.1.	Análisis físico-químico del sustrato .....	34
5.2.	Variables Agronómicas.....	36
5.1.1.	.....	37
5.1.2.	Diámetro de tallo (mm).....	38
5.3.	Costos de producción.....	55
6.	CONCLUSIONES.....	57
7.	RECOMENDACIONES.....	58
8.	BIBLIOGRAFIA.....	59
9.	ANEXOS.....	1

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características de Cacao Foráneo (IMC-67) .....	7
Cuadro 2. Comparación de los sistemas de propagación en cacao .....	11
Cuadro 3. Taxonomía de <i>Trichoderma harzianum</i> .....	19
Cuadro 4 Características de Cacao Foráneo (IMC-67) .....	25
Cuadro 5 Características de Cacao Nacional Boliviano (CNB) .....	25
Cuadro 6 Formulación de los tratamientos, número de unidades experimentales y total de plantas evaluadas .....	28
Cuadro 7 Croquis experimental .....	29
Cuadro 8 Interacción de factores de cada tratamiento .....	29
Cuadro 9. Análisis físico-químico del sustrato .....	35
Cuadro 10. Análisis de varianza durante el periodo de 105 días para la altura de la planta (cm) .....	37
Cuadro 11 Análisis de varianza durante todo el periodo de tiempo en diámetro de tallo (mm) .....	39
Cuadro 12. Análisis de varianza durante todo el periodo de tiempo en número de hojas .....	40
Cuadro 13. Análisis de varianza durante todo el periodo de tiempo en área foliar (cm <sup>2</sup> ) .....	41
Cuadro 14 Análisis de varianza para altura de planta (cm) evaluada a los 105 días después del repique .....	42
Cuadro 15. Prueba Duncan (5%) del Factor Porta injertos T. harzianum .....	42
Cuadro 16 Prueba Duncan al (5%) del Factor Dosis de T. harzianum .....	43
Cuadro 17. Prueba Duncan (5%) Interacción Porta injerto por Dosis para la variable Altura de planta (cm) T. harzianum .....	44
Cuadro 18. Análisis de varianza para diámetro de tallo (mm) evaluada a los 105 días después del repique .....	47
Cuadro 19. Prueba Duncan (5%) del Factor Porta injertos T. harzianum .....	47
Cuadro 20. Prueba Duncan al (5%) del Factor Dosis de T. harzianum .....	48
Cuadro 21. Prueba Duncan (5%) Interacción Porta injerto por Dosis para el variable Diámetro de tallo (mm) T. harzianum .....	49
Cuadro 22. Análisis de varianza para número de hojas evaluada a los 105 días después del repique .....	51
Cuadro 23. Prueba Duncan al (5%) del Factor Dosis de T. harzianum .....	51
Cuadro 24. Análisis de varianza para área foliar de la hoja evaluada a los 105 días después del repique .....	53

Cuadro 25. Prueba Duncan al (5%) del Factor Dosis de <i>T. harzianum</i> .....	54
Cuadro 26. Prueba Duncan (5%) Interacción Porta injerto por Dosis para el variable Área foliar de la hoja $\text{cm}^2$ <i>T. harzianum</i> .....	54
Cuadro 27. análisis de beneficio/costos de los tratamientos .....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación.....	23
Figura 2 Semillas de Cacao Nacional Boliviano, Estación Experimental Sapecho .....	26
Figura 3 Semillas preparadas en cama de aserrín.....	31
Figura 4 Semilla de Var. IMC 67 germinadas.....	31
Figura 5 Semilla cacao nacional germinadas.....	32
Figura 6 Humedad media de mayo a agosto .....	36
Figura 7 Humedad de vivero de mayo a agosto.....	36
Figura 8 Evaluación de la variable altura de planta.....	38
Figura 9 Evaluación del variable diámetro de tallo (mm).....	39
Figura 10 Evaluación del variable número de hojas.....	40
Figura 11 Evaluación del variable Área foliar de la hoja.....	41
Figura 12 Altura de planta (cm) de Porta injertos .....	42
Figura 13 Altura de planta (cm) de Dosis.....	43
Figura 14 Altura de planta de interacción Porta injerto – Dosis .....	44
Figura 15 Diámetro de tallo (mm) de Porta injertos.....	47
Figura 16 Diámetro de tallo (mm) de Dosis.....	48
Figura 17 Diámetro de tallo (mm) de interacción Porta injerto – Dosis.....	49
Figura 18 Número de hojas de Dosis.....	52
Figura 19 Área foliar de la hoja cm <sup>2</sup> de Dosis.....	54
Figura 20 Área foliar de la hoja cm <sup>2</sup> de interacción Porta injerto – Dosis.....	55

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 Fotografías .....	1
ANEXO 2 Datos de altura de planta (cm) a los 105 días de evaluación .....	1
ANEXO 3 Datos de diámetro de tallo (mm) a los 105 días de evaluación .....	2
ANEXO 4 Datos de número de hojas a los 105 días de evaluación .....	2
ANEXO 5 Datos de área foliar de la hoja (cm <sup>2</sup> ) a los 105 días de evaluación .....	2
ANEXO 6 Cálculo de costos de producción .....	2
ANEXO 7 Cálculo de té de estiércol por tratamiento.....	2
ANEXO 8 Cálculo de costos de mano de obras.....	3
ANEXO 9 Análisis de varianza para altura de la planta (cm) evaluada a los 45 días después de la siembra .....	3
ANEXO 10 Análisis de varianza para altura de la planta (cm) evaluada a los 60 días después de la siembra .....	3
ANEXO 11 Análisis de varianza para altura de la planta (cm) evaluada a los 75 días después de la siembra .....	3
ANEXO 12 Análisis de varianza para altura de la planta (cm) evaluada a los 90 días después de la siembra .....	4
ANEXO 13 Análisis físico químico del suelo .....	5

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el vivero de la Estación Experimental de Sapecho, dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, con el fin de evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* en diferentes dosis de aplicación (0%, 80%, 100% y 120%) en dos tipos de portainjertos de cacao (*Theobroma cacao* L.) (Nacional Boliviano y Foráneo IMC-67). El diseño experimental utilizado fue el completamente al azar (DCA), evaluándose dos factores: Factor A= tipos de portainjertos, Factor B= dosis, en la cual se estableció 2 testigos y 6 tratamientos, con 3 réplicas cada uno. Las variables evaluadas fueron: Altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y área foliar de la hoja, empleándose un análisis de varianza y su respectiva prueba de Duncan al 5% donde se obtuvieron los siguientes resultados para la variable altura de planta (cm) a la primera evaluación no se observaron diferencias significativas pero a los siguientes días 30, 45, 60, 75, 90 y 105 días se obtuvieron resultados altamente significativos para los dos factores en estudio con un promedio de 41.14 cm, en cacao foráneo y cacao nacional boliviano con 35.68 cm, con la dosis 120%. Para diámetro de tallo (mm) en el mismo periodo de tiempo de evaluación también se obtuvieron diferencias altamente significativas y significativas para los dos factores en estudio con un promedio de 6.98 mm, en cacao foráneo y cacao nacional boliviano con 6.57 mm, correspondiente a la dosis 120%. De acuerdo con el número de hojas se obtuvieron resultados variados, no se observaron diferencias durante la mayor parte de la evaluación a excepción a los 105 días se observa diferencias altamente significativas para factor dosis de 120%. Finalmente, la evaluación del área foliar se obtuvo resultados altamente significativos para el factor dosis e interacción portainjerto por dosis en plantines de cacao.

## SUMMARY

The present research work was carried out in the nursery of the Sapecho Experimental Station, under the Faculty of Agronomy of the Universidad Mayor de San Andrés, in order to evaluate the effect of *Trichoderma harzianum* at different application rates (0%, 80%, 100% and 120%) on two types of cocoa rootstocks (*Theobroma cacao* L.) (Nacional Boliviano and Foráneo IMC-67). The experimental design used was completely randomized (DCA), evaluating two factors: Factor A = type of rootstock, Factor B = dose, in which 2 controls and 6 treatments were established, with 3 replicates each. The variables evaluated were: plant height, stem diameter, number of leaves and leaf area of the leaf, using an analysis of variance and its respective Duncan test at 5% where the following results were obtained for the variable plant height (cm) at the first evaluation no significant differences were observed but at the following days 30, 45, 60, 60, 75, 90 and 105 days highly significant results were obtained for the two factors under study with an average of 41.14 cm, in foreign cocoa and Bolivian national cocoa with 35.68 cm, with the 120% dose. For stem diameter (mm) in the same period of time of evaluation, highly significant and significant differences were also obtained for the two factors under study with an average of 6.98 mm, in foreign cocoa and Bolivian national cocoa with 6.57 mm, corresponding to the 120% dose. According to the number of leaves, varied results were obtained; no differences were observed during most of the evaluation, except at 105 days, where highly significant differences were observed for the 120% dose factor. Finally, the evaluation of leaf area showed highly significant results for the dose factor and rootstock by dose interaction in cocoa seedlings.

## 1. INTRODUCCIÓN

En Bolivia la oferta del cacao empezó a partir de la segunda mitad del siglo XX, a través del Instituto Nacional de Colonización en parcelas de Beni, Santa Cruz y Cochabamba, con diferentes variedades introducidas que provinieron de Ecuador, Costa Rica y Trinidad Tobago, en las cuales no se adaptaron a las condiciones de clima. Posteriormente en los años 70, se trabajó en el norte de La Paz juntamente con el apoyo de la Corporación Alemana, donde se lograron buenos resultados (Quispe et al. 2016).

Es por eso que desde entonces se impulsó la producción de cacao híbrido en la cooperativa el Ceibo, en cual se establecieron los primeros sistemas agroforestales en la región de Alto Beni con la producción del cacao (La cadena de valor del cacao en América Latina y el Caribe, 2019).

Según Maldonado y Cruz (2015) mencionan que la región de Alto Beni se caracteriza como zona productora de cacao (*Theobroma cacao* L.) con un 85% de la producción nacional, cultivo identificado en el plan de Desarrollo Regional para el Norte de La Paz, como uno de los cuatro rubros productivos con potencial para el desarrollo, los precios buenos de este productivo en los años y la seguridad de los mercados nacionales e internacionales de gran interés económico, beneficiando a 10,000 familias que cultivan en Alto Beni.

En la actualidad el Municipio de Palos Blancos perteneciente a la Región de Alto Beni, se encuentra la Estación Experimental de Sapecho, de la U.M.S.A. conjuntamente con la cooperativa EL CEIBO Ltda, multiplican semillas híbridas, polinizadas en la cual producen plantines injertados y garantizados para la venta hacia el agricultor, siendo en ese sentido el cultivo importante de cacao en la localidad.

El cacao de Alto Beni tradicionalmente se establece con plantas de vivero usando semilla sexual producida en bolsas de polietileno y tierra acopiada del mismo lugar. La planta debe permanecer en la bolsa al menos un año, antes de su trasplante, produciendo deformación en la raíz y reduciendo el crecimiento de la planta. Sin embargo, plantas producidas con tierra como sustrato requieren de seis a siete meses para llegar al diámetro apto (7 milímetros) para ser injertada (Calle, 2005 citado por Cahuana 2021).

La misma autora señala utilizando diferentes residuos vegetales y animales con valor nutricional para las plantas que se encuentra a disposiciones de los productores de la región

mejora la fertilidad de suelos, aumenta el desarrollo de las plantas, listos para la injertación, reduciendo los costos de producción.

*Trichoderma harzianum* como 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). Por sus características de antagonismo en condiciones naturales, se comporta como hiperparásito frente a diversos patógenos, atacando directamente y produciendo la ruptura del micelio de los hongos productores de enfermedades de las plantas (Centro de Educación y Tecnología (CET), 2004).

En el presente estudio se evaluó el efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* con diferentes dosis: 0%, 80%, 100% y 120%, con una mezcla de té de estiércol rico en nutrientes y microorganismos, en dos tipos de porta injertos de plantines de cacao variedades: IMC-67 y Cacao Nacional Boliviano en la fase inicial de vivero.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum*., en la producción inicial de plantines de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el vivero de la Estación Experimental Sapecho.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto de tres dosis de *Trichoderma harzianum* en la producción inicial de porta injertos de cacao en vivero.
- Determinar el efecto de *Trichoderma harzianum* sobre la producción de dos tipos de porta injertos cacao en la fase inicial del vivero.
- Analizar los costos parciales de producción de plantines de cacao entre los tratamientos en estudio.

### **2.3. Hipótesis**

Ho = Las diferentes dosis aplicadas de *Trichoderma harzianum* no tienen efecto sobre la producción inicial en dos tipos de porta injertos de cacao.

Ha = Las diferentes dosis aplicadas de *Trichoderma harzianum* si tienen efecto sobre la producción inicial en dos tipos de porta injertos de cacao.

### **3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. Cultivo de cacao**

##### **3.1.1. Origen e historia del cacao**

###### **3.1.1.1. Origen del cacao**

El cacao es una planta originaria de América que se encontraba de manera natural en el bosque de la cuenca amazónica de Sur América. Algunos autores indican que el cultivo de cacao se inició en México, América Central y señalan al mismo tiempo que los españoles no lo vieron cultivado en América del sur cuando arribaron a este continente, lo encontraron creciendo en forma natural en muchos bosques a lo largo de los ríos Amazonas y Orinoco y sus afluentes, donde aún hoy existen tipos genéticos de un alto valor (Quispe *et al.* 2016).

El cacao es un cultivo tropical se desarrolla en latitudes entre los 10°N y 10°S del Ecuador, está ampliamente distribuido en África, Asia, Oceanía Y América en plantaciones destinadas a producir esencialmente sus granos y almendras y son utilizadas a la producción de chocolates y grasas por industrias alimentarias o cosmetológicas. El cacao es una especie del genero *Theobroma*, de familia de las malvaceae, la cual cuenta con más de 22 especies, originaria de Sudamérica y domesticado en Mesoamérica (Arvelo *et al.* 2017).

Según Sánchez *et al.* (2017) es originaria de Sudamérica y domesticada en Mesoamérica, el cacao es un cultivo tropical que se desarrolla en las latitudes comprendidas entre los 10°N y 10°S del ecuador, está ampliamente extendido en África, Asia, Oceanía y América en plantaciones destinadas a producir esencialmente sus granos o almendras y que son utilizadas principalmente para la producción de chocolates y grasas por industrias alimentarias, el sistema tradicional existen tres cultivares que se desprenden las variedades, híbridos y clones que hoy se siembran a nivel mundial: los denominados criollos, forasteros y trinitarios.

###### **3.1.1.2. Historia del cacao en Bolivia**

La explotación del cacao en Bolivia, no tuvo el mismo nivel de desarrollo ni se conformó bajo el sistema de hacienda cacaotera como ocurrió en otros países sudamericanos como Brasil y Ecuador. En Bolivia, la importancia del cacao se limita a niveles locales, sin dejar de ser una fuente importante de ingresos económicos para las familias, especialmente de las regiones de cultivo y otras que participan en la transformación, comercialización en los mercados urbanos (Carrasco y Chali, 2008).

Según el mismo autor menciona en Alto Beni en el departamento de La Paz, donde, la investigación conjuntamente con la colonización (impulsado por el Instituto Nacional de Colonización) que desarrollaron el cultivo del cacao hasta convertirse en la región con mayor

capacidad productiva en Bolivia, con mayor volumen cosechado y con un record de exportación sobresaliente. La consolidación territorial de esta especialización está muy relacionada a un actor que le dio continuidad a la gestión técnica y económica del cacao, como la Central de Cooperativas “El Ceibo”.

En Bolivia se introdujo cacao amazónico y trinitario en Alto Beni y Chapare en 1961, y el cacao “criollo” o nacional ya existía, el cual fue expandido por el Instituto Nacional de Colonización (INC), el material vegetal de cacao fue traído desde Ecuador y Perú: posteriormente a la Estación Experimental Sapecho, donde fueron distribuidas a los productores (Quispe *et al.* 2016).

Vicepresidente del Estado Plurinacional de Bolivia, realizó el lanzamiento del Programa Nacional de “Fortalecimiento de la Producción de cacao” en municipio de Alto Beni, con la presencia de organizaciones campesinas, indígenas de cinco departamentos (La Paz, Cochabamba, Pando, Beni, Santa Cruz). Donde está presente en 55 municipios y en 661 comunidades durante próximos cinco años (2016-2020), el programa brindará asistencia técnica e insumos de 8.200 agricultores productores de cacao ecológico y silvestre (García, 2016).

Según el mismo autor menciona, fue liderado por el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT) juntamente con el apoyo de la Organizaciones de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y otros organismos de cooperación. Con el objetivo de desarrollar el potencial productivo del cacao cultivado y silvestre incrementado su producción y generando mayores ingresos económicos para los productores y recolectores.

El Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) invierte 40.400.000 bolivianos para la construcción de dos centros de Innovación de cacao cultivado y silvestre en los departamentos La Paz y Beni, con el objetivo de contribuir a los procesos de Investigación, Innovación tecnológica para potenciar la productividad y calidad del cacao en zonas productoras del país. Además, INIAF ejecuta dos proyectos, uno vinculado al desarrollo de tecnologías para mejorar la productividad como calidad de cacao y el otro relacionado a la implementación de dos centros de Innovación que tienen como objetivo el desarrollo de investigaciones, tecnologías para tratar el cacao cultivado en el municipio de Palos Blancos (INIAF. 2021).

### **3.1.1.3. Sector cacaotero de Alto Beni**

De acuerdo con Calle (2005) los cacaotales se establecieron usando híbridos resistentes a la escoba de bruja (*Crinipellis pernicioso*) traídas del Banco de Germoplasma de la Universidad de West Indies de Trinidad y Tobago y producidas en el vivero del kilómetro 71 (La Alborada), Área 1 del Alto Beni.

En el vivero Sapecho hoy conocido como Estación Experimental Sapecho (E.E.S.) donde se introdujeron en 1964, semillas y varetas de cacao clonal procedentes de Ecuador y la Isla de Trinidad y Tobago (Zeballos y Terrazas, 1970). En la cual se realiza diferentes estudios mediante investigaciones como fortalecimientos de conocimientos para el buen manejo del cultivo de cacao en la Estación Experimental de Sapecho.

El ceibo se fundó el 5 de febrero del año 1977, con 12 cooperativas de base del Alto Beni, donde están actualizados existentes con una organización de 48 cooperativas afiliadas, con más de 1300 familias productoras del cacao orgánico, en el cual resurgió el interés en cultivar cacao gracias al aumento en los precios Bs. 420 por quintal (Somarriba et al. 2002) en diciembre 2001, y en 2016 el quintal en Bs 680 el cacao orgánico de primera calidad, los agricultores ven actualmente en el cacao orgánico es una alternativa económicamente atractiva (Condori, 2017).

## **3.2. Grupos genéticos del cacao**

### **3.2.1. Características del Cacao Nacional Boliviano.**

La variedad cacao nacional ha sido por mucho tiempo perteneciente a los forasteros. Sin embargo, algunos autores demuestran que el cacao nacional es genéticamente diferente al forastero, criollo y trinitario; donde es originario de zonas Amazónicas. Las mezclas de los híbridos naturales, que forman parte de este complejo, se iniciaron a fines del siglo XIX y comienzos del siglo XX, con la introducción de cacao venezolano, tipo trinitario (Osorio, 2010).

El Cacao Nacional Boliviano (CNB) encontradas en Bolivia, en condiciones silvestres, tiene las siguientes características: mazorca inmadura de color verde, frutos pequeños de forma alargadas, ápice del fruto de punta pequeña, superficie de la mazorca ligeramente rugosa con 10 surcos bajos, semillas pequeñas de color púrpura, y sin segmentación en el filamento del estambre de la flor y es poco atacado por las enfermedades (escoba de bruja, mazorca negra y moniliasis), se podría decir que es tolerante (Mamani, 2018).

### 3.2.2. Características de variedades híbridos (IMC 67)

De acuerdo con la Empresa Consultora Proyecto de cooperación UE-PERÚ en materia de Asistencia (2008), en muchos países se han distribuido numerosos clones seleccionados por su productividad, resistencia y/o tolerancia a las enfermedades o bien por su calidad organoléptica. En nuestro país se ha observado en pequeñas áreas y en contadas oportunidades, presencia de clones ICS (ICS -1, ICS - 6 e ICS - 95), UF (UF - 613), Forasteros del Alto Amazonas (IMC - 67), y el clon TSH - 565, como clones acompañantes al clon CCN-51 y en muy baja proporción, al interior de las plantaciones clonales y algunas selecciones del agricultor.

El mismo autor indica que en 1962, la EEA -TM en base a sus resultados de investigación, se recomienda el uso de semilla híbrida de cruces 'Forastero' x 'Trinitario', donde intervienen como progenitores los clones 'Forasteros': SCA 6, SCA 12, POUND 7, POUND 16 e IMC - 67, y como clones 'Trinitarios': ICS-1, ICS-6 y UF – 613. Pocos años después en la E.E.-Tulumayo, se seleccionaron y recomendaron los híbridos SCA 6 x IMC 67; SCA 6 x ICS 1 y SCA 6 x ICS 6, para su siembra comercial.

#### ➤ IMC – 67

En el siguiente Cuadro se mencionan las principales características del cacao foráneo IMC-67:

**Cuadro 1. Características de Cacao Foráneo (IMC-67)**

<b>Clon IMC – 67 (Iquitos Marañon Coleccion)</b>	
<b>Origen</b>	Perú
<b>Vigor</b>	Vigorosa
<b>Grupo genético</b>	Forastero – AA
<b>Tamaño del fruto</b>	Grande
<b>Forma del fruto</b>	Alargado
<b>Tamaño de la semilla</b>	Mediana
<b>Número de semillas</b>	35 – 65
<b>Compatibilidad:</b>	Auto incompatible
<b>Calidad organoléptica</b>	Corriente o básico
<b>Reacción a Enfermedades</b>	Monilia : Tolerante
	Escoba de Bruja : Susceptible
	Phytophthora : Tolerante
	Ceratostyis : Tolerante
	Rosellinia : Susceptible

**Fuente:** Elaborado en base a Calle (2005)

### **3.3. Morfología de la planta de cacao**

- **Raíz**

La planta de cacao tiene una raíz principal pivotante muy profunda que puede llegar a medir hasta 1 m de profundidad. Si se siembra las plantas con la raíz torcida el árbol se desarrollará de manera anormal y su producción será baja y a futuro tendrá que cambiar la planta. En las plantas de propagación clonal no hay raíz pivotante sino varias raíces principales y proliferan cerca de la superficie formando así una cabellera compacta que fija la planta al suelo por tal motivo no se debe dejar descubierto el pie de los árboles (Gutiérrez, 2012).

La raíz puede alcanzar una profundidad de 1.5 hasta 2.0 metros, caracterizado pivotante, con raíces laterales se encuentran en los primeros 30 cm del suelo alrededor de la planta y puede alcanzar hasta 5 – 6 de longitud horizontal (Mamani, 2018).

- **El árbol**

La planta proviene de semilla que produce un tallo erecto el cual puede llegar a medir de 1 m a 1,50 m de altura, de este emergen las ramas en número de 3 a 5 con un crecimiento horizontal formando el llamado abanico o horqueta. Una vez formado la horqueta la yema terminal se elimina, y el siguiente crecimiento vertical ocurre por un chupón que sale de la parte inferior de la horqueta y asciende para luego repetir de la misma manera unos centímetros más arriba, la ramificación del tallo principal y forma un segundo estrato (Gutiérrez, 2012).

- **Tallo**

El tallo en su primera fase de crecimiento es ortotrópico (vertical), que perdura por 12-15 meses. Luego, este tipo del crecimiento se interrumpe para dar lugar a la aparición de 4 - 5 ramitas secundarias denominada “horqueta”, que crecerán de forma plagiotrópica (horizontal). Debajo de la horqueta aparecen con frecuencia brotes ortotrópicos verticales, denominados “chupones” que dan lugar a nuevas horquetas y este evento puede repetirse por 3 a 4 veces consecutivas en el tiempo (García, 2007).

El tallo erecto el cual puede llegar a medir de 1 m a 1,50 m de altura, de este emergen las ramas en número de 3 a 5 con un crecimiento horizontal formando el llamado abanico u horqueta. Una vez formado la horqueta la yema terminal se elimina, y el siguiente crecimiento vertical ocurre por un chupón que sale de la parte inferior de la horqueta y asciende para luego repetir de la misma manera unos centímetros más arriba, la ramificación del tallo principal y forma un segundo estrato (Torres, 2012).

- **La hoja**

En los árboles adultos las hojas son de color verde oscuro y delgado, de tamaño mediano y son de textura firme, se encuentran unidas a las ramas por el peciolo. El peciolo tiene una hinchazón llamado yema de donde se origina ramas que se usan para los injertos (Gutiérrez, 2012).

Las hojas son de color verdes oscuros brillantes durante todo el año, el ciclo de renovación es de 8 semanas, son lanceoladas, bordes enteros y puede llegar a medir 20 cm de largo (Mamani, 2018).

Las hojas son enteras, de 15 – 50 cm de longitud y de 5 – 20 cm de ancho, con ápice acuminado o romo; simétricas en el brote ortotrópico y asimétricas en las ramas plagiotrópicas. La forma del limbo puede ser: elíptica, ovada o abobada, con peciolo que presentan dos engrosamientos, denominados “pulvínulos”, uno en la inserción con el tallo, y otro en la inserción con el limbo foliar, (Benito, 1991). Los brotes tiernos generalmente presentan pigmentación antocianina, con excepción de árboles mutantes que son completamente des pigmentados (Empresa Consultora “Proyecto de cooperación UE-PERÚ en materia de asistencia, 2008).

- **Las inflorescencias**

Las flores del cacao se producen en los tejidos adultos del tronco y en las ramas que poseen. Se agrupan en inflorescencias conocidas como cima dicasiforme, comúnmente llamado cojín o cojinete floral, un solo cojinete puede albergar entre 40 y 60 flores. Generalmente la floración inicia a partir del tercer año en un árbol de semilla corriente, sin embargo, puede aparecer la floración entre los primeros 14 a 16 meses, para un árbol producido vegetativamente (Osorio, 2010).

- **Las flores**

Las plantas de cacao son caulifloras que quiere decir las flores brotan y los frutos brotan en las partes más viejas de la planta como ser en el tronco, ramas desprovistas de las hojas, por tal motivo hay que tratar de no dañar la base de los cojines florales para así mantener buena producción (Gutiérrez, 2012).

Según el mismo autor también expresa que las flores del cacao son hermafroditas es decir posee ambos sexos, “su fórmula es  $S_5, P_5, E_5 + 5, G(5)$ ; lo que significa cinco sépalos, cinco pétalos, diez estambres en dos grupos o verticilos de los cuales solo uno es fértil y un ovario superior de cinco carpelos fundidos.

Como expresa García (2017), las flores, son hermafroditas, pentámeras (5 sépalos, 5 pétalos, 5 estaminodios, 5 estambres, y 5 lóculos por ovario); completas (todos sus verticilos florales) y perfectas (con androceo y gineceo). Las flores aparecen en el tronco en forma solitaria o en grupos denominados “cojines florales” con un diámetro que oscila entre 1 - 1.5 cm de longitud.

- **El fruto**

De acuerdo con Gutiérrez (2012), los frutos son una baya de diferentes tamaños, colores y formas según la variedad, de tamaño aproximado de 30 cm de largo, ancho 10 cm, lo cual contiene de 20 a 40 semillas y están rodeadas de pulpa en forma de integumento externo del ovulo.

Según el mismo autor, las mazorcas maduras no se abren solas para esparcir así las semillas, ni se desprenden del árbol por lo cual muchas veces se pueden en el mismo árbol dificultando así la diseminación natural, solo puede realizarse la diseminación por medio de animales. Estas se encuentran dentro del fruto. El número, tamaño y forma de las semillas dependerá de la variedad. Las semillas son de forma aplanada o redonda de 2 cm a 4 cm de tamaño, están ubicadas en cinco hileras dentro del fruto.

Los frutos son bayas con tamaños que oscilan de 10 – 42 cm, de forma variable (oblonga, elíptica, ovada, esférica y oblata); de superficie lisa o rugosa, y de color rojo o verde al estado inmaduro, según los genotipos. El ápice puede ser agudo, obtuso, atenuado, redondeado, apezonado o dentado; la cáscara gruesa o delgada, y los surcos superficiales o profundos, el epicarpio y el endocarpio son carnosos estando separados por un mesocarpio fino y leñoso (Empresa Consultora “Proyecto de cooperación UE-PERÚ en materia de asistencia, 2008).

- **La semilla**

La semilla o pepas de cacao nacional boliviano llegan a medir una longitud promedio de 15 – 30 mm, el ancho de 8 – 29 mm, el grosor de 5- 15 mm, con cotiledones blancos o pigmentados y que tiene formas muy variadas (Mamani, 2018).

La semilla está rodeada de una envoltura arilar blancuzca y azucarada. El arilo está compuesto por parénquima, la testa es gruesa y coriácea con la cutícula dura, el embrión se forma de dos grandes cotiledones que encierra una pluma pequeña, se encuentran las sustancias en los cotiledones son las que constituyen el producto comercial. Las más abundantes son las grasas, que forman el 20 al 50% de la semilla, las semillas tienen proteínas 10 a 12% del peso, fibras, agua y otras sustancias (Torres, 2012).

### 3.4. Etapas de desarrollo

Las plantas jóvenes de presentan un crecimiento rítmico con periodos de estancamiento, más o menos constantes, en comparación con plantas adultas que siguen un patrón de crecimiento con periodos de desarrollo y de reposo irregulares, lo cual sugiere que el crecimiento de las plantas jóvenes es controlado por mecanismos endógenos y en las adultas, por factores externos, influenciado por las condiciones ambientales (Mejía y Argüello, 2000), por el cual el cacao es una planta tropical y a pesar de tener condiciones climáticas poco variable en las zonas de desarrollo, no presenta un crecimiento continuo, sino que tienen fases de reposo vegetativo (Calle, 2005).

### 3.5. Formas de propagación

El método de propagación más apropiado es por medio de semilla híbrida certificada, producida en fincas debidamente autorizadas y fiscalizadas por la Oficina Nacional de Semilla. Otros métodos usados son aquellos conocidos como propagación vegetativa: injertos, acodos y estacas enraizadas, la cual se utiliza cuando se desea reproducir fielmente una planta. El empleo de estos sistemas es caro y requiere mano de obra especializada (Calle, 2005).

En el Cuadro 2 se observa las diferencias significativas entre plantas de cacao propagadas en forma sexual y asexual.

**Cuadro 2. Comparación de los sistemas de propagación en cacao**

<b>Sexual (Semilla)</b>	<b>Asexual (Vegetativa)</b>
Hay diferencia de la progenie entre sus características morfológicas y fisiológicas, con respecto a su progenitor	Conserva las características morfológicas y fisiológicas de la planta de la cual procede
Tardan más tiempo en producir	Hay mayor precocidad
Tienen porte de un árbol (orto trópico)	Tienen porte de rama (plagio trópico)
Forma horqueta	Carecen de horqueta
Son de diferentes tamaños	Hay uniformidad en las plantaciones
Presentan gran heterogeneidad en sus características fenotípicas y genotípicas	Presentan homogeneidad en sus características fenotípicas y genotípicas

**Fuente:** Calle (2005)

### **3.5.1. Selección de plantas madres**

Las enfermedades son el principal factor para que un cultivo de cacao tenga o no un buen rendimiento y producción. Con la finalidad de controlar y reducir el efecto de las enfermedades se ha encontrado en la tolerancia varietal una solución muy eficiente y se han desarrollado muchos métodos para seleccionar e identificar el material local tolerante (Torres, 2012).

Como señala Calle (2005), dentro del mejoramiento genético del cacao la propagación vegetativa y sexual ocupa lugares de importancia ya que en el siglo XXI la tendencia en la propagación del material vegetativo está dirigida a la utilización de material clonal de alto potencial productivo. Por estas razones se hace referencia a los diferentes sistemas de propagación ya que, si se desea tener éxito, los usuarios de la tecnología, los agricultores líderes deben tener los conocimientos básicos en los sistemas de propagación.

### **3.5.2. Selección del fruto y semillas**

Para la selección, es necesario escoger mazorcas fisiológicamente, desechando las mazorcas pequeñas, deformadas y con presencia de síntomas de enfermedad. Se cosechan del tronco de ramas primarias, ya que en estas mazorcas tienen semillas uniformes y más vigorosas las que deben ser manipulados con mucho cuidado evitando el contacto con mazorcas enfermas y evitando fuertes golpes, y abrirla la mazorca escogida, solo escoger los granos más vigorosos, extraer de la parte central de la mazorca, descartando de los extremos de columna placentaria ya que estos frecuentemente son pequeños y adolecen de defectos (Torres, 2012).

Como señalan Velez y Castillon (2018), la selección del fruto se realiza cuando alcance su madurez, las semillas contenidas en su interior están fisiológicamente maduras y dispuestas a germinar, pero si el fruto sobre pasa la madurez se desarrolla la radícula en el interior, se deben desechar las mazorcas pequeñas, deformadas por agentes externos como los insectos o la presión de ramas vecinas.

Según los mismos autores, una vez abierta la mazorca se debe evitar dañar la semilla, escogiendo los granos más vigorosos, que siempre se encuentren en la parte central de la mazorca desechando de los extremos de la columna placentaria que frecuentemente son más pequeños y adolecen de otros defectos.

### **3.5.3. Conservación de la semilla**

Se quita la pulpa de las semillas mediante frotación con cal, arena o aserrín. Luego se deja secar durante 8 horas para posteriormente desinfectarlas y colocarlas en capas delgadas de aserrín (Torres, 2012).

La conservación de semillas es un aislamiento adecuado con respecto a diferentes variedades, híbridos o las plantas transgénicas de la misma especie o una variedad, no presente cruzamientos no deseados, también tomar en cuenta que el aislamiento puede ser en tiempo (consiste en la separación en días una de otra, se recomienda mínimo 30 días) y en espacio (se realizan las siembras a distancia considerable para evitar la polinización cruzada) (Velez y Castillon, 2018).

Este es un aspecto de gran importancia para una buena conservación, ya que un alto contenido de humedad, contribuye al rápido deterioro de semillas almacenadas, un buen secado rápido es necesario para reducir al mínimo los procesos vitales propios de la semilla, a fin de mantener latentes para cuando se vaya utilizar, además reduce la multiplicación de agentes patógenos, no realizar a altas temperaturas las semillas húmedas pueden dañarse (Aguilar *et al.* 2009).

#### **3.5.3.1. Propagación sexual**

Este método utiliza la semilla botánica para la propagación. Cuando se va a propagar de esta manera es necesario conocer el biotipo y las características de la planta productora de semillas para que así esta reciba un adecuado tratamiento (Torres, 2012).

El mismo autor recomienda obtener las semillas de campos oficiales, pero en caso de no contar con campos productores de semillas oficiales, se debe realizar una buena selección de plantas madres de donde se obtendrán las semillas.

Como indica Calle (2005) actualmente, se recomienda la propagación sexual por medio de semilla híbrida y que corresponda a los cruzamientos de mejor comportamiento en cada una de las regiones agroecológicas; sin embargo, se debe realizar un diagnóstico para detectar los árboles de baja productividad, los que deben ser remplazados por otros de mayor producción para garantizar alta productividad. Esto se debe a que los híbridos, se adaptan en forma diferente en cada zona; es decir, algunos híbridos se comportan muy bien en producción y calidad en unas regiones, pero en otras no.

La semilla de cacao es del tipo recalcitrante; es decir, pierde viabilidad rápidamente, por lo cual, no se puede almacenar por mucho tiempo para luego ser sembrada. La semilla del cacao no necesita un período de reposo para su germinación, que puede ocurrir inmediatamente después de que el fruto alcanza su madurez y el mucílago que la cubre desaparece (Sánchez *et al.* 2017).

### **3.5.3.2. Propagación asexual**

La reproducción vegetativa tiene importancia especial en el cultivo de cacao, porque la composición genética (genotipo) de la mayoría de los clones, es altamente heterocigoto y las características que distinguen a estos materiales se recombinan y algunas no se expresan al propagarlos por semilla (Palencia y Mejía, 2003).

El mismo autor menciona que las plantas de cacao de origen asexual son altamente uniformes en todos sus caracteres morfológicos y fisiológicos como consecuencia de poseer el mismo genotipo; esta población recibe el nombre de clon. Cuando se identifican árboles de cacao sobresalientes, con niveles altos de producción, de buen tamaño de mazorca y grano, tolerantes a enfermedades, es necesario multiplicarlos asexualmente, mediante: injerto de parche, injerto de yema lateral, injerto de yema terminal, acodo o estaca enraizada.

En la propagación vegetativa no se genera el cruzamiento sexual entre un árbol madre y un padre; así, la enjertación es uno de los tipos de procesos de multiplicación del cacao más sencillo y eficaz, que resulta de la extracción de las yemas, de la base o axila de las hojas y que su función consiste en producir ramas, en la cual se injertan sobre los patrones que, básicamente, son plantas que se encuentran en semillero o sobre los chupones basales de una planta adulta con alta vigorosidad y buena sanidad (Sánchez *et al.* 2017).

### **3.5.3.3. Formación de patrones o porta injerto**

El patrón es una planta originada por semilla y proviene de árboles sanos de cacao, con una buena adaptación al lugar donde se va a sembrar y principalmente que sean resistentes a la enfermedad conocida como mal de machete (*Ceratocyttis fimbriata*) y otras enfermedades. “El INIAP recomienda utilizar variedades resistentes a las enfermedades como; IMC-67, Pound-12, EET-339 y EET-400” (Torres, 2012).

Los patrones deben ser resistente a enfermedades. Para garantizar un buen desarrollo de la raíz del patrón, pues en condiciones desfavorables se generan consecuencias impredecibles para la productividad futura de las plantas en la enjertación, las yemas son extraídas del tallo y colocadas sobre la planta llamada patrón. Una rama con varias yemas, la yema que se requiere injertar debe venir de clones probados por su alta productividad, tolerancia a las enfermedades y plagas; además, de adaptación al ambiente y calidad (Sánchez *et al.* 2017).

Patrones son plantas de cacao que se obtienen por la siembra de la semilla de árboles sanos, resistentes a enfermedades y adaptados a la zona se les llama patrones porque son los que van a llevar la yema de otra planta. Para tener listo los patrones a tiempo se debe poner en el

vivero en el mes de agosto para injertar en febrero y que las plantas injertadas estén listas para sembrar en invierno o época de lluvia. Las plantas se deben sembrar cuatro meses después de ser injertados (Gutiérrez *et al.* 2016).

### **3.6. Tipos de siembra**

- **Siembra directa**

Una vez partida la mazorca se selecciona la semilla, utilizando las semillas de la parte media de la mazorca y descartando de los extremos, para realizar la siembra directamente incluso con el mucilago. En el momento de la siembra se coloca la parte ancha u ombligo orientado hacia abajo para que esta germine de manera erecta, cubrir las macetas con aserrín descompuesto, esto para proteger la semilla y evitar salpicadura con el agua del riego (Gutiérrez *et al.* 2016).

Existen varios métodos de siembra de la semilla de cacao, como el aprovechamiento de las plantas que nacen en el cacaotal, la siembra directa en el campo y el establecimiento de viveros o almácigo, los dos primeros métodos no se recomiendan, ya que no se pueden dar las atenciones necesarias a la planta para un buen desarrollo, el tercer método es recomendable, a pesar de que es más costoso, pero se justifica porque se pueden controlar las plagas y enfermedades, regular la sombra y lograr un control eficaz de malezas (Sánchez *et al.* 2017).

- **Siembra indirecta**

Los frutos seleccionados para obtener la semilla, se abren memento antes de prepararlos evitando dañar las almendras, con un mazo de madera para golpear el fruto, extraer la semilla, eliminando el mucilago o pulpa de la roca frotando con aserrín suavemente y colocarla una cama de aserrín humedecido tapar la semilla con un yute, ubicarla en un ambiente bajo techo y ventilado. Las semillas vigorosas comienzas a pre germinar al tercer día hasta el sexto día. Las macetas deben regarse días antes a la siembra con la ayuda de un palo o dedo, se procede hacer un pequeño hoyo para colocar la semilla siempre con la raíz hacia abajo con la tercera parte enterrada al sustrato (Gutiérrez *et al.* 2016).

Para la preparación de semilla se elimina el mucílago que las cubre, friccionándolas con aserrín, también se puede utilizar ceniza, arena o cascarilla de arroz. Finalmente, proceder a lavarlas y orearlas bajo sombra, la capacidad germinativa de las semillas se pierde rápidamente a partir del quinto día de extraído el fruto, debido al alto contenido de grasa que

tiene la semilla; el cual afecta al embrión de ésta. Por lo que se recomienda sembrar inmediatamente después de su preparación “pre-germinación” (Mendoza, 2013).

### **3.7. Labores culturales del vivero o mantenimiento**

#### **3.7.1. Riego**

Esta actividad es muy importante, el riego en los primeros tres veces por semana, al cabo de un mes debe reducir dos veces por semana, el riego debe regarse directamente a la maceta es decir no mojar las hojas de la planta, esto evitara el ataque de enfermedades. Evitar no usar el agua potable del sistema domiciliario debido principalmente a su contenido de cloro, el cloro afecta al desarrollo de las plantas: las aguas mejores son del arroyo o agua de lluvia recogidas de los techos en turriles (Gutiérrez *et al.* 2016).

El riego es más necesario en la etapa de germinación para las semillas ya que es uno de los factores para el estímulo de la germinación, el riego en esta etapa se la debe realizar 2 veces al día, en las primeras horas de la mañana y en la tarde, el riego dependerá también de las condiciones climáticas de la zona, siempre las plantas deben estar húmedas, pero no en exceso porque puede fomentar la aparición de enfermedades (Torres, 2012).

El riego debe ser permanente, controlando a diario la humedad del sustrato, evitando tanto la falta como el exceso de humedad, efectuarlo con agua limpia en horas de la mañana y en las tardes, asegurando que los plantones queden totalmente humedecidos y evitando el encharcamiento o inundaciones que provocarían incidencias de enfermedades (Mendoza, 2013).

#### **3.7.2. Deshierbe y limpieza de pasillos**

Este trabajo se realiza manual cada vez que sea necesario, especialmente en épocas lluviosas, quitar toda la maceta de los pasillos y de las macetas. De estos cuidados dependerá el buen desarrollo y la salud de los plantines (Gutiérrez *et al.* 2016).

Se elimina de forma manual las malezas que se van desarrollando en el vivero y en las bolsas con las semillas, de esta manera se evita la competencia de nutrientes con la planta. Además, pueden ser hospederos de insectos y hongos que a futuro pueden causar enfermedades (Torres, 2012).

Se debe evitar la proliferación de malezas que son perjuicios en desarrollo de los plantones; compiten por agua, nutrientes, espacio y luz. Además, logran ser hospederos de plagas y enfermedades, lo que trae como consecuencia plantas deficientes, en la cual es recomendable

el control de malezas oportunamente, cada 15 días, de manera manual las malezas en vivero de cacao, si implica el costo económico se aplica herbicidas pre-emergentes, tanto a las bolsas y calles del vivero (Mendoza, 2013).

### **3.7.3. Plagas y enfermedades de plantines**

En un vivero el ataque de enfermedades generalmente comienza por las hojas, presentándose con manchas de color marrón oscuro, este se controla quitándola las hojas infectadas manualmente con la ayuda de una navaja o tijera, luego de realizar se de aplicar algún fungicida permitida solo en viveros, que son aceptados por normas de producción orgánica Bolicert, se realiza con fungicida a base de cobre como Ram-caf, cobretane y otros, el mismo controla hongos (*Phitophthora palmivora*) que serán usando en casos urgentes (Gutiérrez *et al.* 2016).

Según el mismo autor, se utilizan caldo bordelés y Sulfo Cálcico, que son los mismos que controlan los hongos como la mazorca negra y otros, se aplica el producto cada 15 días, diluyendo en 10 gramos (2 cucharadas) de producto en 5 litros de agua. Así mismo el ataque de plagas es constante, el control de plagas puede ser manual o con aplicaciones de insumos caseros (biopesticidas), actualmente se utiliza el PIRETRO, que es un extracto vegetal permitido en la producción orgánica en vivero, que actúa como repelente de insectos, la dosis de aplicación es 1 ml por cada 2 litros de agua.

De acuerdo con Torres (2012), hay organismos como hongos, bacterias e insectos los cuales pueden causar enfermedades en las plantas, su presencia se haya determinada por los siguientes factores: inadecuada fertilización, uso excesivo de materia orgánica, mal manejo de riego, mal manejo de la sombra, en la cual el manejo agronómico adecuado es de vital importancia para prevenir cualquier aparición de plagas y enfermedades en el vivero además que se reduce el uso de químicos.

#### **- *Phytophthora***

Es un hongo es producida por *Phytophthora palmivora* que ataca a todas partes de la planta del cacao, esta enfermedad se lo puede identificar en las mazorcas, plantines en vivero debido a la presencia presenta mancha circular de color café oscuro con un borde regular, la mancha avanza progresivamente hasta cubrir la mazorca, o el tallo de los plantines. Las condiciones favorables para su desarrollo del hongo son las épocas de alta humedad y con bajas temperaturas. El hongo crece y se reproduce por espora, que se presenta de forma de algodón muy fino y blanco sobre la mazorca infectada (Ayala, 2008 citado por Estivares, 2020).

Los síntomas son marchitamiento de hojas, tallo ya raíz, ocasionando la muerte de la planta, esta enfermedad es causada por la alta humedad es causada por la alta humedad, exceso de sombra y encharcamiento de agua en el vivero (Gutiérrez *et al.* 2016).

- **Antracnosis**

Esta enfermedad se presenta en las hojas en forma de manchas negras con un anillo amarillo, que provoca retrasos en el crecimiento. La enfermedad se presenta por la falta de sombra y exposición a la radiación solar directa de las plantas de cacao (Gutiérrez *et al.* 2016).

- **Escoba de bruja**

Esta enfermedad causada por el hongo *Monilophthora perniciosa*, se encuentra dispersa en la mayoría de los cacaotales de Bolivia. El ataque provocado en la mazorca prácticamente inutilizada, donde las pérdidas llegan al 40% y en parcelas sobrepasa los 70% de pérdidas (Estivares, 2020).

La escoba de bruja ocasiona deformaciones en los brotes de planta, la presencia de unas plantaciones viejas de cacao cerca al vivero favorece la presencia de esta enfermedad (Gutiérrez *et al.* 2016).

- **Plagas comunes**

Las plagas más comunes que atacan a un vivero son: insectos chupadores, insectos masticadores, insectos minadores, insectos perforadores, tujo, y pulgones (Gutiérrez *et al.* 2016).

### **3.8. Características del hongo *Trichoderma harzianum***

#### **3.8.1. Taxonomía y morfología**

Este género pertenece a la subdivisión Deuteromicetes al ser un hongo imperfecto que carece de estructuras de reproducción sexual se encuentra ubicado en la Hyphomycetes, orden Hiphales y sus esporas asexuales las cuales se forman sobre las hifas o en su interior, se encuentran expuestas libremente en la atmosfera (Osorio, 2010).

Es un control biológico, por sus características de antagonismo en condiciones naturales, se comporta como hiperparásito frente a diversos patógenos, atacando directamente y produciendo la ruptura del micelio de los hongos productores de enfermedades de las plantas. También se ha descrito que tiene una gran capacidad de inactivar exudados originados en las semillas en germinación, que estimulan el desarrollo de propágulos de hongos patógenos de plantas (Centro de Educación y Tecnología (CET), 2004)

### 3.8.1.1. Género *Trichoderma harzianum*

Son hongos de vida libre en suelos y ecosistemas de raíz, fáciles de aislar y cultivar en medios de cultivo natural o semisintético. Debido a su habilidad de proteger a las plantas y contener las poblaciones de patógenos en diferentes condiciones de suelo, se comercializa ampliamente en el mercado como bioplaguicidas, biofertilizantes y enmiendas del suelo (Vinale *et al.*, 2008).

Son hongos utilizados en control biológico por ser antagonista de agentes biológicos productores de enfermedades en plantas. Su accionar se debe a diferentes mecanismos: indirectos (competencia por alimento y espacio, modificación del medio ambiente, promoción de crecimiento vegetal o sus defensas naturales, antibiosis) y directos (mico parasitismo) Este proceso consiste en el proceso del crecimiento del antagonista hacia el patógeno, desarrollándose alrededor formando estructuras, ganchos o apresorios en la superficie del hospedero que le permiten penetrar al interior del patógeno (Benítez *et al*, 2004).

El género *Trichoderma harzianum* presenta la siguiente clasificación (Rojas, 2019):

**Cuadro 3. Taxonomía de *Trichoderma harzianum***

Reino	<i>Mycetae</i>
División	<i>Eumycota</i>
Sub división	<i>Ascomycotina</i>
Clase	<i>Euascomycetes</i>
Orden	<i>Hypocreales</i>
Familia	<i>Hipocraceae</i>
Genero	<i>Trichoderma</i>

A parte de su facilidad para colonizar las raíces de las plantas, *Trichoderma harzianum* ha desarrollado mecanismos para atacar y parasitar a otros hongos y así, aprovechar una fuente nutricional adicional. Recientemente, han sido demostrados varios mecanismos con los cuales actúa *Trichoderma* como biocontrolador y como colonizador de las raíces (*Trichoderma harzianum*, 2002).

Según el mismo autor menciona que estos hongos son tan versátiles que se emplean comercialmente en una variedad de formas, incluyendo las siguientes:

- Promotores de crecimiento de las plantas: Durante muchos años ha sido conocida la habilidad de estos hongos para incrementar la tasa de crecimiento y desarrollo

de las plantas, en especial de su sistema radicular. Recientemente se encontró que una cepa de *Trichoderma harzianum* contribuye al crecimiento de las raíces del maíz y algunos pastos, haciéndolo más resistentes a la sequía. Otro estudio indica que las raíces de las plantas de maíz colonizadas por *Trichoderma harzianum* requieren un 40 % menos de fertilizantes nitrogenados que las plantas con *Trichoderma*.

- Agentes de biocontrol: Estos hongos son empleados, con o sin registro legal, para el control de enfermedades de las plantas.

### **3.8.1.2. Mecanismos de acción de *Trichoderma harzianum*.**

*Trichoderma harzianum* como antagonista, puede tener diferentes mecanismos de acción entre los que se encuentran el micoparasitismo, competencia, antibiosis e inducción de resistencia en las plantas (Sivila y Alvarez, 2013).

#### **a) Micoparasitismo**

Este proceso promueve el crecimiento del antagonista hacia el patógeno, desarrollándose alrededor o formando estructuras similares a ganchos o apresorios en la superficie del hospedero, que le permitirían, penetrar al interior (del patógeno) y por acción de enzimas líticas (quitinasa y  $\beta$ -1,3 glucanasa) degradar su pared celular (Sivila y Alvarez, 2013), algunos tienen el comportamiento frente a hongos del suelo causantes del damping-off o mal de los almácigos. Donde se comprobó este modo de acción en ensayos realizados con ciertas cepas de *Trichoderma* frente a *Rizoctonia* (Abdo *et al.*, 2008).

#### **a) Competencia**

Se puede definir competencia como el desigual comportamiento de dos o más organismos ante un mismo requerimiento, siempre y cuando la utilización del mismo por uno de los organismos reduzca la cantidad disponible para los demás. Un factor esencial para que exista competencia es que haya "escasez" de un elemento, si hay exceso no hay competencia. La competencia más común es por nutrientes, oxígeno o espacio (Sivila y Alvarez, 2013).

#### **b) Antibiosis**

La actividad antibiótica de *Trichoderma* se debería a la secreción de sustancia antibiótica o metabolitos que inhiben la actividad parasítica de los patógenos (Dubos, 1987). Estos metabolitos serían volátiles y no volátiles, del tipo antibióticos como viridín, trichodermin, glioviridin, gliotoxin y harzaniolide (Lumsden *et al* 1992). De todas estas micotoxinas la más

representativa es *Trichodermin* que actuaría inhibiendo la actividad ribosomal de los patógenos, por lo tanto, su reproducción (Sivila y Alvarez, 2013).

### **c) Inducción de resistencia en las plantas**

Es biocontroladora las especies de *Trichoderma harzianum*, en la inducción de resistencia en las plantas hospederas. Este concepto ha sido fundamentado por Yedidia et al. (1999) y Yedidia et al. (2000), quien demostró que raíces de cucurbitáceas inoculadas con *T. harzianum*, presentan una respuesta defensiva tanto en las raíces y hojas de las plantas tratadas, demostraron que las hifas del hongo biocontrolador penetran la epidermis y corteza superior de la raíz de la cucurbitácea (Sivila y Alvarez, 2013).

Según Sivila y Alvares (2013), otros beneficios de cepas de *Trichoderma harzianum* puede inducir en las plantas:

Numerosos estudios señalan a *Trichoderma harzianum*, como promotor o estimulador del crecimiento de plantas. Inbar et al (1994) han documentado que la aplicación de *Trichoderma harzianum* a plantas promueve incremento de tamaño, aumento del área foliar y peso, el efecto positivo sobre la germinación de las semillas y en años 90, se ha descrito la capacidad de cepas de *Trichoderma harzianum* como agentes responsables de la síntesis de sustancias causantes de inducción de resistencia en plantas.

De acuerdo con Ribeiro (2009), los mecanismos de biocontrol del *Trichoderma harzianum*, se pueden clasificar en los siguientes:

- a) Fungistasia.
- b) Competición por nutrientes
- c) Biofertilización y estimulación de los mecanismos de defensa de las plantas
- d) Modificación de la rizosfera
- e) Antibiosis
- f) Micropredatismo

El hongo es un agente promisorio de biocontrol por presentar mecanismos con acción directa sobre otros hongos, como un mico parásito o con acción indirecta, compitiendo con otros microorganismos por nutrientes y/o espacio. Asimismo, Zimand et al. (1996) señalan que produce antibióticos, inhibiendo o degradando pectinadas y otras enzimas esenciales para hongos patógenos de plantas, como la *Botrytis cinerea* que penetra por la superficie de la hoja (Benites et al., 2004).

La *Trichoderma harzianum* cuenta con ventajas de biocontrol encima de los métodos químicos de control, como: ocurrencia de interacciones simbióticas con las plantas y otros microbios colonizadores de las raíces como rizobios y micorrizas, cuyas interacciones se pueden extender en el tiempo (Harman *et al.*, 2008).

#### **3.8.1.3. Método de acción biocontroladora de *Trichoderma harzianum* sobre hongos patógenos**

Según Santin (2008), de los hongos con potencial de antagonismo, el género *Trichoderma harzianum* es uno de los más buscados y estudiados, siendo demostrada su eficiencia en trabajos de laboratorio, invernadero y campo, mostrándose eficiente como agente biocontrolador de patógenos, con una mejor actuación con *Pythium sp.*, *Fusarium sp.*, *Rhizoctonia sp.*, y *Sclerotium sp.*

*Trichoderma harzianum* como antagonista, puede tener diferentes mecanismos de acción entre los que se encuentran el micoparasitismo, competencia, antibiosis e inducción de resistencia en las plantas.

#### **3.8.1.4. Aplicación en campo de *Trichoderma harzianum***

Los productos con base de *Trichoderma harzianum* pueden ser utilizados de diversas maneras, las cuales dependerán del cultivo y de las enfermedades que se desee controlar. Pomella y Ribeiro (2009) indican que los productos son eficientes para la reducción en inóculos de Fito patógenos en el ambiente y en la severidad de las enfermedades ocasionadas por patógenos como *Fusarium sp.*, *Phytophthora sp.*, *Pythium sp.*, *Rhizoctonia sp.*, *Botrytis sp* (Ribeiro, 2009).

Según Cadena *et al.* (2021), sobre la evaluación de manejo de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijensis*) del banano con la aplicación de *Trichoderma harzianum*, donde se aplicó en follaje que demostró un control efectivo cortando el ciclo patogénico de la enfermedad, el testigo sin aplicación de *Trichoderma* alcanzo una severidad del 37,23% comparación del T2 donde se aplicaron 260 g de *Trichoderma* con media de 20,53% de severidad, verificando que controlo el avance de la sigatoka en comparación con el testigo logro reducir la severidad un 16,7%.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Localización

El presente estudio se realizó en la región de Alto Beni en los predios de la Estación Experimental Sapecho, perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés.

#### 4.1.1. Ubicación geográfica

El presente estudio se realizó en el vivero de la Estación Experimental de Sapecho (EES), ubicado en la región de Alto Beni de la cuarta sección municipal de Palos Blancos, Provincia Sud Yungas del departamento de La Paz. La (EES) se encuentra ubicada entre las coordenadas 15° 32' 54.4" de Latitud Sur, 67° 19' 47.8" de Longitud Oeste, a una altitud promedio de 450 msnm, temperatura de media de 26 °C y una precipitación media de 1800 mm año-1 (Maldonado, 2017). A una distancia de 260 km de la ciudad de La Paz (Ticona *et al.* 2017) (Figura 1).

El clima es cálido y húmedo, con amplias variaciones estacionales. La temperatura promedio mensual varía desde 10,9 °C (julio y agosto) época de heladas o surazos hasta 25,7 °C (enero - febrero). El período seco entre julio y noviembre, la humedad relativa promedio es del 78 % (SENAMHI, 2002) **Fuente:** Choque (2017)

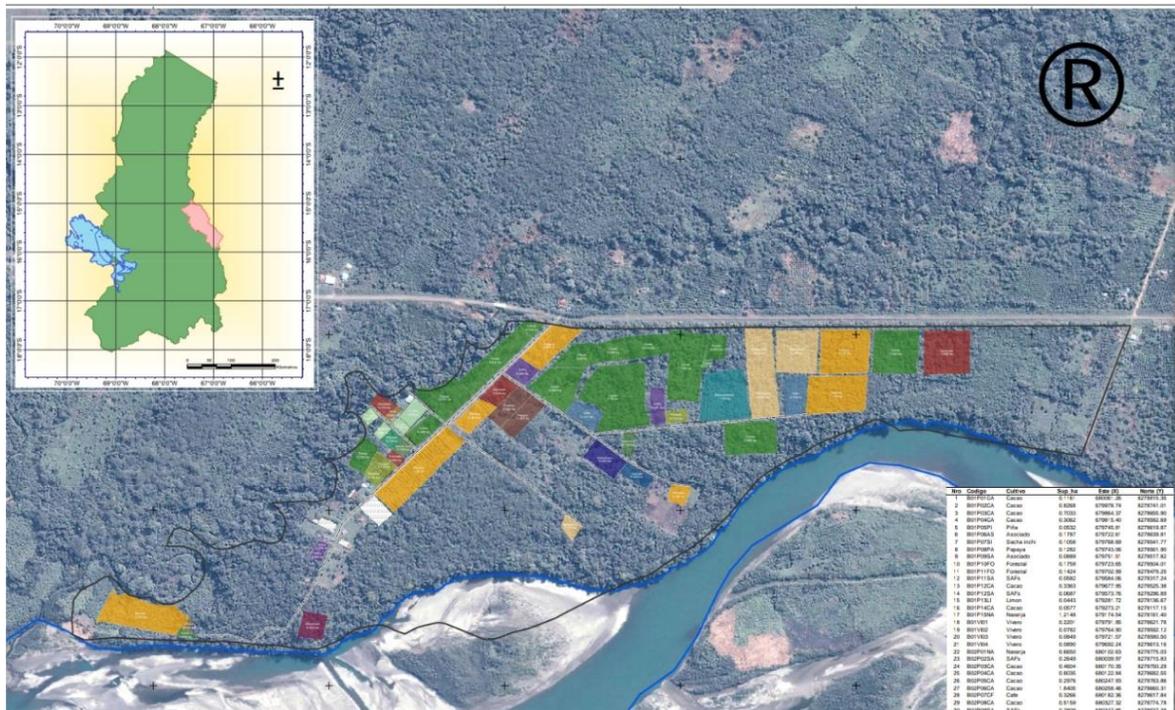


Figura 1 Mapa de ubicación

## **4.2. Materiales y equipos**

### **4.2.1. Material campo**

Los materiales que se emplearon en el campo son:

- Herramientas: Machete, palas, lineadas, estacas y otros
- Tijera podadora
- Vernier
- Cinta métrica
- Baldes y regaderas
- Termo higrómetro
- Bolsas polietileno
- Balanza de precisión
- Libreta de campo
- Probeta.

### **4.2.2. Material de Gabinete**

Los materiales de gabinete empleados son:

- Cámara fotográfica
- Impresora
- Materiales de escritorio
- Paquetes estadísticos (Microsoft, Word, Excel, Infostat)

### **4.2.3. Material biológico**

El material biológico utilizado fue semillas de Cacao Foráneo: IMC-67 (Cuadro 4) y cacao nacional (Cuadro 5) obtenidos del banco de germoplasma de la Estación Experimental de Sapecho.

**Cuadro 4 Características de Cacao Foráneo (IMC-67)**

Clon IMC – 67 (Iquitos Maraño Collection)	
Origen	Perú
Vigor	Vigorosa
Grupo genético	Forastero – AA
Tamaño del fruto	Grande
Forma del fruto	Alargado
Tamaño de la semilla	Mediana
Número de semillas	35 – 65
Compatibilidad:	Auto incompatible
Calidad organoléptica	Corriente o básico
Reacción a Enfermedades	Monilia: Tolerante
	Escoba de Bruja: Susceptible
	Phytophthora : Tolerante
	Ceratostyis : Tolerante
	Rosellinia : Susceptible

Fuente: Calle (2005).

**Cuadro 5 Características de Cacao Nacional Boliviano (CNB)**

Características CNB 13	
Origen	América del Sur,
Peso húmedo de los granos	43.43 gramos
Número de mazorcas/árbol/año	76 mazorcas
Número de semilla por mazorcas	28 semillas
Índice de mazorca (para 1 kilogramo de cacao seco )	34mazorcas/planta
Índice de semilla/grano seco	0.83 g/semilla
Rendimiento de cacao seco Kg/árbol/año.	1.10 kilogramo/ planta
Peso del fruto (g)	308 gramos/mazorca
Grado de reacción a enfermedades	Monilia 7 Tolerante (1 a 10%) Escoba de Bruja 7 Tolerante (1 a 10%) Mazorca Negra 7 Tolerante (1 a 10%)

Fuente: Estivarez (2020)



**Figura 2 Semillas de Cacao Nacional Boliviano, Estación Experimental Sapecho**

#### **4.2.4. Área de trabajo en el vivero**

El vivero de la Estación Experimental de Sapecho presenta: una superficie plana, con facilidad de drenaje, libre acceso a vías de comunicación, posee acceso a una fuente de agua, presenta una sombra artificial del 60 % (zaranda), se tuvo control aislando las plantas viejas del vivero con el área de trabajo, para evitar el contagio de plagas y enfermedades.

#### **4.3. Propagación de microorganismos biocontroladores**

Para la realización del estudio, se adquirieron las cepas de *Trichoderma harzianum* del Laboratorio de la Facultad de Agronomía –UMSA, que contienen el agente biológico. La preparación de las diferentes concentraciones se realizó en la Estación Experimental de Sapecho bajo el siguiente procedimiento: una vez realizado el embolsado se preparó una solución de 1,8 litros para 60 macetas con un total de 4,32 litros, para aplicar a cada bolsa una cantidad de 30 ml. La cantidad se eligió tomando en cuenta que el sustrato está seco y se requiere humedecer hasta la capacidad de campo.

La solución se realizó de la siguiente manera calculando por cada dosis: ejemplo para 60 macetas

Calculo te de estiércol  
 1,8 L. ----- 100%  
 X----- 20% te de estiércol  
 X= 0,36 L. te de estiércol

Calculo agua  
 1,8 L. – 0,36 L. te de estiércol  
 X= 1,44 L. de agua

Con un total de preparación 4,32 L. de solución mesclado te de estiércol y agua. Estos componentes fueron empleados para que el hongo pueda reaccionar con más facilidad ya que el té de estiércol cuenta con nutrientes que el hongo requiere para su alimentación y por último se aplicó *Trichoderma harzianum* a la solución agua más te de estiércol en las siguientes cantidades:

68 g.----- 100% X= ----- 80% X= ----- 54,4 g. <i>T. harzianum</i>	54,4 g. ----- 20 L. X= ----- 1,8 L. X= 4,89 g. de <i>T. harzianum</i>
68 g.----- 100% X= ----- 100% X= ----- 68 g. <i>T. harzianum</i>	68 g. ----- 20 L. X= ----- 1,8 L. X= 6,12 g. de <i>T. harzianum</i>
68 g.----- 100% X= ----- 120% X= ----- 81,6 g. <i>T. harzianum</i>	81,6 g. ----- 20 L. X= ----- 1,8 L. X= 7,34 g. de <i>T. harzianum</i>

Se utilizó la siguiente relación: 68 g. representa al 100% que es para 20 litros. Cuando seca reduce el peso a 68 g. en viveros aplicarlo al suelo o sustrato antes de la siembra (Montero y Venegas 2008). En húmedo 200 g. es para 20 litros lo que equivale al 100% (Cadena et al. 2021).

En la primera aplicación en el sustrato se multiplicó por 2 las cantidades calculadas de *Trichoderma harzianum* en las cuales fueron: 9,78 g, 12,24 g, 14,68 g.

La primera aplicación se realizó inmediatamente después del embolsado de sustrato que corresponde a 2 semanas antes de la siembra de la semilla, esto para que el hongo pudiese estabilizarse en el sustrato.

Posteriormente se aplicó cada 15 días a cada tratamiento establecido, hasta la etapa de injertación de plantines de cacao en vivero de la Estación Experimental Sapecho que requiere 5 mm de diámetro.

#### 4.4. Métodos

##### 4.4.1. Diseño estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó un diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo bifactorial conformado por ocho tratamientos y tres repeticiones con 24 unidades experimentales. Cada unidad experimental contó con 10 plantas, haciendo un total de 240 plantas.

**Cuadro 6 Formulación de los tratamientos, número de unidades experimentales y total de plantas evaluadas**

TRAT.	FACTOR: B TIPO DE PIE CACAO	FACTOR: A DOSIS T. HARZIANUM	REP.	Nº PLANTAS MUESTREADAS
T1	b1= CNB	a1=0% <i>T. harzianum</i> , = 0 g	3	10
T2	b1= CNB	a2=80% <i>T. harzianum</i> , = 54.4 g	3	10
T3	b1= CNB	a3=100% <i>T. harzianum</i> , = 68.0 g	3	10
T4	b1= CNB	a4 =120% <i>T. harzianum</i> , = 81.6 g	3	10
T5	b2= CF. IMC-67	a1=0% <i>T. harzianum</i> , = 0 g	3	10
T6	b2= CF. IMC-67	a2=80% <i>T. harzianum</i> , = 54.4 g	3	10
T7	b2= CF. IMC-67	a3=100% <i>T. harzianum</i> , = 68.0 g	3	10
T8	b2= CF. IMC-67	a4 =120% <i>T. harzianum</i> , = 81.6 g	3	10

Fuente: Elaboración propia

- Nº tratamientos: 8
- Nº repeticiones: 3
- Nº de plantas muestreadas: 10
- Nº de unidades experimentales: 10
- Nº de plantas evaluadas totales: 240

#### 4.4.2. Modelo lineal aditivo

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

$Y_{ij}$ = Una observación

$\mu$ = Media general

$\alpha_i$  = Efecto fijo del i-ésimo nivel A (dosis de *Trichoderma harzianum*)

$\beta_j$  = Efecto fijo del j-ésimo nivel B (tipo de porta injertos cacao)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto fijo de interacción del i-ésimo nivel A  
con j-ésimo nivel B

$\epsilon_{ij}$ = Error experimental (0,  $\sigma_{\epsilon}^2$ )

(Rojas, 2018)

#### 4.4.3. Croquis experimental.

**Cuadro 7 Croquis experimental**

T1		T4		T6		T2		T5		T7		T3		T8	
R1		R3		R3		R1		R1		R3		R2		R2	
b1	a1	b1	a1	b2	a2	b1	a2	b2	a1	b2	a3	b1	a3	b2	a4
Pasillo															
T8		T6		T5		T2		T7		T3		T1		T4	
R1		R1		R2		R3		R2		R1		R3		R2	
b2	a4	b2	a2	b2	a1	b1	a2	b2	a3	b1	a3	b1	a1	b1	a4
Pasillo															
T2		T5		T7		T1		T4		T8		T3		T6	
R2		R3		R1		R2		R1		R3		R3		R2	
b1	a2	b2	a1	b2	a3	b1	a1	b1	a4	b2	a4	b1	a3	b2	a3

**Elaboración propia.**

**Cuadro 8 Interacción de factores de cada tratamiento**

TRAT.	COMBINACIÓN	DESCRIPCIÓN
T1	a1 - b1	0% - cacao nacional boliviano
T2	a2 - b1	80% - cacao nacional boliviano
T3	a3 - b1	100% - cacao nacional boliviano
T4	a4 - b1	120% - cacao nacional boliviano
T5	a1 - b2	0% - cacao foráneo (IMC-67)
T6	a2 - b2	80% - cacao foráneo (IMC-67)
T7	a3 - b2	100% - cacao foráneo (IMC-67)
T8	a4 - b2	120% - cacao foráneo (IMC-67)

**Elaboración propia.**

Las características del área experimental fueron las siguientes:

- ✓ Área total: 30 m<sup>2</sup>
- ✓ Área de estudio: 30 m<sup>2</sup>
- ✓ Distancia entre pasillos: 0.6 m
- ✓ Distancia entre plantas: 0,20 m

#### 4.4.4. Análisis estadístico

El análisis de datos obtenidos se realizó con todos los datos obtenidos en campo, para lo cual se utilizó el programa INFOSTAT. Se realizó el Análisis de Varianza (ANVA) y de las fuentes de variación, también se contrastó con pruebas de comparación de Medias mediante Duncan al 5%.

#### 4.5. Procedimiento experimental

En el presente trabajo se realizó los siguientes pasos:

## **1ro. Establecimiento**

### **Primera fase: Obtención de sustratos para plantines de cacao.**

#### **a) Ubicación del lugar**

Se realizó la limpieza de 6 m<sup>2</sup> donde se ubicó la mezcla de sustratos en la cual se hizo una mezcla homogénea 50% tierra del lugar, 30% arena corriente o lama del río, 20% de abono bocashi, y 10% de aserrín descompuesto. El acopio de sustrato se realizó de la misma Estación Experimental Sapecho, también las semillas de cacao, ya que el área presenta buenas condiciones del manejo.

#### **b) Embolsado de sustrato**

Pasado este tiempo se procedió a realizar el embolsado en bolsas negras de polietileno de dimensiones 11 x 27 cm previamente perforadas, para luego ser acomodadas en un área de 30 m<sup>2</sup> de acuerdo a los tratamientos establecidos, la distancia entre bloques (pasillo) fue de 0.60 m.

#### **c) Enfilado de macetas**

El enfilado se realizó en filas de dos macetas por tratamiento esto porque solo se requiere evaluar el pie de injerto y una distancia de pasillo de 0,20 m. entre plantas y pasillo 0,60 m. esto facilitó el manejo y la toma de datos de las muestras.

#### **d) Proceso pre-germinativo de la semilla**

Se acopio las mazorcas de Cacao Foráneo (IMC-67) 10 mazorcas y 15 mazorcas de Cacao Nacional Boliviano de las parcelas de la Estación Experimental Sapecho, previniendo no recolectar mazorcas enfermas.

La pre-germinación se realizó en cajas de madera de 30 por 50 cm y 6 cm de altura, de la siguiente manera:

- a.** Quitado del mucílago: Primeramente, se realizó la abertura de las mazorcas con la ayuda de un machete para luego colocar todas las semillas sobre una capa de aserrín bien descompuesto y se procedió a frotar con el mismo hasta quitar todo el mucílago que rodeaba a la semilla.
- b.** Lavado de la semilla: Con abundante agua se procedió a lavar la semilla para quitar todo el aserrín y el mucílago restante.
- c.** Pre germinación: Una vez escurrida la semilla se lo colocó en una caja germinadora, distribuyendo la semilla de la forma más ordenada posible, para facilitar el conteo de

semillas germinadas por día, la caja se la ubicó en un ambiente fresco y ventilada cubierta con un saco de yute previamente humedecido. Se observó que a partir del primer día la semilla ya comenzó a germinar, en ese momento todos los días se realizó la revisión correspondiente, para seleccionar las semillas ya germinadas, hasta alcanzar el sexto día, después de lo cual se descartó las otras semillas no germinadas. A los 4 días se observó las semillas germinadas de Cacao Nacional Boliviano 86% y Cacao Foráneo 97% del total.



**Figura 3 Semillas preparadas en cama de aserrín**

**e) Siembra o repique**

La siembra o repique de las semillas se realizó después de los 4 días, que se pusieron a la germinadora, colocando siempre al centro de la bolsa con sustrato para que su desarrollo sea eficiente, posterior el tapado con aserrín descompuesto esto para que mantener la humedad y evitar plagas y enfermedades.



**Figura 4 Semilla de Var. IMC 67 germinadas**



**Figura 5 Semilla cacao nacional germinadas**

#### **f) Labores culturales**

- **Destetado de los plantines**

Después de la siembra se esperó 12 días para realizar el destetado en horas de la mañana aprovechando el rocío, pero en plantines que se encontraron secos se procedió a realizar un riego ligero con la finalidad de hacer más fácil el sacado de la testa de los plantines de cacao.

- **Control sanitario**

Se realizó el control manual o con aplicaciones de insumos caseros (biopesticidas), también se utilizó el PIRETRO que es un extracto vegetal permitido en la producción orgánica en viveros, este insumo actúa como repelente de insectos, la dosis de aplicación es 1 ml por cada dos litros de agua, entre las enfermedades más comunes que se presentan en vivero, para contrarrestar el efecto de las bajas de temperatura y la aparición de enfermedades fungosas. Durante todo el periodo de trabajo se realizó el permanente control manual fitosanitario (quitado de hojas enfermas), control de malezas y limpieza de pasillos.

- **Riego**

El riego se efectuó en función a las condiciones climáticas de la zona, en la época húmeda no se realizó el riego, en cambio en la época seca se realizó el riego cada día por medio o cuando las macetas se encuentran muy secas y (duras).

#### **4.5.1. Toma de datos**

La toma de datos de la planta se realizó cada 15 días después de la siembra. Se midieron las siguientes variables: altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, área foliar de las hojas, para esto se utilizó el vernier digital, regla de 60 cm metálico, termohigrómetro (medición de la humedad y la temperatura) y balanza analítica. Las variables se registraron durante siete evaluaciones, durante 105 días en las siguientes fechas:

- ✓ 27 de mayo
- ✓ 11 de junio
- ✓ 26 de junio
- ✓ 11 de julio

- ✓ 26 de julio
- ✓ 10 de agosto
- ✓ 25 de agosto

#### **4.5.2. Análisis de suelos.**

El análisis de las propiedades físico-químicas del sustrato se efectuó enviando una muestra al Laboratorio de Facultad de Agronomía, La Paz-UMSA (Anexo 1).

#### **4.6. Variables de respuesta**

Durante el periodo de 105 días del crecimiento de los portainjertos de cacao en vivero, se realizó la medición de las siguientes variables

##### **4.6.1. Altura de la planta (cm)**

Se realizó la medición de la altura de los portainjertos cada 15 días, a partir de 1 cm de la base del cuello de la raíz hasta el ápice vegetativo, para esto se utilizó una regla metálica de 60 cm y planilla de registro para luego tabular los datos obtenidos. Durante los 105 días se realizaron 7 mediciones.

##### **4.6.2. Diámetro de tallo (mm)**

Para la medición del diámetro de tallo se utilizó el vernier digital que facilitó la obtención de datos, también se midió cada 15 días, durante los 105 días se realizaron 7 mediciones, acompañado con planillas de registro.

##### **4.6.3. Número de hojas**

Se realizó el conteo de los números de las hojas por planta, se contaron las hojas tiernas y maduras, registrando los datos en las planillas de registro.

##### **4.6.4. Área foliar (cm<sup>2</sup>)**

La determinación del área foliar se realizó mediante modelos estadísticos (ecuaciones de regresión lineales) para estimar el área foliar de forma no destructiva, basándose en el largo (L) y ancho (A) de la hoja de cacao, de acuerdo a la metodología de Ruiz-Espinosa et al. (2007).

La medición de las hojas se realizó con una regla metálica midiendo el largo y ancho de la hoja y posteriormente se remplazaron los valores de las siguientes ecuaciones.

<b>Cultivar</b>	<b>Ecuación de regresión</b>
Cacao Nacional Boliviano	$0,6623*LA+1,474$
Cacao Foráneo	$0,6668*LA+5,1576$

Las ecuaciones indicadas fueron obtenidas mediante el muestreo de hojas y la medición de su área, ancho y largo. Posteriormente se realizó el análisis de regresión en el programa Excel utilizando el largo y/o ancho como variables independientes y el área foliar como la variable dependiente según Meza y Bautista (1999).

Se obtuvo los datos de área foliar para el total de las hojas por planta, al final del período de evaluación.

#### **4.7. Análisis económico**

El análisis económico se estableció tomando en cuenta la metodología descrita por Perrin et al. (1976) definiendo el costo parcial considerado durante la ejecución del presente trabajo. Se consideraron los costos variables como los de los diferentes insumos empleados y los costos de mano de obra.

Para realizar el análisis de los resultados se calculó la relación beneficio/costo, que nos permite de manera correcta conocer el valor de los beneficios, el valor de los costos y los compara a través del cociente resultante y establece la rentabilidad del proyecto permitiendo tomar decisiones de inversiones.

Para determinar el beneficio costo se tiene la siguiente formula:

Relación de  $B/C > 1$  el agricultor tiene ingresos

Relación de  $B/C = 1$  no gana ni pierde

Relación de  $B/C < 1$  pierde el agricultor

## **5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **5.1. Análisis físico-químico del sustrato**

Los resultados del análisis físico químico del sustrato que se realizó en el Laboratorio de Suelos Universidad Mayor de San Andrés Laboratorio de la Facultad de Agronomía se muestran a continuación:

**Cuadro 9. Análisis físico-químico del sustrato**

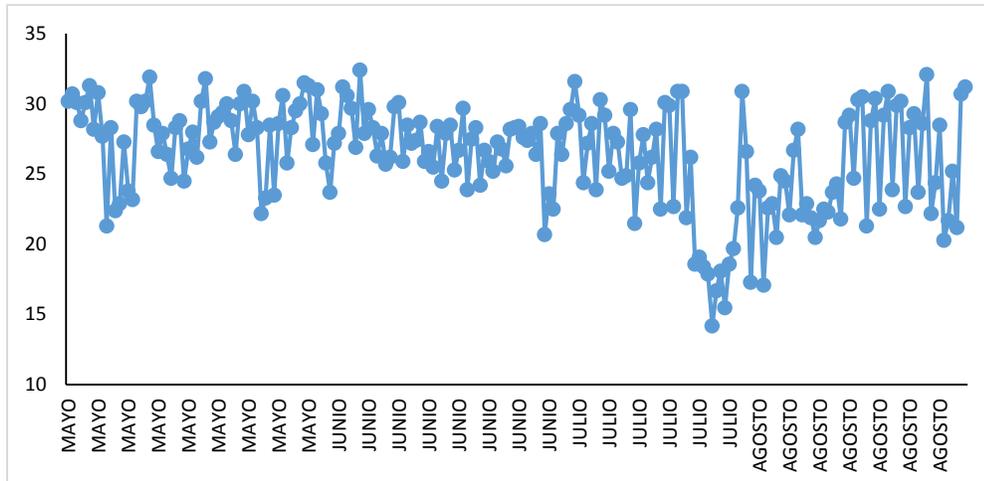
PARAMETRO		UNIDAD	RESULTADO	CONTENIDO NUTRICIONAL
TEXTURA	Arena	%	30	
	Limo	%	51	
	Arcilla	%	19	
	Clase Textural	-	Franco Limoso	Franco limoso
Densidad real		g/cm <sup>3</sup>	2.258	
Densidad aparente		g/cm <sup>3</sup>	1.051	
Humedad gravimétrica		%	7.5	Baja
Humedad volumétrica		%	7.88	Baja
Porosidad		%	53.45	
Ph en H <sub>2</sub> O relación 1:5		-	6.1	Ligeramente acido
Conductividad eléctrica en H <sub>2</sub> O 1:5		mmho/cm	0.67	Muy fuerte salinidad
Acidez intercambiable (Al+H)		meq/100g S.	0.44	
Magnesio intercambiable		meq/100g S.	3.14	Alto
Potasio intercambiable		meq/100g S.	1.90	Bajo
Nitrógeno total		%	0.35	Alto
Materia orgánica		%	5.77	Alto
Carbono orgánico		%	3.35	Alto
Fosforo disponible		ppm	41.60	Alto

\*En base a Chilon (s.f.)

De acuerdo a la Guía de Chilon (s.f.), sobre los parámetros nutricionales del suelo en el cultivo de plantines de cacao; en relación al análisis de suelos del experimento realizado en mayo de 2021, se logra evidenciar que el contenido nutricional es alto para el magnesio, nitrógeno, fósforo, materia orgánica y carbono. También se observa que la clase textura del sustrato junto al pH es adecuado para la producción de plantines de cacao.

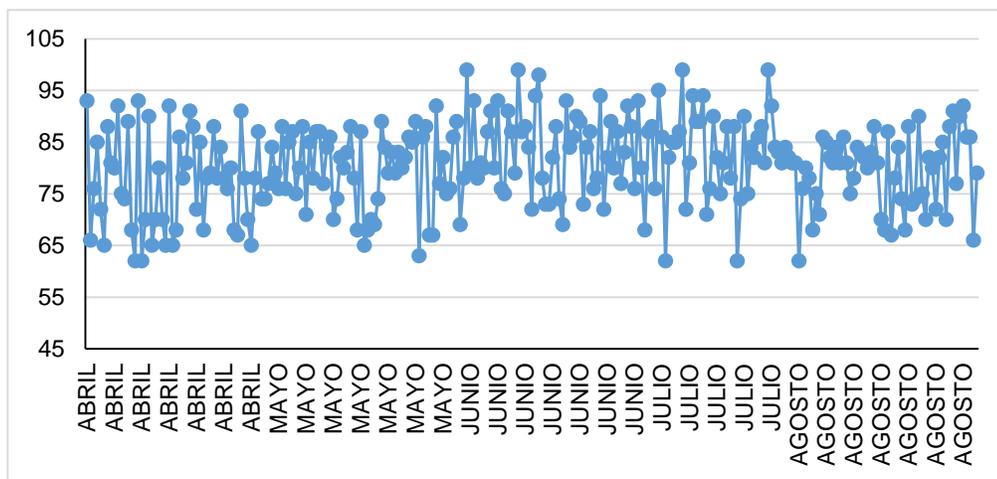
## 5.2. Datos del tiempo de evaluación

A continuación, se presenta el comportamiento de la temperatura con los datos de los meses en que se evaluó el trabajo de investigación, es decir desde mayo hasta agosto del 2021.



**Figura 6. Temperatura media de mayo a agosto**

Figura 6 indica que la temperatura en °C se presentó regularmente en todo el periodo del estudio, el mes de mayo se registró más elevada la temperatura con 28 °C, el mes de junio con 27,3 °C, seguido por el mes de julio que presentó con 24,9 °C y finalmente el mes de agosto con un promedio actual 25,2 °C.



**Figura 7 Humedad de vivero de mayo a agosto**

La Figura 7 muestra la humedad media en todo el periodo de estudio. Se observa que en el mes de mayo se registró menor humedad (79,5 %), los meses de junio y julio presentaron el mismo promedio con mayor humedad (83,4 %) y el mes de agosto con menor humedad (79,3 %).

### 5.3. Variables Agronómicas

Con los datos obtenidos en campo y el respectivo análisis estadístico se presentan los resultados de la investigación con sus respectivas interpretaciones y discusiones, bajo el

siguiente esquema: en primer lugar se presentan las variables de respuesta con sus respectivos cuadros y figuras, posterior a ello se presentan los análisis de varianza, interpretando los resultados de cada análisis, paralelamente se presentan las pruebas de medias, realizadas a través de Duncan al 5% considerando también la discusión acerca de cada variable de respuesta.

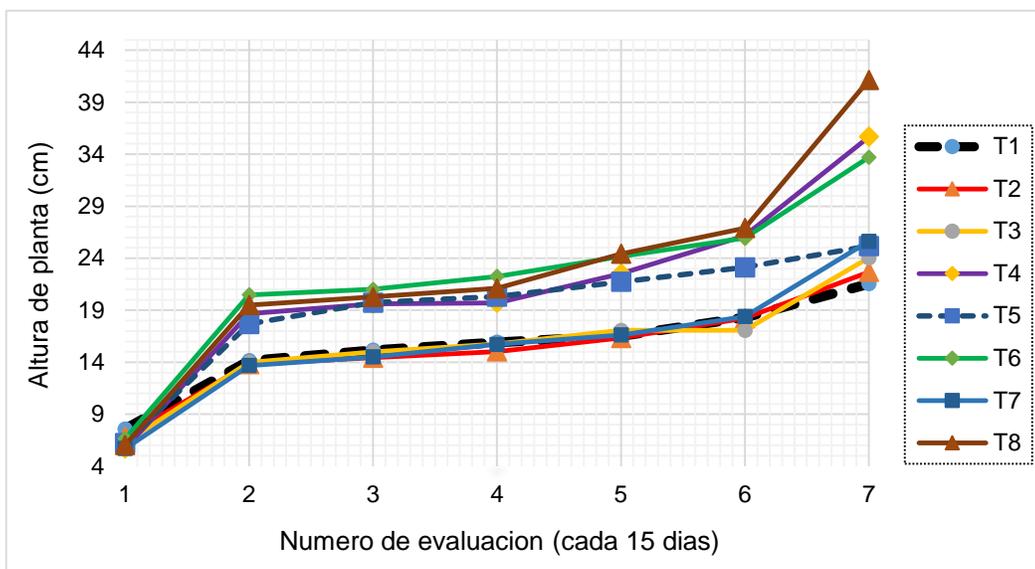
### 5.3.1. Altura de planta (cm)

En el Cuadro 10 se muestra el análisis de varianza de todo el periodo de tiempo evaluado donde se obtuvieron los siguientes resultados para la variable altura de planta (cm), donde a la primera evaluación no existieron diferencias significativas, atribuyendo esto a que *Trichoderma* fue estableciéndose dentro del sustrato, pero a los siguientes días 30, 45, 60, 75, 90 y 105 días se obtuvieron resultados altamente significativos para los dos factores en estudio y la interacción. A los 105 días de evaluación se obtuvo un promedio de 41.14 cm, en cacao foráneo y cacao nacional boliviano con 35.68 cm, para la dosis 120%.

**Cuadro 10. Análisis de varianza durante el periodo de 105 días para la altura de la planta (cm)**

Evaluaciones de altura de planta (cm) cada 15 días									
Trat.	Dosis	Portainjerto	15	30	45	60	75	90	105
T1	0%	CNB	7,58 <sup>a</sup>	14,14 <sup>d</sup>	15,16 <sup>c</sup>	15,92 <sup>d</sup>	16,53 <sup>c</sup>	18,31 <sup>c</sup>	21,54 <sup>e</sup>
T2	80%	CNB	6,88 <sup>ab</sup>	13,83 <sup>d</sup>	14,43 <sup>c</sup>	15,03 <sup>d</sup>	16,32 <sup>c</sup>	18,23 <sup>c</sup>	22,67 <sup>de</sup>
T3	100%	CNB	6,30 <sup>ab</sup>	13,97 <sup>d</sup>	15,00 <sup>c</sup>	15,75 <sup>d</sup>	17,07 <sup>c</sup>	17,07 <sup>c</sup>	24,04 <sup>cde</sup>
T4	120%	CNB	5,72 <sup>b</sup>	18,65 <sup>bc</sup>	19,62 <sup>b</sup>	19,72 <sup>c</sup>	22,53 <sup>ab</sup>	26,15 <sup>a</sup>	35,68 <sup>b</sup>
T5	0%	F. (IMC 67)	6,22 <sup>ab</sup>	17,68 <sup>c</sup>	19,72 <sup>b</sup>	20,30 <sup>bc</sup>	21,74 <sup>b</sup>	23,11 <sup>b</sup>	25,17 <sup>cd</sup>
T6	80%	F. (IMC 67)	6,64 <sup>ab</sup>	20,48 <sup>a</sup>	21,01 <sup>a</sup>	22,25 <sup>a</sup>	24,17 <sup>a</sup>	25,94 <sup>a</sup>	33,70 <sup>b</sup>
T7	100%	F. (IMC 67)	5,70 <sup>b</sup>	13,68 <sup>d</sup>	14,51 <sup>c</sup>	15,72 <sup>d</sup>	16,62 <sup>c</sup>	18,40 <sup>c</sup>	25,64 <sup>c</sup>
T8	120%	F. (IMC 67)	6,03 <sup>ab</sup>	19,49 <sup>ab</sup>	20,27 <sup>ab</sup>	21,10 <sup>b</sup>	24,43 <sup>a</sup>	26,90 <sup>a</sup>	41,14 <sup>a</sup>
P-valor. Dosis			0,1219-NS	0,0001-**	0,0001-**	0,0001-**	0,0001-**	0,0001-**	0,0001-**
P-valor. Portainjerto			0,1936-NS	0,0001-**	0,0001-**	0,0001-**	0,0001-**	0,0001-**	0,0001-**
P-valor. Portainjerto*Dosis			0,1219-NS	0,0001-**	0,0001-**	0,0001-**	0,0001-**	0,0002-**	0,0005-**
Valor: R <sup>2</sup>			0,42	0,92	0,97	0,98	0,93	0,95	0,97
C.V. (%)			13,32	5,95	3,63	2,63	5,53	5,08	5,34

CV: Coeficiente de variación; \* significativo; \*\* altamente significativo; NS: no significativo; CNB: Cacao Nacional Boliviano; C.F. IMC-67: Cacao foráneo



**Figura 8 Evaluación de la variable altura de planta**

La Figura 8 muestra que, durante el período de evaluación de 105 días, el T8 fue y el T6 tuvieron mayores promedios para la variable altura de planta, en comparación a los tratamientos T1, T7, T2 y T3, que mostraron los menores promedios durante todo el período de evaluación.

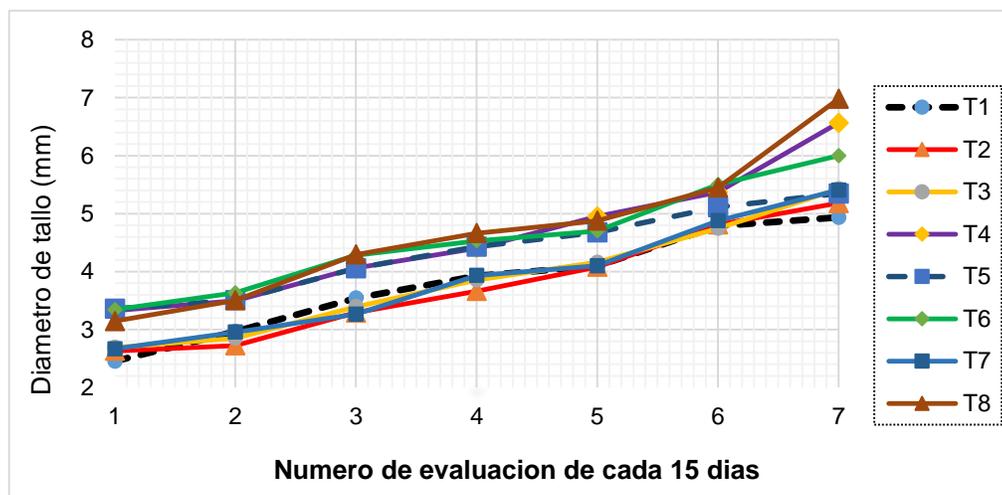
### 5.3.2. Diámetro de tallo (mm)

En el cuadro 11 se muestra el análisis de varianza de todo el periodo de evaluación de 105 días, donde se obtuvieron los siguientes resultados para la variable diámetro de tallo (mm) a la primera evaluación se observaron altamente significativos, atribuyendo el efecto de *Trichoderma* en cada etapa evaluada, y de forma similar para las evaluaciones a los días 30, 45, 60, 75, 90 y 105 días para los dos factores en estudio junto a la interacción de ambos factores, con un promedio de 6.98 mm, en cacao foráneo y cacao nacional boliviano con 6.57 mm, correspondiente a la dosis 120% a la última evaluación (105 días).

**Cuadro 11 Análisis de varianza durante todo el periodo de tiempo en diámetro de tallo (mm)**

Evaluaciones de diámetro de tallo (mm) cada 15 días									
Trat.	Dosis	Porta injerto	15	30	45	60	75	90	105
T1	0%	CNB	2,45 <sup>b</sup>	2,97 <sup>b</sup>	3,54 <sup>b</sup>	3,93 <sup>b</sup>	4,09 <sup>b</sup>	4,79 <sup>b</sup>	4,93 <sup>e</sup>
T2	80%	CNB	2,63 <sup>b</sup>	2,72 <sup>b</sup>	3,29 <sup>b</sup>	3,66 <sup>b</sup>	4,08 <sup>b</sup>	4,81 <sup>b</sup>	5,18 <sup>de</sup>
T3	100%	CNB	2,69 <sup>b</sup>	2,85 <sup>b</sup>	3,39 <sup>b</sup>	3,86 <sup>b</sup>	4,16 <sup>b</sup>	4,74 <sup>b</sup>	5,42 <sup>d</sup>
T4	120%	CNB	3,33 <sup>a</sup>	3,50 <sup>a</sup>	4,07 <sup>a</sup>	4,41 <sup>a</sup>	4,95 <sup>a</sup>	5,37 <sup>a</sup>	6,57 <sup>b</sup>
T5	0%	F. (IMC 67)	3,36 <sup>a</sup>	3,51 <sup>a</sup>	4,06 <sup>a</sup>	4,43 <sup>a</sup>	4,68 <sup>a</sup>	5,11 <sup>ab</sup>	5,35 <sup>d</sup>
T6	80%	F. (IMC 67)	3,34 <sup>a</sup>	3,63 <sup>a</sup>	4,28 <sup>a</sup>	4,53 <sup>a</sup>	4,70 <sup>a</sup>	5,50 <sup>a</sup>	6,00 <sup>c</sup>
T7	100%	F. (IMC 67)	2,67 <sup>b</sup>	2,95 <sup>b</sup>	3,27 <sup>b</sup>	3,93 <sup>b</sup>	4,10 <sup>b</sup>	4,88 <sup>b</sup>	5,41 <sup>d</sup>
T8	120%	F. (IMC 67)	3,14 <sup>a</sup>	3,50 <sup>a</sup>	4,30 <sup>a</sup>	4,66 <sup>a</sup>	4,88 <sup>a</sup>	5,45 <sup>a</sup>	6,98 <sup>a</sup>
P-valor Dosis			0,0006- <sup>**</sup>	0,0031- <sup>**</sup>	0,0007- <sup>**</sup>	0,0001- <sup>**</sup>	0,0001- <sup>**</sup>	0,0069	0,0001- <sup>**</sup>
P-valor Porta injerto			0,0002- <sup>**</sup>	0,0006- <sup>**</sup>	0,0024- <sup>**</sup>	0,0001- <sup>**</sup>	0,0010- <sup>**</sup>	0,0119	0,0001- <sup>**</sup>
P-valor Porta injerto*Dosis			0,0001- <sup>**</sup>	0,0118- <sup>*</sup>	0,0182- <sup>*</sup>	0,0094- <sup>**</sup>	0,0014- <sup>**</sup>	0,2196	0,0163- <sup>*</sup>
Valor: R <sup>2</sup>			0,85	0,77	0,78	0,85	0,88	0,66	0,95
C.V. (%)			6,06	7,06	7,24	4,32	3,66	5,18	3,4

CV: Coeficiente de variación; \* significativo; \*\* altamente significativo; NS: no significativo; CNB: Cacao Nacional Boliviano; C.F. IMC67: Cacao foráneo



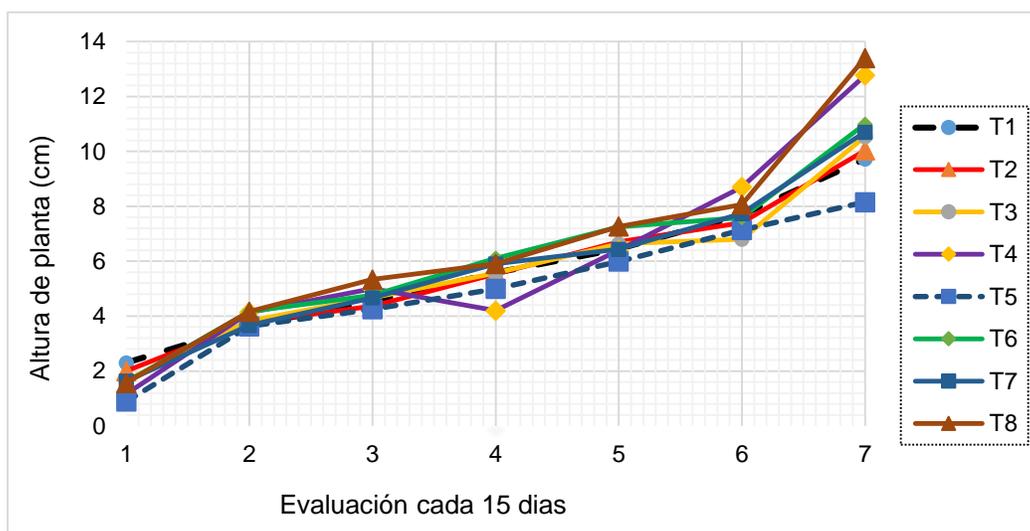
**Figura 9 Evaluación del variable diámetro de tallo (mm)**

En el cuadro 12 muestra el análisis de varianza del período total de evaluación, donde se obtuvieron los siguientes resultados para el variable número de hojas. A la primera evaluación se observaron resultados variados, no se observaron diferencias significativas durante la mayor parte de las evaluaciones, a excepción a los 105 días donde se observa diferencias altamente significativas para factor dosis de 120%.

**Cuadro 12. Análisis de varianza durante todo el periodo de tiempo en número de hojas**

Evaluaciones de numero de hojas cada 15 días									
TRAT.	Dosis	Porta injerto	15	30	45	60	75	90	105
T1	0%	CNB	2,30 <sup>a</sup>	3,67 <sup>a</sup>	4,52 <sup>a</sup>	5,58 <sup>a</sup>	6,46 <sup>a</sup>	7,69 <sup>ab</sup>	9,72 <sup>bc</sup>
T2	80%	CNB	2,00 <sup>ab</sup>	3,77 <sup>a</sup>	4,37 <sup>a</sup>	5,53 <sup>a</sup>	6,70 <sup>a</sup>	7,40 <sup>ab</sup>	10,03 <sup>b</sup>
T3	100%	CNB	1,67 <sup>abc</sup>	3,83 <sup>a</sup>	4,67 <sup>a</sup>	5,57 <sup>a</sup>	6,63 <sup>a</sup>	6,80 <sup>b</sup>	10,54 <sup>b</sup>
T4	120%	CNB	1,17 <sup>cd</sup>	4,13 <sup>a</sup>	5,00 <sup>a</sup>	4,20 <sup>b</sup>	6,40 <sup>a</sup>	8,70 <sup>a</sup>	12,77 <sup>a</sup>
T5	0%	F. (IMC 67)	0,89 <sup>d</sup>	3,63 <sup>a</sup>	4,25 <sup>a</sup>	5,00 <sup>ab</sup>	5,99 <sup>a</sup>	7,13 <sup>b</sup>	8,15 <sup>c</sup>
T6	80%	F. (IMC 67)	1,60 <sup>bc</sup>	4,17 <sup>a</sup>	4,76 <sup>a</sup>	6,10 <sup>a</sup>	7,24 <sup>a</sup>	7,59 <sup>ab</sup>	10,99 <sup>b</sup>
T7	100%	F. (IMC 67)	1,63 <sup>abc</sup>	3,67 <sup>a</sup>	4,67 <sup>a</sup>	5,90 <sup>a</sup>	6,43 <sup>a</sup>	7,73 <sup>ab</sup>	10,70 <sup>b</sup>
T8	120%	F. (IMC 67)	1,57 <sup>bc</sup>	4,17 <sup>a</sup>	5,33 <sup>a</sup>	5,90 <sup>a</sup>	7,27 <sup>a</sup>	8,07 <sup>ab</sup>	13,40 <sup>a</sup>
P-valor Dosis			0,2596-NS	0,0401-*	0,1585-NS	0,2009-NS	0,3391-NS	0,0586-NS	0,0001-**
P-valor Porta injerto			0,0268-*	0,6324-NS	0,6417-NS	0,0877-NS	0,5463-NS	0,9534-NS	0,9135-NS
P-valor Portainjerto*Dosis			0,0036-**	0,4067-NS	0,7427-NS	0,0700-NS	0,3954-NS	0,2250-NS	0,1608-NS
Valor: R2			0,66	0,46	0,32	0,52	0,31	0,47	0,79
C.V. (%)			22,64	7,55	12,43	12,44	11,18	9,26	9,14

CV: Coeficiente de variación; \* significativo; \*\* altamente significativo; NS: no significativo; CNB: Cacao Nacional Boliviano; F IMC67: Cacao foráneo

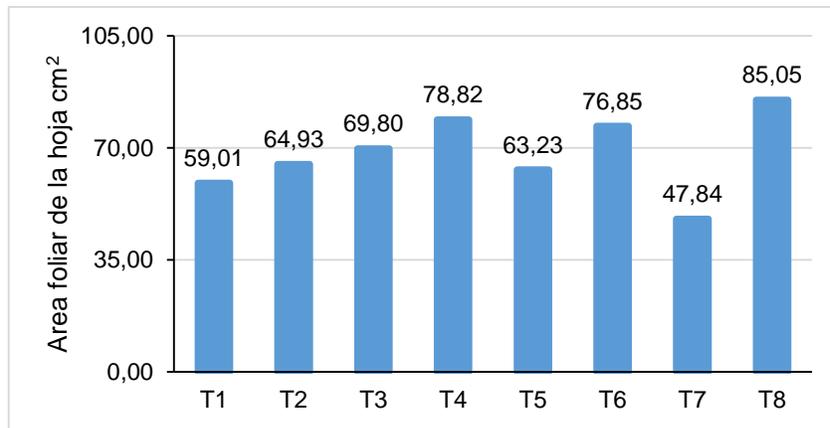


**Figura 10 Evaluación del variable número de hojas**

En el Cuadro 13 se muestra el análisis de varianza de todo el periodo de tiempo evaluado donde se obtuvieron los siguientes resultados para la variable área foliar de la hoja (cm<sup>2</sup>) se mostró los resultados altamente significativos en factor dosis e interacción portainjerto por dosis en plantines de cacao.

**Cuadro 13. Análisis de varianza durante todo el periodo de tiempo en área foliar (cm<sup>2</sup>)**

Evaluación de área foliar de la hoja cm <sup>2</sup>			
TRAT.	Dosis	Porta injerto	
T1	0%	CNB	59,01
T2	80%	CNB	64,93
T3	100%	CNB	69,80
T4	120%	CNB	78,82
T5	0%	F. (IMC 67)	63,23
T6	80%	F. (IMC 67)	76,85
T7	100%	F. (IMC 67)	47,84
T8	120%	F. (IMC 67)	85,05
P-valor Dosis			0,0001-**
P-valor Portainjerto			0,9712-NS
P-valor Portainjerto*Dosis			0,0027-**
Valor: R2			0,8
C.V. (%)			10,02



**Figura 11 Evaluación del variable Área foliar de la hoja**

### 5.3.2.1. Altura de planta (cm) a los 105 días después del repique

El Cuadro 14 de análisis de varianza, muestra el coeficiente de variación de 5,34% indica para la variable altura de planta, indicando que existió un manejo adecuado de las unidades experimentales, ya que se encuentra en un rango aceptable.

Según el análisis de varianza para la variable altura de planta, se logró evidenciar que existen diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ), tanto para el Factor Porta injerto ( $p < 0,0001$ ) altamente significativo, también para el Factor Dosis ( $p < 0,0001$ ) igualmente para la Interacción Porta injerto por Dosis ( $p = 0,0005$ ), mostrando que para esta variable existen diferencias

altamente significativas, por lo que se procedió a realizar la prueba de comparación mediante Duncan para los diferentes factores de variación.

**Cuadro 14 Análisis de varianza para altura de planta (cm) evaluada a los 105 días después del repique**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Duncan (5%)
Porta injerto	176,84	1	176,84	75,21	<0,0001	**
Dosis	828,46	3	276,15	117,44	<0,0001	**
Porta injerto*Dosis	73,92	3	24,64	10,48	0,0005	**
Error	37,62	16	2,35			
Total	1116,9	23				
CV = 5,34%						

(p<0.01): altamente significativo \*\*

#### Prueba Duncan al (5%) para la variable altura de planta (cm)

En relación a los porta injertos (Factor 1), el Cuadro 15 y la Figura 12, muestran que la mayor altura de planta promedio fue la del Cacao Foráneo (IMC-67) teniendo un promedio de 31,41 (cm) y en cambio el Cacao Nacional Boliviano (CNB) se mostró con un resultado menor, teniendo un promedio de 25,98 (cm) de altura de la planta.

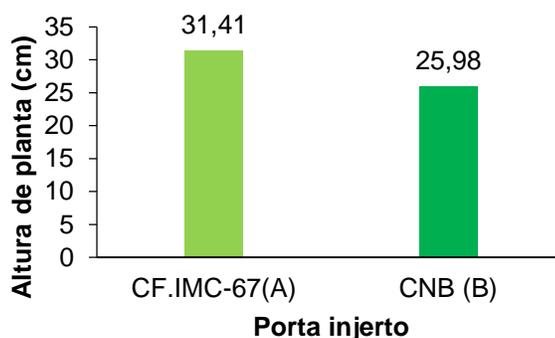
También se puede observar la existencia de dos grupos, donde la altura de planta se diferencia estadísticamente entre los Porta injertos Cacao Foráneo (IMC-67) y Cacao Nacional Boliviano.

**Cuadro 15. Prueba Duncan (5%) del Factor Porta injertos *T. harzianum***

Porta injertos	Medias	n	E.E.	Duncan (5%)
CF. IMC-67	31,41	12	0,44	A
CNB	25,98	12	0,44	B

CNB: Cacao Nacional Boliviano

CF (IMC 67): Cacao Foráneo



**Figura 12 Altura de planta (cm) de Porta injertos**

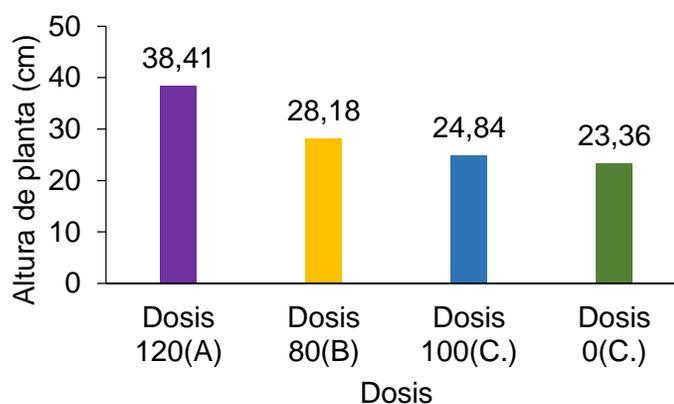
El cuadro 16 y la Figura 12 según la comparación de Duncan al 5% se pudo observar para el Factor Dosis, que las cuatro dosis de aplicación se diferencian en su valor alcanzado, donde la mayor altura de planta obtenida fue la de la Dosis 120% de aplicación con un promedio igual

38,41 (cm), posteriormente al 80% de dosis de aplicación se tuvo un promedio de 28,18 (cm), seguido por la Dosis 100% con un promedio de 24,84 (cm) y finalmente al 0% con promedio de 23,36 (cm), con un menor valor en comparación a las tres dosis de *Trichoderma*.

También se puede observar la existencia de tres grupos diferentes en altura de planta, donde se mostraron diferencias estadísticas en las cuatro dosis aplicados con *Trichoderma harzianum* de forma diferente. La Dosis 120% se diferencia de las otras dosis, seguidas por la Dosis 80%, posteriormente le siguen las Dosis 100% y Dosis 0%, las cuales no difieren estadísticamente entre sí.

**Cuadro 16 Prueba Duncan al (5%) del Factor Dosis de *T. harzianum***

Dosis	Medias	n	E.E.	Duncan (5%)
120%	38,41	6	0,63	A
80%	28,18	6	0,63	B
100%	24,84	6	0,63	C
0%	23,36	6	0,63	C



**Figura 13 Altura de planta (cm) de Dosis**

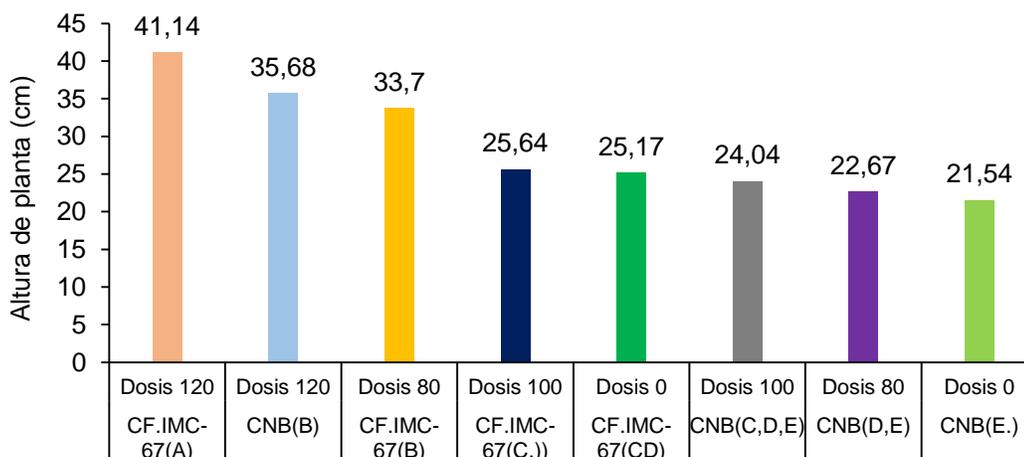
Según el cuadro 17 y la Figura 13 para la variable altura de planta (cm) se observan diferencias altamente significativas a los 105 días después de la siembra en el efecto de la interacción Porta injerto por Dosis con la aplicación *Trichoderma harzianum*.

Se observa que la interacción CF IMC67 por Dosis 120% presentó el mayor promedio de altura de planta (41,14 cm), diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos. Seguidamente, CNB por Dosis 120% y CF IMC67 por Dosis 80% no difieren estadísticamente entre sí, y presentan los promedios de altura más altos después de CF IMC67 por Dosis 120%. Para los tratamientos CF IMC67 por Dosis 100, CF IMC67 por Dosis 0, CNB por Dosis 0, CNB por Dosis 100 y CNB por Dosis 80, no se presentaron diferencias estadísticas entre sí.

Finalmente, el tratamiento CNB por Dosis 0% presentó el menor promedio de altura de planta (21,54 cm) y se diferencia estadísticamente de los demás tratamientos.

**Cuadro 17. Prueba Duncan (5%) Interacción Porta injerto por Dosis para la variable Altura de planta (cm) *T. harzianum***

Porta injertos	Dosis	Medias	n	E.E.	Duncan (5%)
CF. IMC-67	Dosis 120	41,14	3	0,89	A
CNB	Dosis 120	35,68	3	0,89	B
CF. IMC-67	Dosis 80	33,7	3	0,89	B
CF. IMC-67	Dosis 100	25,64	3	0,89	C
CF. IMC-67	Dosis 0	25,17	3	0,89	C D
CNB	Dosis 100	24,04	3	0,89	C D E
CNB	Dosis 80	22,67	3	0,89	D E
CNB	Dosis 0	21,54	3	0,89	E



**Figura 14 Altura de planta de interacción Porta injerto – Dosis**

En el Cuadro 18 también se observa que el tratamiento CF IMC-67\* Dosis 120 superó a los demás tratamientos en altura, diferenciándose estadísticamente de los demás grupos, sin embargo, el segundo grupo también mostró altos promedios para los tratamientos CNB\*Dosis 120. Tanto para el cacao nacional boliviano (CNB) y el cacao foráneo (CF IMC-67), los tratamientos con la Dosis 120, obtuvieron las mayores alturas en comparación a los demás tratamientos. Se destaca el presente resultado, dado que el crecimiento del CNB suele presentar mayor lentitud en su desarrollo productivo en la fase de vivero.

Otros estudios como el de Ormeño y Ovalle (s.f.) evaluó el efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la calidad química de los suelos cacaoteros y el crecimiento de las plántulas en

vivero en el Fundo Zamorano, obtuvieron una altura de planta de 25,0 cm a los 122 días donde los mejores resultados fueron el tratamiento 3 (Te de estiércol al 10%).

En el presente estudio realizado en el área de Vivero de la Estación Experimental Sapecho, se obtuvo a los 105 días las siguientes alturas en plantines de Cacao Foráneo IMC-67: CF IMC-67\*Dosis 120 (41,14 cm), CF IMC-67\*Dosis 80 (33,7 cm), CF IMC-67\*Dosis 100 (25,64 cm), y CF IMC-67\*Dosis 0 Testigo (25,17 cm). En cambio, para plantines de Cacao Nacional Boliviano, las alturas obtenidas para los diferentes tratamientos fueron: CNB\*Dosis 120 (35,68 cm), CNB\*Dosis 100 (24,04 cm), CNB\*Dosis 80 (22,67 cm), CNB\*Dosis 0 testigo (21,64 cm). Al comparar estos resultados con los obtenidos por Ormeño y Ovalle (s.f.), se observa que las alturas obtenidas para los plantines de Cacao Foráneo con las diferentes cuatro dosis de *Trichoderma* (0, 80, 100 y 120%) superaron el promedio obtenido por el estudio indicado (25,0 cm). Para el caso de los plantines de cacao nacional boliviano, sólo los plantines con la dosis 120% de *Trichoderma* superaron esa altura.

Según Arvelo et al. (2017) la enjertación en cacao se realiza a los 3 a 3,5 meses (115 días) después cuando el patrón alcance una altura de 10 a 15 cm. Las alturas obtenidas en el presente estudio superaron la altura recomendada por el autor a los 105 días después de la siembra, en especial, los tratamientos con adición de *Trichoderma harzianum*. En la mayor parte de los casos, se alcanzó esta altura aproximadamente a los 60 días después de la siembra, infiriéndose que exista un efecto del tipo de porta injertos, las condiciones climáticas de la zona y finalmente la adición de *Trichoderma*, que influyeron en alcanzar la altura recomendada en un menor tiempo al indicado por Arvelo et al., (2017).

Al respecto la investigación de Cahuana (2021), sobre la Evaluación del efecto de diferentes sustratos en el desarrollo de los plantines de cacao en Centro Experimental Ceibo Localidad Sapecho, determinó que el tratamiento Tierra del lugar + bocashi obtuvo una mayor altura de planta, esto debido que tiene como fuente de nitrógeno gallinaza en su preparación y alcanzó la altura promedio mayor de 33,43 cm a los 3 meses. Contrastando los resultados del presente estudio con los resultados obtenidos por Cahuana (2021), se tiene que los tratamientos que más se aproximaron fueron los obtenidos con los tratamientos CF IMC67 Dosis 120 (26,90 cm), CNB Dosis 120 (26,15 cm) y CF IMC67 Dosis 80 (25,94 cm). Las diferencias pueden estar justificadas con la textura del sustrato, dado que como lo indica Cahuana (2021), la

mezcla de tierra de abono +bocashi favoreció al crecimiento y desarrollo del sistema radicular y proporcionó nutrientes necesarios a la planta.

El estudio de Calle (2005), que comparó diferentes sustratos, obtuvo para el tratamiento testigo (solo tierra) el mayor valor de altura de plantas en comparación a otros tratamientos, obteniendo 39,10 cm de altura a los 138 días, en plantines de cacao de la variedad (IMC-67) en el vivero de la Estación Experimental Sapecho. Para el presente estudio, fueron obtenidos mayores promedios de altura de planta para el cacao foráneo CF IMC67 con Dosis 120% (41,14 cm) a los 105 días de evaluación, observándose que la aplicación de *Trichoderma* influye en el incremento de la altura de los plantines. Con el tratamiento con cacao nacional boliviano y la dosis 120% fueron obtenidos valores cercanos (35,68 cm).

Por otro lado, otros estudios como el Romero et al. (2008) también constataron un efecto de *Trichoderma* en parámetros de altura, diámetro, peso radicular y de la parte aérea, en comparación a la tecnología convencional, en especies forestales en vivero. Los autores indican que plantines creciendo en sustrato colonizado por *Trichoderma harzianum* presentan un 24% más de altura que plantines producidos en sustrato sin inoculación. Estos resultados coinciden con los resultados obtenidos en el presente estudio, dado que las menores alturas de planta obtenidas fueron para los tratamientos con la Dosis 0% de *Trichoderma*, tanto para el Cacao foráneo (CF IMC67) y el cacao nacional boliviano (CNB).

#### **5.3.2.2. Diámetro de tallo (mm) a los 105 días después del repique**

El Cuadro 18 muestra el Análisis de varianza realizado para el diámetro de tallo, donde se observa que el coeficiente de variación es igual a 3,40%, lo que indica que hubo un manejo adecuado de las unidades experimentales, ya que se encuentra en un rango aceptable.

Mediante el análisis de varianza efectuado para el diámetro de tallo, se logró evidenciar que existen diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) para el Factor Porta injerto ( $p < 0.0001$ ), significativas ( $p < 0.05$ ) para el Factor Dosis ( $p < 0.0001$ ) y también diferencias significativas para su interacción ( $p = 0.0163$ ), mostrando que al menos un tratamiento tuvo un comportamiento diferente. En tal sentido se realizó la prueba de medias a través de Duncan para verificar estas diferencias.

**Cuadro 18. Análisis de varianza para diámetro de tallo (mm) evaluada a los 105 días después del repique**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Duncan (5%)
Porta injerto	1	1	1	26,17	0,0001	**
Dosis	9,3	3	3,1	81,48	<0,0001	**
Porta injerto*Dosis	0,53	3	0,18	4,63	0,0163	*
Error	0,61	16	0,04			
Total	11,43	23				
CV = 3,40%						

(p<0.01): altamente significativo \*\*

(p<0.05): significativo \*

**Prueba Duncan al (5%) para el variable diámetro de tallo (cm)**

En relación a los porta injertos (Factor 1), el Cuadro 19 y la Figura 15, muestran que el mayor diámetro de tallo fue el del Cacao Foráneo (IMC 67) teniendo con un promedio de 5,93 (mm) y para el Cacao Nacional Boliviano (CNB) se obtuvo un resultado menor, teniendo un promedio de 5,53 (mm).

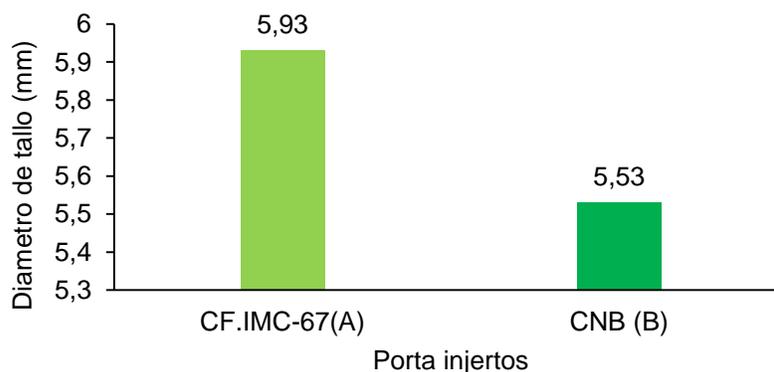
De esta forma, se puede observar la existencia de dos grupos, donde el diámetro de tallo difiere estadísticamente entre los Porta injertos Cacao Foráneo (IMC 67) y Cacao Nacional Boliviano, siendo esta diferencia igual a 0,40 mm entre ambos tipos de cultivares

**Cuadro 19. Prueba Duncan (5%) del Factor Porta injertos *T. harzianum***

Porta injertos	Medias	n	E.E.	Duncan (5%)
CF. IMC-67	5,93	12	0,06	A
CNB	5,53	12	0,06	B

CNB: Cacao Nacional Boliviano

CF (IMC 67): Cacao Foráneo

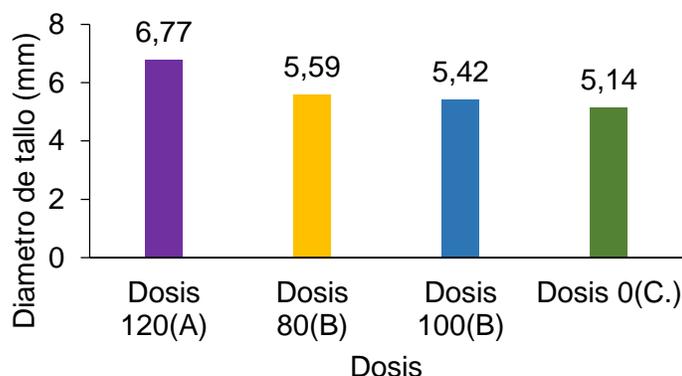


**Figura 15 Diámetro de tallo (mm) de Porta injertos**

De acuerdo al Cuadro 20 y la Figura 15 según la comparación de medias de Duncan al 5%, se puede observar que las cuatro dosis de aplicación se diferencian estadísticamente, donde el mayor diámetro de tallo fue el de la Dosis 120% con la aplicación *Trichoderma harzianum*, con un promedio de 6,77 (mm). Posteriormente la Dosis 80% de aplicación obtuvo un promedio de 5,59 (mm), seguido por la Dosis 100% con un promedio de 5,42 (mm), verificándose que no existen diferencias significativas entre ambas dosis. Finalmente, la Dosis 0% obtuvo un promedio de 5,14 (mm), siendo el menor promedio obtenido en relación a las otras tres dosis, y diferenciándose estadísticamente.

**Cuadro 20. Prueba Duncan al (5%) del Factor Dosis de *T. harzianum***

Dosis	Medias	n	E.E.	Duncan (5%)
120%	6,77	6	0,08	A
80%	5,59	6	0,08	B
100%	5,42	6	0,08	B
0%	5,14	6	0,08	C



**Figura 16 Diámetro de tallo (mm) de Dosis**

Según al Cuadro 21 y la Figura 16 para el variable diámetro de tallo se observan diferencias significativas a los 105 días después de la siembra en el efecto de la interacción Porta injerto por Dosis de aplicación de *Trichoderma harzianum*, siendo que los grupos (A, B, y C) se diferencian estadísticamente entre sí, en las cuales están Cacao Foráneo (IMC-67) 120%, CNB 120% y Cacao Foráneo (IMC-67) 80%, en cambio los grupos D y E con los tratamientos CNB 100%, CF (IMC-67) 100%, CF (IMC-67) 0%, CNB 80% y CNB 0% no difieren estadísticamente entre sí. con un promedio de 4,93 (mm) diámetro de tallo.

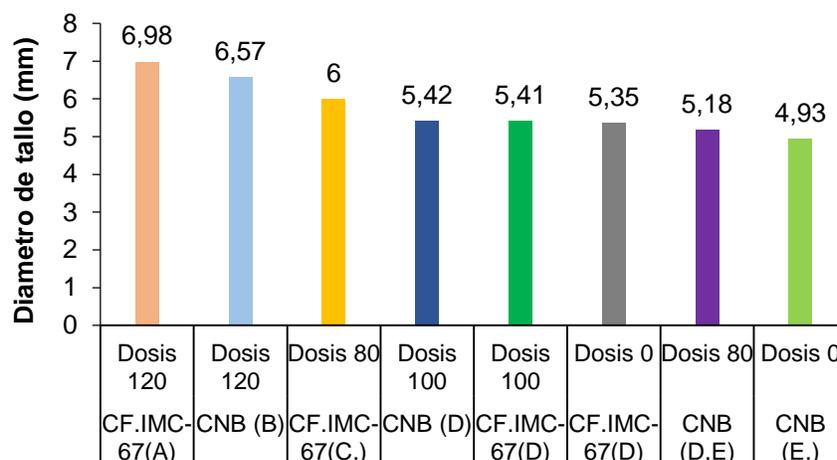
También se observa que el tratamiento CF IMC67 Dosis 120 obtuvo el mayor diámetro de tallo a los 105 días después de la siembra (6.98 mm), seguido del tratamiento CNB Dosis 120 (6.57 mm) y el tratamiento CF IMC67 Dosis 80 (6.00 mm). Tanto para el caso del cacao foráneo (CF

IMC 67) como para el cacao nacional boliviano (CNB), los menores diámetros correspondieron a la Dosis 0%.

**Cuadro 21. Prueba Duncan (5%) Interacción Porta injerto por Dosis para el variable Diámetro de tallo (mm) *T. harzianum***

Porta injertos	Dosis	Medias	n	E.E.	Duncan (5%)
CF. IMC-67	Dosis 120	6,98	3	0,11	A
CNB	Dosis 120	6,57	3	0,11	B
CF. IMC-67	Dosis 80	6	3	0,11	C
CNB	Dosis 100	5,42	3	0,11	D
CF. IMC-67	Dosis 100	5,41	3	0,11	D
CF. IMC-67	Dosis 0	5,35	3	0,11	D
CNB	Dosis 80	5,18	3	0,11	D E
CNB	Dosis 0	4,93	3	0,11	E

CNB: Cacao Nacional Boliviano  
CF (IMC 67): Cacao Foráneo



**Figura 17 Diámetro de tallo (mm) de interacción Porta injerto – Dosis**

Cahuana (2021) realizó un estudio sobre la evaluación de diferentes sustratos en desarrollo de los plantines de cacao en el Centro Experimental del Ceibo, en la variedad ICS-6 con el propósito de acelerar el crecimiento para alcanzar la etapa de injertación que requiere el Ceibo, donde obtuvo con el T2 (tierra del lugar + compost de cascara de cacao) con un diámetro de tallo 6,21 mm, a los 3 meses después de la siembra. Contrastando los resultados del presente estudio con los resultados obtenidos por Cahuana (2021), se tiene que los tratamientos que más se aproximaron fueron los tratamientos CF IMC67 Dosis 120 (6,98 mm), CNB Dosis 120 (6,57 mm) y CF IMC67 Dosis 80 (6,0 mm). Donde superaron al estudio en engrosamiento y desarrollo radicular.

El diámetro de tallo obtenido en el estudio de plantines de cacao de Ormeño y Ovalle (s.f.) donde el mayor diámetro de tallo alcanzado fue a los 122 días que se presentó en el T4 (Testigo, sustrato sin aplicación de abonos) También aplicó el hongo benéfico *Trichoderma harzarium* en el momento de la siembra a todos los tratamientos, con un promedio de 5,2 (mm) en su estudio sobre el efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la calidad química de los suelos cacaoteros y el crecimiento de las plántulas en vivero de Fundo Zamorano El Chama Municipio Alberto.

El estudio de Calle (2005) que comparó diferentes sustratos, obtuvo para el tratamiento (una parte de bocashi + dos partes de mezcla de tierra) que presentó buena estructura y textura, facilitando el crecimiento y desarrollo del sistema radicular, presentando con mayor diámetro de 7mm en 125 días después de la siembra en plantines de cacao var. IMC-67, vivero de la Estación Experimental Sapecho. Para el presente estudio, fueron obtenidos mayores promedios en diámetro de tallo para el cacao foráneo CF IMC67 con Dosis 120% (6,98 mm) a los 105 días de evaluación, observándose que la aplicación de *Trichoderma* influye en el incremento de la altura de los plantines. Con el tratamiento con cacao nacional boliviano y la dosis 120% fueron obtenidos valores cercanos (6,57 mm).

Según Arvelo et al. (2017) la injertación en cacao se realiza a los 3 a 3,5 meses (115 días) después cuando el patrón alcance un diámetro de 4 a 5 mm. Los diámetros obtenidos en el presente estudio superaron el diámetro recomendado por el autor, con un promedio en Cacao Foráneo IMC-67 (6,77 mm) y en Cacao Nacional Boliviano con (5,59 mm) a los 105 días después de la siembra, con diámetros mayores al aplicarse *Trichoderma harzianum*.

### **5.3.2.3. Número de hojas a los 105 días después del repique**

De acuerdo al Cuadro 22. Análisis de varianza, muestra el coeficiente de variación de 9,14% indica para la variable número de hojas, indicando que existió un manejo adecuado de las unidades experimentales, ya que se encuentra en un rango aceptable.

Según el análisis de varianza para la variable número de hojas, se logró evidenciar diferencias no significativas (NS) ( $p > 0.05$ ), y altamente significativas ( $p < 0.01$ ), para el Factor Porta injerto ( $p = 0,9135$ ) no significativo, también para la Interacción Porta injerto por Dosis ( $p = 0,1608$ ), y para el Factor Dosis ( $p = 0,0001$ ) mostrando altamente significativo en la variable número de hojas mediante la prueba de Duncan.

Entre los porta injertos y la interacción porta injerto por dosis no existe diferencias estadísticas ya que las medias obtenidos en la recolección de datos de los diferentes tratamientos tienen

similitud en la cantidad de hojas que tienes los dos tipos de porta injertos de cacao. Esto da a entender que la *Trichoderma Harzianum* aplicados en la investigación tuvieron una similitud en el efecto, ya que la *Trichoderma harzianum* cuenta con ventajas de biocontrol de métodos químicos, interacciones simbióticas con las plantas y otros microbios colonizadores de las raíces como rizobios y micorrizas, cuyas interacciones se pueden extender en el tiempo (Harman et al. 2008).

**Cuadro 22. Análisis de varianza para número de hojas evaluada a los 105 días después del repique**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Duncan (5%)
Porta injerto	0,01	1	0,01	0,01	0,9135	NS
Dosis	52,84	3	17,61	18,11	<0,0001	**
Porta injerto*Dosis	5,72	3	1,91	1,96	0,1608	NS
Error	15,56	16	0,97			
Total	74,13	23				
CV = 9,14%						

(p> 0.05): No significativo NS

(p<0.01): altamente significativo \*\*

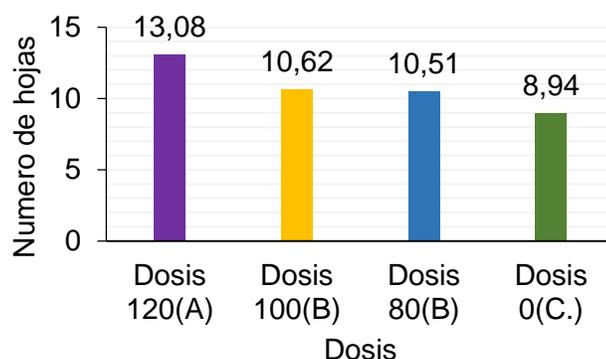
#### **Prueba Duncan al (5%) para el variable número de hojas**

Según el Cuadro 23 y la Figura 18 demuestra la comparación de Duncan al 5% donde se observa que las cuatro dosis de aplicación se diferencian en su valor alcanzado, donde el mayor número de hojas fue el de la Dosis 120% de aplicación con un promedio igual 13,08, posteriormente al 100% de dosis de aplicación tuvieron un promedio de 10,62, seguido por la Dosis 80% con un promedio de 10,51 y finalmente al 0% con promedio 8,94 con un menor resultado.

También se puede observar la existencia de grupos, numero de hojas no difiere estadísticamente entre las Dosis 100% y 80%, mientras que la Dosis 120% se diferencia de las otras dosis, y de la misma forma sucede con la Dosis 0%.

**Cuadro 23. Prueba Duncan al (5%) del Factor Dosis de *T. harzianum***

Dosis	Medias	n	E.E.	Duncan (5%)
120%	13,08	6	0,4	A
100%	10,62	6	0,4	B
80%	10,51	6	0,4	B
0%	8,94	6	0,4	C



**Figura 18 Número de hojas de Dosis**

Al respecto en un estudio realizado sobre la evaluación del efecto de diferentes sustratos en el desarrollo de los plantines de cacao en Centro Experimental vivero Ceibo- Sapecho, donde se evaluaron el comportamiento de plantines de cacao en vivero, se determinó que las plantas se desarrollaron óptimamente en el tratamiento 4 (tierra del lugar + bocashi), presentando mayor número de hojas con un promedio de 11,33 hojas/planta a los 3 meses.

Un comportamiento similar se reporta en el estudio de Calle (2005), que indica que los tratamientos Tierra (100%) y tierra + bocashi (2 – 1) obtuvieron mayores resultados en número de hojas/planta 12 en ambos tratamientos y el que presento el menor número de hojas fue el tratamiento Tierra + Gallinaza (2-1) con un promedio de 9 hojas/planta en plantines de cacao en vivero de la Estación Experimental Sapecho.

Ormeño y Ovalle (s.f.). En su estudio sobre el efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la calidad química de los suelos cacaoteros y el crecimiento de las plántulas en vivero en el Fundo Zamorano, obtuvo 11,7 en número de hojas a los 122 días donde los mejores resultados fueron el T3, (Te de estiércol al 10%).

Según Arvelo et al. (2017) menciona la enjertación en cacao se realiza a los 3 a 3,5 meses (115 días) después cuando el patrón alcance a partir de 6 hojas verdaderas por delante. En número de hojas obtenidas en el presente estudio superaron con el autor recomendada, con un promedio de 13,08 hojas/planta a los 105 días después de la siembra, en especial aplicando con la Dosis 120% más alta de *Trichoderma harzianum*

#### 5.3.2.4. Área foliar de la hoja a los 105 días después del repique

El Cuadro 24 de Análisis de varianza, muestra el coeficiente de variación de 10,02%, que indica que existió un manejo adecuado de las unidades experimentales, ya que se encuentra en un rango aceptable.

Según el análisis de varianza para la variable área foliar de la hoja, se logró evidenciar que existieron diferencias no significativas, (NS) donde ( $p > 0.05$ ) para el Factor Porta injerto ( $p=0.9712$ ), y diferencias altamente significativo donde ( $p < 0.01$ ), para Factor dosis ( $p=0.0001$ ) y para la Interacción Porta injerto por Dosis ( $p=0.0027$ ), se mostrando con diferencias altamente significativos para la variable área foliar de la hoja mediante la prueba de Duncan.

**Cuadro 24. Análisis de varianza para área foliar de la hoja evaluada a los 105 días después del repique**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Duncan (5%)
Porta injerto	0,06	1	0,06	1,30E-03	0,9712	NS
Dosis	2003,86	3	667,95	14,32	0,0001	**
Porta injerto*Dosis	1021,93	3	340,64	7,3	0,0027	**
Error	746,33	16	46,65			
Total	3772,18	23				
CV= 10,02%						

( $p > 0.05$ ): No significativo NS

( $p < 0.01$ ): altamente significativo \*\*

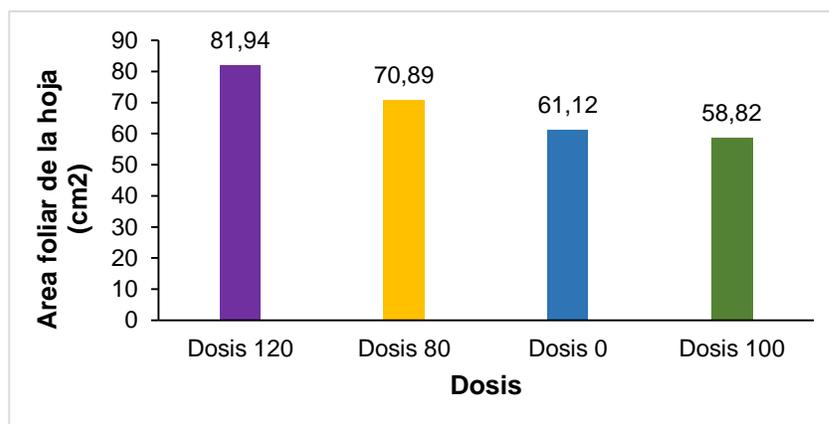
#### Prueba Duncan al (5%) para la variable área foliar de la hoja

El Cuadro 25 y la Figura 19 según la comparación de Duncan al 5% se pudo observar que las cuatro dosis de aplicación *Trichoderma harzianum* se diferencian en su valor alcanzado, donde la mayor área de las hojas fue el de la Dosis 120% de aplicación con un promedio igual 81,94 cm<sup>2</sup>, posteriormente al 80% de dosis de aplicación tuvieron un promedio de 70,89 cm<sup>2</sup>, seguido por la Dosis 0% con un promedio de 61,12 cm<sup>2</sup> y finalmente al 100% con promedio 58,82 con un menor resultado.

También se puede observar la existencia de los grupos, de área foliar de las hojas no difiere estadísticamente entre las Dosis 80%, 0% y 100% mientras que la Dosis 120% se diferencia de las otras dosis.

**Cuadro 25. Prueba Duncan al (5%) del Factor Dosis de *T. harzianum***

Dosis	Medias	n	E.E.	Duncan (5%)
120%	81,94	6	2,79	A
80%	70,89	6	2,79	B
0%	61,12	6	2,79	C
100%	58,82	6	2,79	C



**Figura 19 Área foliar de la hoja cm<sup>2</sup> de Dosis**

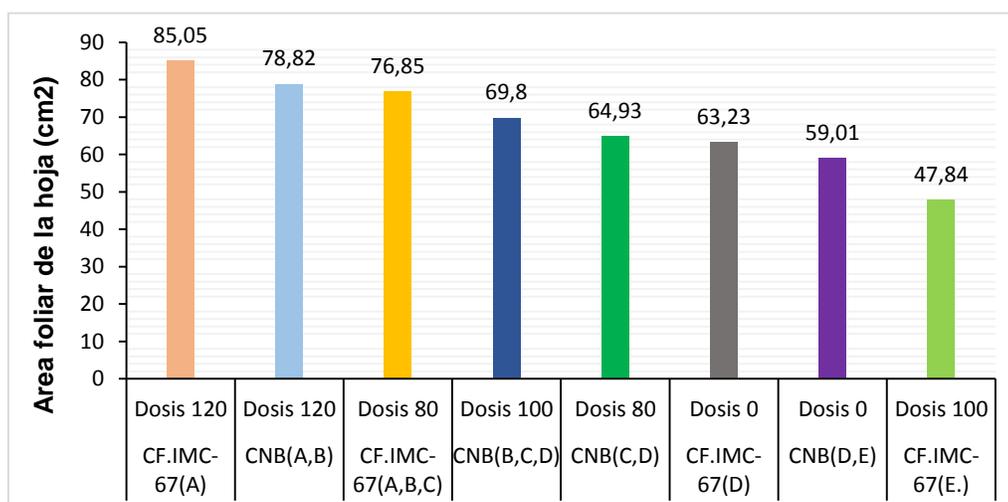
Según al Cuadro 26 y la Figura 19. Para la variable área foliar de la hoja se observan los siguientes resultados a los 105 días después de la siembra en el efecto de la interacción Porta injerto por Dosis de aplicación *Trichoderma harzianum*, en el grupo A: se presentan (Cacao Foráneo (IMC-67) 120%, CNB 120%, Cacao Foráneo (IMC-67) 80%), se diferencian del grupo B: (CNB 120%, Cacao Foráneo (IMC-67) 80%, CNB 100%), seguido por el grupo C: (Cacao Foráneo (IMC-67) 80%, CNB 100%, CNB 80%), posteriormente por el grupo D: (CNB 100%, CNB 80%, CF (IMC-67) 0%, CNB 0%) finalmente el grupo E: (CNB 0% y CF (IMC-67) 100%) donde se difieren estadísticamente entre sí.

**Cuadro 26. Prueba Duncan (5%) Interacción Porta injerto por Dosis para el variable Área foliar de la hoja cm<sup>2</sup> *T. harzianum***

Porta injertos	Dosis	Medias	n	E.E.	Duncan (5%)
CF. IMC-67	Dosis 120	85,05	3	3,94	A
CNB	Dosis 120	78,82	3	3,94	A B
CF. IMC-67	Dosis 80	76,85	3	3,94	A B C
CNB	Dosis 100	69,8	3	3,94	B C D
CNB	Dosis 80	64,93	3	3,94	C D
CF. IMC-67	Dosis 0	63,23	3	3,94	D
CNB	Dosis 0	59,01	3	3,94	D E
CF. IMC-67	Dosis 100	47,84	3	3,94	E

CNB: Cacao Nacional Boliviano

CF (IMC 67): Cacao Foráneo



**Figura 20** Área foliar de la hoja cm<sup>2</sup> de interacción Porta injerto – Dosis

Por otra parte, De la Maza et al. (2003) Citado por Cahuana (2021), en un estudio del efecto del compost y bocashi en el crecimiento de los plantines de cacao, mencionan que cuando se incorpora materia orgánica al sustrato, su resultado tuvo mayor área foliar de 45 cm<sup>2</sup> y cuando no se aplicó 38 cm<sup>2</sup>, resaltando la relación directa entre el crecimiento de la planta con el área foliar.

El estudio de Bailey et, al. (2008) menciona que *Trichoderma* mediante el micoparasitismo, antibiosis, en adición a otros atributos tales como las propiedades endofíticas, y/o inducción de la resistencia, pueden mejorar enormemente la posibilidad de desarrollo funcional de estrategias de biocontrol para las enfermedades del cacao. Esto se relaciona con los resultados obtenidos en el presente estudio, dado que una mayor área foliar, se relaciona al comportamiento fisiológico de las plantas.

#### 5.4. Costos de producción.

El costo de producción es importante porque nos muestra la factibilidad de la investigación o actividades.

De acuerdo con el objetivo planteado, en el estudio, se realizó el análisis de la muestra las diferencias que existe entre diferentes dosis aplicados en la producción de plantines de cacao en vivero.

Para determinar el beneficio costo se tiene la siguiente formula:

Relación de B/C >1 el agricultor tiene ingresos.

Relación de B/C =1 no gana ni pierde.

Relación de B/C <1 pierde el agricultor.

**Cuadro 27. Análisis de beneficio/costos de los tratamientos**

<b>ANÁLISIS DE C/B DE LOS TRATAMIENTOS</b>								
<b>Costos de producción</b>	<b>Cacao Nacional Boliviano</b>				<b>Cacao Foráneo (IMC-67)</b>			
	<b>T1/0%</b>	<b>T2/80%</b>	<b>T3/100%</b>	<b>T4/120%</b>	<b>T5/0%</b>	<b>T6/80%</b>	<b>T7/100%</b>	<b>T8/120%</b>
Plantas totales	24	30	29	30	27	28	30	30
Precio Bs/plantas	3	3	3	3	3	3	3	3
Beneficio bruto total	72	90	87	90	81	84	90	90
Costo total producción por tratamiento	47,06	58,958	59,8555	43,0505	43,31	49,055	59,8555	43,0505
Beneficio neto BN= BB-CT	24,94	31,042	27,1445	46,9495	37,69	34,946	30,1445	46,9495
<b>ANÁLISIS DE RENTABILIDAD</b>								
Relacion Costo/Beneficio	1,53	1,53	1,45	2,09	1,87	1,71	1,50	2,09

\*1 jornal= 100 Bs = 8 horas

1 hora= 12.5 Bs

Como podemos observar en el cuadro 27, en el porta injerto Cacao Nacional Boliviano el tratamiento 4 con Dosis 120% de *T. harzianum* que tuvo mayor ganancia con 2,09 de utilidad neta y en Cacao Foráneo IMC-67 el tratamiento 8, con la Dosis más elevado 120% de *T. harzianum* con 2,09 de utilidad neta.

La aplicación de *Trichoderma harzianum* con la dosis más alta de 120% tuvo mayor ganancia en los dos tipos de porta injertos porque no se invirtieron en costos de preparación y aplicación ni la compra de insumos como para los demás tratamientos.

Los costos de producción de plantines en vivero disminuyen cuando se producen en grandes cantidades, el manejo es lo más importante debido al cuidado que se debe brindar para obtener plantines sanas y vigorosas que sean resistentes a las condiciones del lugar definitivo (Cortez, 2015).

## 6. CONCLUSIONES

De acuerdo a todos los resultados obtenidos de la investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- Para el Factor Dosis de *Trichoderma harzianum* se tuvo mayor efecto para la dosis 120% en las variables altura de planta a los 105 días de evaluación, con un promedio de 41.14 cm, en Cacao Foráneo IMC-67 y Cacao Nacional Boliviano con un promedio de 35,68 cm. Para el diámetro de tallo en Cacao Foráneo IMC-67 se tuvo una media de 5.93 mm y Cacao Nacional Boliviano se tuvo un resultado menor de 5.53 mm. Posteriormente el número de hojas se presenta con un promedio igual 13.08, y finalmente en la variable área foliar de las hojas tuvieron una variabilidad significativa teniendo mayor área foliar en los tratamiento Cacao Foráneo IMC-67 que presentó la mayor área foliar con un promedio de 85.05 cm<sup>2</sup> y el Cacao Nacional Boliviano un promedio de 78.82 cm<sup>2</sup>.
- Se logró determinar el efecto de *Trichoderma harzianum* en dos tipos de porta injertos de cacao en la fase inicial de vivero, con las variables altura de planta donde se presentó mayor efecto Cacao Foráneo IMC-67 seguido por el Cacao Nacional Boliviano, posteriormente la variable Diámetro de tallo se presentó de la misma manera, habiéndose alcanzado el diámetro adecuado para la injertación en un período de 105 días para ambos cultivares.
- El análisis de los costos de producción parciales para todos los tratamientos mediante la relación C/B, mostro que la dosis 120% para el cacao nacional boliviano presenta un valor igual a 2.09, que supera en 0,64 Bs en promedio, a los otros tres tratamientos. El cacao foráneo IMC-67 también presenta un valor de la relación C/B igual a 2,09, diferenciándose en promedio, en 0,59 bs en comparación a los otros tratamientos, por lo que se concluye que la aplicación de *Trichoderma harzianum* se presenta como una alternativa altamente rentable para la producción de plantines de cacao en vivero.

## 7. RECOMENDACIONES

Finalizado el trabajo de investigación y con base a los resultados obtenidos se tiene las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda realizar la aplicación de *Trichoderma* mediante el riego a los plantines de cacao a través de aplicaciones con *Trichoderma harzianum* ya sea en el sustrato o mediante aplicaciones foliares con la finalidad de mejorar la producción, considerando a su vez que las aplicaciones deben ser periódicas puesto que los productos orgánicos tienen una composición menor al de los productos químicos.
- Es necesario realizar un registro detallado de las frecuencias de aplicación y de las dosis utilizadas, para observar y poder realizar un seguimiento adecuado de las mismas en relación a la respuesta del cultivo, esto con la finalidad de ajustar dosis y frecuencias.
- Es sumamente importante tomar en cuenta el momento de aplicación, por ello se recomienda realizar las aplicaciones en horas de la mañana o en horas de la tarde, donde existe mayor acción estomática (apertura de estomas),
- En función a los resultados obtenidos en la presente investigación para plantines de cacao en fase de vivero, se recomienda la realización de más estudios en otras especies de vivero, para la estimación de dosis y frecuencias adecuadas de *Trichoderma*.
- Con base a los tratamientos encontrados en el presente estudio, se observa que la dosis 120% tuvo mejores resultados tanto para el cacao nacional boliviano como para plantines de Cacao Foráneo, en la cual destaca el Cacao Nacional Boliviano que tiene características de desarrollo lento en vivero, mediante la aplicación de *Trichoderma harzianum* el CNB obtuvo un comportamiento similar al cacao foráneo en el mismo periodo de tiempo, por tanto se recomienda la dosis 120%, que también se mostró económicamente es rentable.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- Arvelo, M., Gonsales, D., Maroto, S., Delgado, T., y Montoya, P., 2017. Manual Técnico del cultivo de Cacao Practicas Latinoamérica, Disponible <http://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cacao4.asp>, Costa Rica.
- Benitez, T., Rincón, A.M., Limón, M.C., y Codón, A.C. 2004. Bio control mechanisms of *Trichoderma* strains. *International Microbiology*, v. 7, p. 249-260. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&>.
- Carrasco S., C. y Chali B., O. 2008. El cacao en Bolivia una alternative economica de base campesina indigena. Centro de Investigacion y promocion del Campesinado (CIPCA).
- Cadena M., F.; Ticona C.; y Mamani E. 2021. Manejo de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijensis*) del banano (*Musa acuminata*) con la aplicación de *Trichoderma harzianum*. 7(3) 2242.
- Calle V., J., M. 2005. Efecto de abonos organicos sobre el crecimiento de plantines de cacao (*Theobroma cacao* L.) en vivero, Sapecho - Alto Beni. La Paz.
- Chilon E. s.f. Manual de fertilidad de suelos. Centro de Investigaciones y Difusión de Alternativas Tecnológicas para el Desarrollo (C.I.D.A.T).
- Chepsergon J., Mwamburi, L., y Kipkemboi, M. (2012). Mechanism of drought tolerance in plants using *Trichoderma* spp. *International Journal of Science and Research*, v. 3 (11), 1592-1595.
- Estivarez C., M., E. (2020). Criterios de selección para plantas elites de Cacao Nacional Boliviano (*Theobroma cacao* L.), en la Estación Experimental de Sapecho, Alto Beni, Bolivia. La Paz – Bolivia.
- Gutiérrez, L. A. (2012). Manual de producción de cacao fino de aroma a través de manejo ecológico. Universidad de Cuenca Fac. Ciencias Agropecuarias. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd =&cad=rja&>.

- Garcia, C. L. 2017. Mejoramiento genético del cacao. En: Diplomado en cultivos industriales tropicales. Ed. UNAS. Tingo María.
- Gary E. Harman, T. B. 2014. Cambiar paradigmas sobre el modo de acción y usos de *Trichoderma spp.* Departamento de Ciencias Hortícolas, Universidad de Cornell, Ginebra, NY 14456, EE. UU.
- Harman, G.E.; Bjorkman, T.; Ondik, K. y Shoresh, M. (2008). Of action and uses of *Trichoderma spp.* For biocontrol. V.19 (1):24-29.
- Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal. 2021. INIAF invierte más de 40 millones de bolivianos para potenciar la productividad y calidad del cacao boliviano. Noticias del día 18 de julio; <https://www.iniaf.gob.bo/webiniaf/index.php/componet>.
- La cadena de valor del cacao en América Latina y el Caribe. (2019) Plataforma multiagencia de cacao para América Latina y el Caribe: Cacao 2030- 2050 (Fondo semilla). INIAP.
- Montero V., A. y Venegas P., A. (2008). Utilización del hongo *Trichoderma*: Una alternativa para producir sin causar al medio ambiente. publicación bajo la coordinación de la Secretaria Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuario (SEPSA), Dirección Regional Pacífico Central del Ministerio Agricultura y Ganadería con el financiamiento del programa de Fomento de la Producción Agropecuaria Sostenible (PFPAS).
- Mamani, J. R. (2018). Caracterización morfológica de cacao nacional boliviano (*Theobroma cacao* L.), en la Estación Experimental de Sapecho, Alto Beni, Bolivia. La Paz – Bolivia.
- Mendoza V., C. (2013). El cultivo de cacao, opción rentable para la selva. Programa Selva Central DESCO. Centro de estudios y promoción del desarrollo.
- Maldonado, C. (2012). Generalidades del cultivo de cacao. Cultivo de cacao. Apuntes y recopilación sobre el cultivo de cacao. Docente investigador en café y cacao. Bolivia. 16p. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source>.
- María A.; Ormeño D., y Adrián O. (s.f.) efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la calidad química de los suelos cacaoteros y el crecimiento de las plántulas en

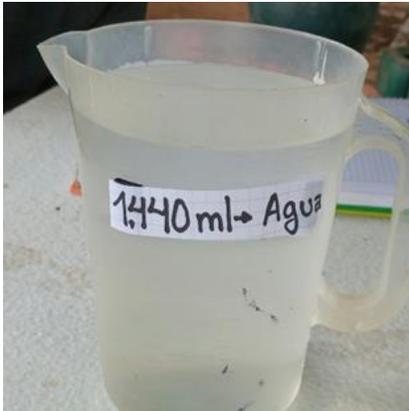
vivero.instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, INIA– Mérida. Av. Urdaneta, edif. INIA.Apartado 425. Mérida, [mormeno@inia.gob.ve](mailto:mormeno@inia.gob.ve); [ovalleadrian@gmail.com](mailto:ovalleadrian@gmail.com).

- Meza, N. y Bautista, D. (1999). Estimación del área foliar en plantas jóvenes de níspero (*Manilkara achras* [Miller] Fosberg) sometidas a dos ambientes de luz. *Bioagro* 11(1): 24 – 28.
- Osorio S., R. A. (2010). Estudio del efecto de *Trichoderma harzianum* en el control de *Moniliophthora roreri* en plantas de *Theobroma cacao* en el Provincia de Esmeralda. Quito.
- Pomella, A., W., V. y Ribeiro, R.T.S. (2009). Control biológico com *Trichoderma* em Grandes Culturas-Uma visão Empresarial. In. Bettioli, W.; Morandi, M.A.B (Org.). *Biocontrole de Doenças de Plantas: Uso e perspectivas*. Jaguariuna-SP, p. 239 – 244.
- Quispe G., J.; Perez C., E.; Condori T., S.; Arana S., M., y Maldonado C. (2016). Manual de manejo de cacao "Experiencias de la región de Alto Beni, Bolivia. Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF).
- Ruiz E., F., H.; Murillo A., B.; García H., J., L.; Troyo D., E.; Palacios E., A.; Beltrán M., A.; Fenech L., L.; Zamora S., S.; Marrero L., P.; Nieto G., A. y Cruz P., O. 2007. Mediciones lineales en la hoja para la estimación no destructiva del área foliar en albahaca (*Ocimum basilicum* L.), 13 (1), 29-34.
- Romero, G.; Crosara, A. y Baraibar, A. (2008). *Trichoderma harzianum* un biocontrol y biopromotor en vivero de especies forestales, *Ciencia e Investigación Forestal-Instituto Forestal Chile*, 14 (2), 335 – 345
- Rojas C. 2019. Aplicación de *Trichoderma spp.* Como controlador de *Phytophthora capsici* Leo. en *Capsicum annuum* L. "ají páprika" var. *papri king*, bajo condiciones de vivero, huacho.
- Ribeiro, T. 2009. Fungo *Trichoderma spp.* No controle de fitopatógenos: Dificuldades e perspectivas. Monografía apresentada para o Título de Especialista, Curso de Pós-graduacao. Porto Alegre, Brasil.

- Rojas, J. J. (2018). Bioestadísticas y Diseños Experimentales con M. S. Excel. La Paz Bolivia.
- Sánchez, M.; Gonzales D.; Maroto, S.; Delgado L.; y Montoya P. (2017). Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas latinoamericanas por IICA se encuentra bajo una Licencia Creative. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <https://www.google.com/repositorio.iica.int%2Fbitstream%2F1>.
- Sivila, N., y Alvarez, S. (2013). Producción artesanal de *Trichoderma*. 1a ed. - San Salvador de Jujuy: Universidad Nacional de Jujuy. <https://www.google.com/-de-trichoderma-2013>.
- Santin, R., C., M. (2008). Potencial do uso dos fungos *Trichoderma* spp. E *Paecilomyces lilacinus* no biocontrole de *Meloidogyne incognita* em *Phaseolus vulgaris*. Tesis de Doctorado para optar al grado de Doctoren Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- *Trichoderma harzianum*, *T. viride*, *T. koningii*, *T. hamatum* (Deuteromycetes: Moniliales). 2002. (en línea). Disponible: <http://www.iicasaninet.net/pub/sanveg/html/biocontrol/patogenos/trichoderma.html>
- Velez, G., y Castillon, F. (2018). Producción y conservación de semillas nativas y criollas de buena calidad y sanidad. Taller de screen.
- Vinale, F.; Sivasithamparam, K.; Ghisalberti, E. L.; Marra, R.; Woo, S. L., y Lorito, M. 2008. A novel role for *Trichoderma* secondary metabolites in the interactions with plants. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 72, 80-86. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2008.05.005>.

## 9. ANEXOS

### ANEXO 1 Fotografías



### ANEXO 2 Datos de altura de planta (cm) a los 105 días de evaluación

Muestras	Altura de planta (cm)																							
	T1			T2			T3			T4			T5			T6			T7			T8		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	16,2	24,5	22,8	19,5	27,5	27,5	22,8	22,5	24,8	29,8	35,5	34,8	23,2	29,2	24,5	39,5	M	41,5	27,2	22,5	22,5	36,8	32,5	37,5
2	25,2	27,5	20,2	29,5	27,5	27,8	25,5	22,5	23,5	39,5	38,6	33,5	23,5	28,5	26,5	37,5	29,5	30,5	23,5	31,5	21,5	42,7	43,8	36,5
3	29,5	23,5	M	14,5	23,8	18,8	29,8	25,5	26,5	35,5	34,5	38,8	11,5	19,5	26,3	32,5	33,8	30,5	29,5	31,2	24,5	45,8	39,8	37,6
4	24,5	M		17,2	24,8	28,8	19,5	16,5	22,5	23,8	32,8	38,5	39,5	25,2	28,5	18,2	37,8	35,8	25,8	26,8	23,8	22,8	39,5	44,8
5	17,5	24,5	M		19,5	19,5	22,5	19,8	23,8	25,2	38,7	35,8	35,5	18,2	22,5	19,5	33,2	35,5	36,5	23,8	25,8	20,5	43,6	39,2
6	17,2	20,5	23,5	19,8	20,2	24,2	27,3	M	19,8	28,2	29,8	35,5	30,5	M	M	34,5	29,2	34,8	26,7	26,8	21,8	43,5	38,7	41,4
7	22,3	22,5	23,8	18,2	19,5	21,3	23,6	24,2	22,3	39,2	38,5	38,5	32,2	27,5	21,8	37,8	27,5	34,5	25,5	26,5	16,5	35,5	42,5	39,8
8	26,5	M	M	26,5	21,5	26,8	21,5	28,8	27,2	34,5	35,8	35,8	M	35,2	29,5	39,5	34,8	32,8	18,2	34,5	23,5	42,8	39,5	
9	22,4	20,5	17,2	19,5	17,8	18,2	25,8	21,5	28,2	38,5	34,5	32,2	32,5	28,5	15,5	32,8	M	32,5	28,5	32,8	32,2	47,2	46,2	38,5
10	19,3	10,8	M	30,5	21,8	23,3	21,8	25,5	24,5	36,5	36,8	34,8	33,5	24,5	23,5	34,8	25,8	36,8	25,2	28,2	24,8	42,3	45,8	45,8
Suma	220,6	174,3	125	222,3	227,9	229,9	234,4	217	246	353,2	358	358,9	230,3	243,9	205	359,9	251,9	336,2	254,9	283,6	230,6	419,7	413,8	400,8
Promedio	22,06	21,79	20,8	22,23	22,79	22,99	23,44	24,1	24,6	35,32	35,8	35,89	25,59	27,1	22,8	35,99	31,49	33,62	25,49	28,36	23,06	41,97	41,38	40,08

### ANEXO 3 Datos de diámetro de tallo (mm) a los 105 días de evaluación

Muestras	Diámetro de tallo (mm)																							
	T1			T2			T3			T4			T5			T6			T7			T8		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	4,88	4,88	2,92	5,03	4,63	5,12	5,87	4,48	5,93	5,65	6,79	6,21	6,49	5,28	5,44	6,79	M	6,48	5,76	4,71	5,31	6,92	6,84	6,54
2	6,09	5,56	6,47	5,07	5,19	5,12	5,32	5,88	5,81	6,72	6,27	6,61	6,18	6,27	5,29	5,97	6,49	5,29	4,57	5,58	4,33	6,22	7,72	7,89
3	4,87	4,62	M	4,28	5,22	5,51	5,47	5,64	5,04	6,81	6,74	6,89	4,49	4,04	5,96	4,75	5,71	6,08	5,87	5,79	5,13	6,58	7,75	6,74
4	4,81	4,81	4,18	5,09	5,51	4,74	5,24	5,25	5,03	5,41	7,12	5,98	5,35	5,02	4,59	5,43	5,64	4,98	4,91	5,64	5,82	6,39	6,52	7,57
5	4,13	M	M	4,48	5,53	5,51	5,09	5,08	5,98	6,83	6,75	6,42	3,56	5,48	4,13	5,81	5,04	M	6,36	5,78	5,83	7,02	7,49	6,21
6	5,16	5,27	5,48	4,73	4,91	5,71	5,68	M	4,91	7,21	5,67	6,72	5,42	M	M	6,24	5,89	6,22	5,24	5,61	5,57	5,84	6,22	7,84
7	4,77	4,78	5,58	5,07	3,84	5,55	4,78	4,52	5,58	6,85	6,85	6,98	5,62	6,78	5,25	6,02	6,34	5,67	6,03	5,86	5,82	6,83	7,83	6,89
8	5,19	5,34	M	5,08	7,05	6,35	5,84	5,33	5,85	5,42	6,82	5,49	M	5,98	5,71	6,25	6,01	6,64	4,44	5,62	4,13	6,35	6,86	7,52
9	4,75	4,13	4,91	4,58	3,92	5,25	5,66	5,35	5,58	6,63	6,59	7,43	5,07	5,22	3,93	5,38	M	5,03	5,67	5,79	5,27	7,35	7,56	6,57
10	4,88	M	M	6,09	5,43	5,87	5,82	5,57	5,91	7,37	6,93	6,79	5,73	6,33	5,73	5,21	5,49	M	4,58	5,82	5,37	6,85	6,83	7,58
SUMA	49,53	39,39	29,5	49,5	51,23	54,73	54,77	47,1	55,6	64,9	66,5	65,52	47,91	50,4	46	57,85	46,61	46,39	53,43	56,2	52,58	66,35	71,62	71,35
PROM	4,953	4,924	4,92	4,95	5,123	5,473	5,477	5,23	5,56	6,49	6,65	6,552	5,323	5,6	5,11	5,785	5,826	5,799	5,343	5,62	5,258	6,635	7,162	7,135

### ANEXO 4 Datos de número de hojas a los 105 días de evaluación

Muestras	Número de hojas																							
	T1			T2			T3			T4			T5			T6			T7			T8		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	8	9	11	10	11	10	10	8	10	9	12	14	11	10	3	12	M	10	11	10	10	14	10	11
2	10	8	8	9	11	10	9	10	11	11	13	11	9	10	7	13	12	14	9	11	10	12	12	12
3	10	M	M	7	9	9	10	14	14	14	15	10	2	5	6	12	8	10	12	9	11	15	12	13
4	9	8	12	12	13	11	14	12	9	13	14	15	15	7	8	13	9	11	12	9	9	15	15	10
5	9	9	M	7	12	11	10	7	8	8	13	13	7	11	6	13	13	10	13	9	9	14	13	16
6	9	10	11	10	13	12	11	M	9	10	12	15	10	M	5	15	9	11	12	12	9	13	15	16
7	10	11	14	10	8	9	13	12	10	13	12	12	7	6	10	15	7	10	18	11	5	15	15	14
8	10	9	M	9	10	12	6	14	10	16	14	13	M	9	10	14	9	11	13	15	8	16	14	13
9	10	8	8	10	6	6	10	13	11	13	15	15	11	7	6	8	10	9	14	11	11	13	16	14
10	10	M	M	11	14	9	9	10	11	15	10	13	11	9	9	12	10	10	8	10	10	13	10	11
Suma	95	72	64	95	107	99	102	100	103	122	130	131	83	74	70	127	87	106	122	107	92	140	132	130
Promedio	9,5	9	10,7	9,5	10,7	9,9	10,2	11,1	10,3	12,2	13	13,1	9,222	8,222	7	12,7	9,667	10,6	12,2	10,7	9,2	14	13,2	13

### ANEXO 5 Datos de área foliar de la hoja (cm2) a los 105 días de evaluación

Muestras	Area foliar																							
	T1			T2			T3			T4			T5			T6			T7			T8		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
	580,5	385,3	453	564	646,8	546,7	754,5	659	549	659,2	786	938,1	632,7	704,9	327	736,6	649,8	794,5	638,5	712,3	453,2	763,4	891,66	955,1
	56,4	63,1	57,5	69,17	64,94	60,67	70,36	70,5	68,5	76,29	82	78,17	72,31	72,3	45,1	84,18	78,76	67,61	50,48	44,03	48,99	85,01	83,305	86,83

### ANEXO 6 Cálculo de costos de producción

Costos de producción	Unidad	Precio Unitario(Bs)	Cacao Nacional Boliviano				Cacao Foráneo (IMC-67)				
			T1/0%	T2/80%	T3/100%	T4/120%	T5/0%	T6/80%	T7/100%	T8/120%	
Bolsa	unidad	0,15	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Semilla	unidad	0,1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sustrato	volumen	0,1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Trichoderma	gramos	0,22	0	3,5904	4,488	4,488	0	2,992	4,488	4,488	4,488
Té de estiércol	litros	4	0	1,68	1,68	1,5	0	1,5	1,68	1,68	1,5
Mano de obra	jornal	100	36,56	43,188	43,1875	26,5625	32,81	34,0625	43,1875	26,5625	26,5625
Cantidad plantines	unidad		24	30	29	30	27	28	30	30	30
Costo total producción por tratamiento	Bs		47,06	58,958	59,8555	43,0505	43,31	49,0545	59,8555	43,0505	43,0505
Costo unitario	Bs		1,961	1,9653	2,063983	1,43502	1,604	1,75195	1,99518	1,43502	1,43502
Beneficio bruto total			3	72	90	87	90	81	84	90	90
Precio venta unitario			3	3	3	3	3	3	3	3	3
Relación Beneficio/Costo			1,53	1,5265	1,453501	2,09057	1,87	1,71238	1,50362	2,09057	2,09057
Beneficio neto BN= BB-CT			24,94	31,042	27,1445	46,9495	37,69	34,9455	30,1445	46,9495	46,9495

### ANEXO 7 Cálculo de té de estiércol por tratamiento

Cantidad total Té de estiércol	2,52
Precio por litro	4
Precio total	10,08
Precio por tratamiento	1,68

### ANEXO 8 Cálculo de costos de mano de obras

Mano de obra en 105 días	Horas									
	horas	Por Trat.	T1/0%	T2/80%	T3/100%	T4/120%	T5/0%	T6/80%	T7/100%	T8/120%
Recolección semilla	1	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
Almácigo	1	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
Siembra	2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Embolsado	4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Riego	4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2
Enfilado	1	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
Labores culturales	8	1	1,3	1	1	0,4	1,3	1	1	0,4
Aplicación Trichoderma	5	0,8333333	0	0,83	0,83	0,4	0	0,4	0,83	0,4
Total horas	26	3,4583333	2,925	3,455	3,455	2,125	2,625	2,725	3,455	2,125
costo en Bs.			36,56	43,188	43,1875	26,5625	32,81	34,0625	43,1875	26,5625
Días hasta el diámetro óptimo			105	105	105	90	90	90	105	90

### ANEXO 9 Análisis de varianza para altura de la planta (cm) evaluada a los 45 días después de la siembra

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Duncan (5%)
Porta injerto	0,08	1	0,08	0,22	0,6417	NS
Dosis	2,02	3	0,67	1,97	0,1585	NS
Porta injerto*Dosis	0,43	3	0,14	0,42	0,7427	NS
Error	5,45	16	0,34			
Total	7,97	23				
CV = 12,43%						

### ANEXO 10 Análisis de varianza para altura de la planta (cm) evaluada a los 60 días después de la siembra

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Duncan (5%)
Porta injerto	1,53	1	1,53	3,31	0,0877	NS
Dosis	2,41	3	0,8	1,73	0,2009	NS
Porta injerto*Dosis	3,97	3	1,32	2,85	0,07	NS
Error	7,41	16	0,46			
Total	15,31	23				
CV = 12,43%						

### ANEXO 11 Análisis de varianza para altura de la planta (cm) evaluada a los 75 días después de la siembra

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Duncan (5%)
Porta injerto	0,21	1	0,21	0,38	0,5463	NS
Dosis	2	3	0,67	1,21	0,3391	NS
Porta injerto*Dosis	1,74	3	0,58	1,06	0,3954	NS
Error	8,82	16	0,55			
Total	12,76	23				
CV = 11,18%						

**ANEXO 12 Análisis de varianza para altura de la planta (cm) evaluada a los 90 días después de la siembra**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Duncan (5%)</b>
Porta injerto	1,80E-03	1	1,80E-03	3,50E-03	0,9534	NS
Dosis	4,59	3	1,53	3,06	0,0586	NS
Porta injerto*Dosis	2,43	3	0,81	1,62	0,225	NS
Error	8,01	16	0,5			
Total	15,02	23				
CV = 9,26%						

## ANEXO 13 Análisis físico químico del suelo



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**LABORATORIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**EN SUELOS Y AGUAS (LAFASA)**

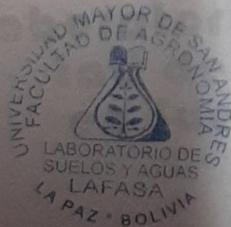


### ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

**INTERESADO:** Estación Experimental de Sapecho    **SOLICITUD:** LAF 187\_21  
**PROCEDENCIA:** Departamento La Paz                      **FECHA DE ENTREGA:** 13/07/2021  
 Municipio Palos Blancos  
 Provincia Sud Yungas

### ESTACIÓN EXPERIMENTAL SAPECHO-ÁREA VIVERO

PARAMETRO		UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
<b>TEXTURA</b>	Arena	%	30	Bouyoucos
	Limo	%	51	
	Arcilla	%	19	
	Clase Textural	-	Franco Limoso	
<b>Densidad Real</b>		g/cm <sup>3</sup>	2.258	Picnómetro
<b>Densidad Aparente</b>		g/cm <sup>3</sup>	1.051	Probeta
<b>Humedad gravimétrica</b>		%	7.5	Ollas a presión de Richards
<b>Humedad Volumétrica</b>		%	7.88	Ollas a presión de Richards
<b>Porosidad</b>		%	53.45	Probeta; Picnómetro
<b>pH en H<sub>2</sub>O relación 1:5</b>		-	6.1	Potenciometría
<b>Conductividad eléctrica en agua 1:5</b>		mmho/cm	0.67	Potenciometría
<b>Acidez Intercambiable (Al+H)</b>		meq/100g S.	0.44	Volumetría
<b>Magnesio intercambiable</b>		meq/100g S.	3.14	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de absorción atómica)
<b>Potasio intercambiable</b>		meq/100g S.	1.90	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
<b>Nitrógeno total</b>		%	0.35	Kjendahl
<b>Materia orgánica</b>		%	5.77	Walkley y Black
<b>Carbono Orgánico</b>		%	3.35	Walkley y Black
<b>Fósforo disponible</b>		ppm	41.60	Espectrofotometría UV-Visible Bray-Kurtz



*Ph.D. Roberto Miranda Casas*  
**Ph.D. Roberto Miranda Casas**  
**LABORATORIO DE SUELOS**

**Dirección:** Av. Landaeta esq. Héroes del Acre N.º 1850,  
**Tel. IIAREN:** 2484647 - 74016356 - 73075326 • **E-mail:** lafasa.suelos@gmail.com  
**Página web:** agro.umsa.bo • La Paz - Bolivia