



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A  
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

**MECANISMO: PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**EFFECTO DE *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. EN EL  
RENDIMIENTO PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE FRÍJOL CAUPÍ  
(*Vigna unguiculata* L. Walp)**

**AUTORES:**

**BRYAN STEVEN SANTANA CARRASCO  
VICENTE ANTONIO VERA BRAVO**

**TUTOR:**

**ING. SERGIO MIGUEL VÉLEZ ZAMBRANO**

**CALCETA, JULIO DE 2023**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

**BRYAN STEVEN SANTANA CARRASCO** con cédula de ciudadanía **1314306729** y **VICENTE ANTONIO VERA BRAVO** con cédula de ciudadanía **1315431179** declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTO DE *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. EN EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE FRÍJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata* L. Walp)** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación personal, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

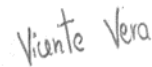
A través de la presente declaración, concedo a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a mi favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, de conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



---

**BRYAN STEVEN SANTANA CARRASCO**

**CC: 1314306729**



---

**VICENTE ANTONIO VERA BRAVO**

**CC: 1315431179**

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

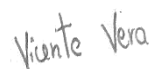
**BRYAN STEVEN SANTANA CARRASCO**, con cédula de ciudadanía **1314306729** y **VICENTE ANTONIO VERA BRAVO**, con cédula de ciudadanía **1315431179** autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFECTO DE *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. EN EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE FRÍJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata* L. Walp)** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



---

**BRYAN STEVEN SANTANA CARRASCO**

**CC: 1314306729**



---

**VICENTE ANTONIO VERA BRAVO**

**CC: 1315431179**

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Sergio Vélez Zambrano Mg, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTO DE *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. EN EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE FRÍJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata* L. Walp)**, que ha sido desarrollado por **BRYAN STEVEN SANTANA CARRASCO** y **VICENTE ANTONIO VERA BRAVO**, previo a la obtención del título de **INGENIERO AGRÍCOLA**, de acuerdo con el **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**ING. SERGIO VÉLEZ ZAMBRANO, MG.**

**CC: 1310476773**

**TUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración curricular titulado: **EFFECTO DE *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. EN EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE FRÍJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata* L. Walp)** que ha sido desarrollado por **BRYAN STEVEN SANTANA CARRASCO** y **VICENTE ANTONIO VERA BRAVO**, previo a la obtención del título de **INGENIERO AGRÍCOLA** de acuerdo con el **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**ING. GONZALO CONSTANTE TUBAY, MG.**

**CC: 1304579988**

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**ING. FREDDY MESÍAS GALLO, MG.**

**CC: 1202028492**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

**ING. LEONARDO LEÓN CASTRO, Ph.D.**

**CC: 0918676768**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día.

A Dios por habernos bendecido, brindándonos la oportunidad de haber concluido este objetivo con satisfacción ante los obstáculos que a lo largo de esta investigación se fueron presentando.

A nuestros padres, hermanos y demás familiares por su infinito cariño, paciencia, comprensión y apoyo desde siempre.

De igual manera, al Ingeniero Sergio Vélez que nos brindó su apoyo durante todo el desarrollo de la investigación.

A todos nuestros maestros que a lo largo de nuestros estudios de pregrado aportaron sus conocimientos invaluable, sugerencias, apoyo y sobre todo por su gran paciencia para lograr que este trabajo llegara a su fin.

A nuestros compañeros de la generación, por todos los buenos momentos que vivimos con ellos, y lo más importante, por brindarnos su amistad.

A todos, gracias totales.

**BRYAN STEVEN SANTANA CARRASCO**

**VICENTE ANTONIO VERA BRAVO**

## **DEDICATORIA**

En nuestro camino nos encontramos con personas muy especiales, quienes con una palabra de aliento cambian nuestra vida totalmente; aquellas que estando cerca o lejos dejan huellas en el corazón, por todo ello dedico este trabajo.

A Dios por bendecirme, brindarme salud, inteligencia, sabiduría y permitir levantarme día a día con más fortaleza ante las adversidades.

A mis padres y a mis hermanos, por ser mí ejemplo, porque me han enseñado que lo más importante en la vida es el amor y que la familia es la base principal que nos mantiene vivos.

A mis compañeros, por todos los momentos que juntos compartimos y que quedarán en nuestros corazones, aquellas personas que me brindaron en cualquier parte del camino su mano amiga y apoyo verdadero.

**BRYAN STEVEN SANTANA CARRASCO**

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por estar conmigo, por enseñarme a crecer, por apoyarme y guiarme por ser los pilares fundamentales que me ayudaron a lograr esta meta.

El presente trabajo es dedicado a toda mi familia, ellos han sido parte fundamental en este proceso, y principales protagonistas de esta meta alcanzada.

A todas las personas que me han apoyado han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

**VICENTE ANTONIO VERA BRAVO**



## CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN .....	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
DEDICATORIA .....	viii
CONTENIDO GENERAL.....	ix
CONTENIDO DE TABLAS .....	xi
CONTENIDO DE GRÁFICOS .....	xi
CONTENIDO DE FÓRMULAS .....	xii
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....	15
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2.JUSTIFICACIÓN.....	16
1.3.OBJETIVOS .....	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
1.4.HIPÓTESIS .....	17
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO .....	18
2.2 BIOFERTILIZANTES .....	18
2.3 MICROORGANISMOS PROMOTORES DE CRECIMIENTO VEGETAL (PGPM) COMO BIOFERTILIZANTES .....	19
2.4 <i>Trichoderma</i> spp.....	19
2.5 PRINCIPALES BENEFICIOS AGRÍCOLAS DE <i>Trichoderma</i> spp.....	20
2.5.1 ESTIMULADOR DEL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS .....	21
2.5.2 PROTECCIÓN DIRECTA A SUELOS Y DIFERENTES CULTIVOS.....	21
2.5.3 <i>Trichoderma</i> spp. COMO ALTERNATIVA PARA EL USO DE FERTILIZANTES QUÍMICOS Y PESTICIDAS .....	22
2.6 <i>Bacillus</i> spp. ....	22

2.6.1 <i>Bacillus</i> spp. COMO PROMOTOR DE CRECIMIENTO .....	23
2.6.2 UTILIZACIÓN DE CEPAS DE <i>Bacillus</i> COMO PROMOTORES DE CRECIMIENTO .....	23
2.6.3. EFECTO DE <i>Bacillus</i> spp. COMO PROMOTOR DE CRECIMIENTO .....	24
2.7. <i>Trichoderma</i> spp. y <i>Bacillus</i> spp. APLICADOS EN OTROS CULTIVOS .....	25
CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO .....	27
3.1 UBICACIÓN.....	27
3.2. DURACIÓN .....	27
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS .....	27
3.4. UNIDAD EXPERIMENTAL .....	28
3.4.1 FACTORES EN ESTUDIO.....	28
3.4.2 TRATAMIENTOS.....	28
3.4.3 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA EXPERIMENTAL.....	29
3.5. MANEJO DEL EXPERIMENTO .....	29
3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	30
3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	30
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1 EFECTO DE FRECUENCIAS EN LA APLICACIÓN DE <i>Trichoderma</i> spp. y <i>Bacillus</i> spp. SOBRE EL RENDIMIENTO EN PLANTAS DE FRÍJOL CAUPÍ .....	31
4.2 RENDIMIENTO DEL FRÍJOL CAUPÍ CON EL USO DE MICROORGANISMOS <i>Trichoderma</i> spp. y <i>Bacillus</i> spp. ....	33
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	39
5.1 CONCLUSIONES .....	39
5.2 RECOMENDACIONES.....	39
BIBLIOGRAFÍA.....	40
ANEXOS.....	51

## CONTENIDO DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Datos climatológicos del área agroforestal.....	27
<b>Tabla 2.</b> Descripción de los tratamientos y sus respectivos códigos. ....	28
<b>Tabla 3.</b> Esquema ADEVA.....	30
<b>Tabla 4</b> Análisis estadístico del efecto de frecuencia en la aplicación de microorganismos <i>Trichoderma</i> spp. y <i>Bacillus</i> spp. sobre el cultivo de frijol caupí ( <i>Vigna unguiculata</i> L. Walp). Calceta, Manabí, Ecuador, 2022.....	31
<b>Tabla 5.</b> Análisis estadístico del efecto de la aplicación de los microorganismos <i>Trichoderma</i> spp. y <i>Bacillus</i> spp. sobre el rendimiento de frijol caupí ( <i>Vigna unguiculata</i> L. Walp). Calceta, Manabí, Ecuador, 2022.....	33

## CONTENIDO DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Respuesta de los tratamientos con el uso de microorganismo <i>Trichoderma</i> spp. y <i>Bacillus</i> spp. sobre la longitud de vaina en el cultivo de frijol caupí ( <i>Vigna unguiculata</i> L. Walp). Calceta, Manabí, Ecuador, 2022. (Las letras indican que hubo diferencia estadística). ....	32
<b>Gráfico 2.</b> Efecto de los microorganismos <i>Trichoderma</i> spp. y <i>Bacillus</i> spp. sobre la longitud de vaina en el frijol caupí ( <i>Vigna unguiculata</i> L. Walp). Calceta, Manabí, Ecuador, 2022.....	32
<b>Gráfico 3.</b> Respuesta de los tratamientos con el uso de microorganismos <i>Trichoderma</i> spp. y <i>Bacillus</i> spp. sobre el número de vainas, en el cultivo de frijol caupí ( <i>Vigna unguiculata</i> L. Walp). Calceta, Manabí, Ecuador, 2022. ....	34

<b>Gráfico 4.</b> Efecto de microorganismos <i>Trichoderma</i> spp. y <i>Bacillus</i> spp. vs el testigo en el número de vaina, en el cultivo de frijol caupí ( <i>Vigna unguiculata</i> L. Walp). Calceta, Manabí, Ecuador, 2022. ....	35
<b>Gráfico 5.</b> Respuesta de los tratamientos con el uso de microorganismos <i>Trichoderma</i> spp. y <i>Bacillus</i> spp. en el peso de vainas, en el cultivo de frijol caupí ( <i>Vigna unguiculata</i> L. Walp). Calceta, Manabí, Ecuador, 2022. ....	35
<b>Gráfico 6.</b> Efecto de microorganismos <i>Trichoderma</i> spp. y <i>Bacillus</i> spp. vs el testigo sobre el peso de vainas, en el cultivo de frijol caupí ( <i>Vigna unguiculata</i> L. Walp). Calceta, Manabí, Ecuador, 2022. ....	36
<b>Gráfico 7.</b> Respuesta en los tratamientos con el uso de microorganismos <i>Trichoderma</i> spp. y <i>Bacillus</i> spp. en el rendimiento del cultivo de frijol caupí ( <i>Vigna unguiculata</i> L. Walp). Calceta, Manabí, Ecuador, 2022. ....	38
<b>Gráfico 8.</b> Efecto de microorganismos <i>Trichoderma</i> spp. y <i>Bacillus</i> spp. vs el testigo sobre el rendimiento, en el cultivo de frijol caupí ( <i>Vigna unguiculata</i> L. Walp). Calceta, Manabí, Ecuador, 2022. ....	38

## CONTENIDO DE FÓRMULAS

<b>Fórmula 1:</b> Peso de vainas por hectárea.....	28
<b>Fórmula 2:</b> Rendimiento de mazos verdes por hectárea .....	28

## RESUMEN

El propósito de la investigación fue evaluar el efecto de *Trichoderma* y *Bacillus* para promover el rendimiento productivo del cultivo de frijol caupí aplicándolos cada 8 y 15 días y su interacción. Los tratamientos evaluados fueron: *Trichoderma* + 0.5 g/L agua (T1), *Trichoderma* + 0.5 g/L agua (T2), *Bacillus* + 0.5 ml/L agua (T3), *Bacillus* + 0.5 ml/L agua (T4), *Bacillus* x *Trichoderma* + 1 ml/L agua (T5), *Bacillus* x *Trichoderma* + 1 ml/L agua (T6). Las variables registradas fueron: Longitud de vaina (cm), Número de vainas por planta, Peso de 100 granos verdes (g), Número de granos verdes por vaina, Rendimiento de mazos verdes por hectárea (Kg). El análisis de datos se realizó mediante estadística descriptiva, análisis de varianza (ADEVA), y la separación de medias con la prueba de Tukey al 5% de probabilidades de error. El análisis de varianza manifestó que los bioestimulantes fomentaron el desarrollo de la longitud de vainas, número de vainas, peso de vainas y rendimiento; las frecuencias de aplicación de los bioestimulantes evaluados no influyeron en el rendimiento del cultivo de frijol caupí.

**Palabras clave:** Frijol caupí, *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp., bioestimulante, frecuencias, rendimientos.

## ABSTRACT

The purpose of the research was to evaluate the effect of *Trichoderma* and *Bacillus* to promote the productive yield of the cowpea bean crop by applying them every 8 and 15 days and their interaction. The evaluated treatments were: *Trichoderma* + 0.5 g/L water (T1), *Trichoderma* + 0.5 g/L water (T2), *Bacillus* + 0.5 ml/L water (T3), *Bacillus* + 0.5 ml/L water (T4), *Bacillus* x *Trichoderma* + 1 ml/L water (T5), *Bacillus* x *Trichoderma* + 1 ml/L water (T6). The recorded variables were: Pod length (cm), Number of pods per plant, Weight of 100 green beans (g), Number of green beans per pod, Yield of green bundles per hectare (Kg). Data analysis was performed using descriptive statistics, analysis of variance (ANOVA), and the separation of means with Tukey's test at 5% probability of error. The analysis of variance showed that the biostimulants promoted the development of pod length, number of pods, pod weight and yield; the application frequencies of the evaluated biostimulants did not influence the yield of the cowpea bean crop.

**Keywords:** Cowpea bean, *Trichoderma* spp. and *Bacillus* spp. biostimulant, frequency, yield.

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) es uno de los cultivos de leguminosas más importantes del mundo y de los principales cultivos alimentarios en África, América Latina e India ya que se destaca por ser la segunda fuente importante para la alimentación humana y animal, después de los cereales, debido a su alto contenido proteico, con una alta concentración de carbohidratos. Según la FAO, en el año 2019 se cultivaron en el mundo más de 14 millones de hectáreas, con una producción de 8,9 millones de toneladas (La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [Faostat], 2020).

Un reporte a nivel nacional del INEC manifiesta que, el frijol tierno y seco obtuvo un rendimiento promedio de 1685 y 584 kg ha<sup>-1</sup>; en la costa se sembraron 3200 y 2800 ha<sup>-1</sup> de frijol tierno y seco, obteniendo un rendimiento promedio de 1798 y 639 kg ha<sup>-1</sup> (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2019).

Los bajos rendimientos del cultivo de caupí pueden ser provocados por diversos factores, dentro de los cuales se destaca la degradación biológica que conlleva a la disminución de microorganismos del suelo, que tienen funcionalidad en la solubilización de nutrientes minerales que serán aprovechados por las plantas para el normal cumplimiento de sus funciones vitales (Singh et al., 2014). Esta problemática podría estar profundamente asociada al excesivo e inadecuado uso de pesticidas que alteran la diversidad y niveles poblacionales de microorganismos de suelo como *Bacillus* y *Trichoderma*, que potencian de varias formas el normal desarrollo radicular de las plantas (Kalia y Gosal, 2011; Tančić-Živanov et al., 2020).

Se han realizado diversos estudios que destacan el potencial que poseen las bacterias del género *Bacillus* y hongos como *Trichoderma* por sus capacidades como biofertilizantes o bioestimulantes al favorecer el desarrollo y crecimiento de

cultivos como; tomate, fresa, frijol, pimiento, chocho y arroz (Bader et al., 2020; Chandran et al., 2021), con base en este contexto y considerando la posibilidad de que estos microorganismos puedan ejercer algún efecto favorable en el rendimiento del cultivo de caupí, surge la siguiente pregunta

¿La aplicación de *Bacillus* spp y *Trichoderma* spp pueden mejorar el rendimiento productivo del frijol caupí?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

La investigación propuesta busca mediante la aplicación de microorganismos como *Trichoderma* spp, y *Bacillus* spp, y eficientes mejorar la germinación de las semillas, favorecer la floración, el crecimiento y desarrollo de los frutos y que permita un rendimiento productivo favorable. Así mismo se ha demostrado que mejoran la estructura física de los suelos, incrementan la fertilidad química de los mismos y suprimen a varios agentes fitopatógenos causantes de enfermedades en numerosos cultivos (Morocho y Leiva, 2019).

Por lo expuesto en el párrafo anterior, los microorganismo *Trichoderma* spp y *Bacillus* spp y aplicados como biofertilizantes se convierten en una excelente alternativa para alcanzar una producción ecológica sostenible (Basu et al., 2021; Chandran et al., 2021; Tančić-Živanov et al., 2020). En este mismo contexto *Trichoderma* es conocido por su excelente capacidad antagonista sobre diversos fitopatógenos que afectan a varios cultivos de importancia a nivel mundial (Bader et al., 2020), no obstante, además de esta destacable capacidad biocontroladora, han sido desarrolladas diversas investigaciones que resaltan el efecto de este versátil hongo como promotor de crecimiento vegetal y al promover la captación de nutrientes minerales (Singh et al., 2014; Zhang et al., 2016), del mismo modo se conoce que la colonización del sistema radicular efectuada por *Trichoderma* permite el crecimiento de las raíces y estimula a la planta a tolerar situaciones de estrés abiótico, como la salinidad y cambios de temperatura así como mejorar la absorción de nitrógeno y la producción de ácido indol acético (Zhang et al., 2019; Harman, 2011), sumado a esto está comprobado la producción y acumulación de



la molécula de especies reactivas de oxígeno (ERO) cuya función es la defensa a la infección por patógenos al daño mecánico o herida inducida por herbívoros, así mismo incrementa la germinación de las semillas (Tančić-Živanov et al., 2020).

Acorde a lo anteriormente expuesto *Bacillus*, es considerada una rizobacteria promotora de crecimiento vegetal con excelentes características, como la tolerancia frente al estrés biótico y abiótico, mejorar la fertilidad del suelo y la germinación de semillas (Basu et al., 2021), además posee capacidad de incrementar fotosíntesis y producir auxinas, giberelinas y citoquininas (Tahir et al., 2017).

El principal objetivo de esta investigación es contribuir a la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos durante los próximos años a partir del 2023, aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortaleciendo la capacidad de adaptación al cambio climático como los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, mejorando así progresivamente la calidad de la tierra y el suelo (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2016).

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de los microorganismos eficientes para promover el rendimiento productivo del cultivo de frijol caupí.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer el efecto de las frecuencias de aplicación de *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. sobre la productividad de frijol caupí.
- Determinar el rendimiento del frijol caupí con el uso de microorganismos benéficos (*Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp.)

### **1.4. HIPÓTESIS**

La aplicación de microorganismos eficientes promueve el rendimiento productivo en el cultivo de frijol caupí.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO**

Los frijoles, entre las legumbres para granos alimenticios, son una especie muy importante para el consumo humano, ocupando un lugar importante en la cultura agrícola mundial en términos de cultivo y consumo, constituyendo un complemento ideal para la dieta nutritiva, especialmente en América Central y del Sur, el Lejano Oriente y África (Alonso, 2011).

El cultivo de frijol en Ecuador es un componente de los sistemas de producción, principal en la región sierra, son cultivados en asociación intercalados en monocultivo o rotación de otros cultivos, esto genera ingresos económicos a pequeños y medianos agricultores que tratan de satisfacer la demanda interna y externa y de la agroindustria artesanal o convencional (Pincay, 2016).

Mendoza y Linzán (2005) mencionan que, bajo condiciones de campo en varios lugares de Manabí, los rendimientos promedios resultaron en 34194 y 35980 mazos  $\text{ha}^{-1}$ , y 1662 y 1837  $\text{kg ha}^{-1}$  en grano seco, para los materiales INIAP-462 e INIAP-463 respectivamente. Sin embargo, (Haro et al., 2019) evaluaron el comportamiento agronómico de diez cultivares de frijol caupí en el cantón Pedernales, provincia de Manabí, donde evidenciaron que los mejores fueron en mazos de vainas verdes INIAP 3463 e INIAP 462 con 30425 y 30392 mazos  $\text{ha}^{-1}$  respectivamente; y en grano seco a INIAP 463 con 1133  $\text{kg ha}^{-1}$ .

### **2.2 BIOFERTILIZANTES**

Son insumos formulados con uno o varios microorganismos benéficos (hongos y bacterias principalmente), los cuales aumentan la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Estos biofertilizantes pueden presentar grandes ventajas como una producción a menor costo, protección del ambiente y aumento de la fertilidad y biodiversidad del suelo. Los biofertilizantes se usan abundantemente en agricultura

orgánica, sin embargo, es factible y ampliamente recomendable aplicarlos de manera integral en cultivos intensivos (Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura (INTAGRI), 2021).

### **2.3 MICROORGANISMOS PROMOTORES DE CRECIMIENTO VEGETAL (PGPM) COMO BIOFERTILIZANTES**

Las especies bacterianas y fúngicas del suelo que imparten algún beneficio a las plantas se conocen comúnmente como microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPM, por sus siglas en inglés), muchas de las cuales se han desarrollado para su distribución comercial como enmiendas del suelo para implementación en sistemas agrícolas (Lapsansky et al., 2016).

Este grupo está representado por numerosas especies bacterianas y fúngicas incluidas las micorrizas, que están asociadas con la mayoría de especies vegetales y comúnmente se les encuentra en la mayoría de los ambientes (Caballero, 2006). El uso de estos microorganismos como biofertilizantes es una biotecnología promisoría para incrementar la producción primaria con menos cantidad de fertilizantes, además de ser una tecnología eco amigable (Compant et al., 2005).

### **2.4 *Trichoderma* spp.**

Las especies pertenecientes al género *Trichoderma* spp. se caracterizan por ser hongos saprófitos que sobreviven en suelos con diferentes cantidades de materia orgánica, los cuales son capaces de descomponerla y en ausencia de oxígeno pueden ser anaerobios facultativos, lo que les permite mostrar una mayor plasticidad ecológica. Además, las especies de *Trichoderma* se encuentran presentes en todas las latitudes, desde las zonas polares hasta la ecuatorial (Rodríguez, 1990). Esta distribución tan amplia y están estrechamente relacionadas con la alta capacidad enzimática que poseen para degradar sustratos, un metabolismo versátil y resistencia a inhibidores microbianos (Xia et al., 2010).

Las especies de *Trichoderma* pueden ejercer diferentes mecanismos biocontroladores como: competencia por espacio y nutrientes, el micoparasitismo, la antibiosis y la inducción de resistencia (Cepeda y Ávila, 2014). De la misma forma estos autores manifiestan que estas especies aportan beneficios a las plantas, a través de la descomposición de materia orgánica, liberan nutrientes en formas inmediatamente disponibles por medio de la actividad solubilizadora de fosfatos, promueve el crecimiento y el desarrollo de los cultivos, de berenjena, frijol, café, tomate, papa y especies forestales, entre otros.

Una de las alternativas empleadas para mejorar el desarrollo vegetativo en diferentes especies de plantas es el uso de microorganismos eficientes tales como *Trichoderma*, ya que promueven el crecimiento de la planta, mejoran la calidad de frutos y potencializan el rendimiento en los cultivos mediante la producción de fitohormonas y promoción de la disponibilidad de fosfatos y otros minerales necesarios para el metabolismo de las plantas (Ruiz et al., 2018). En investigaciones realizadas se ha demostrado que al utilizar este género de hongo como un biofertilizante estos hacen que la planta crezca más y además coloniza rápidamente las raíces, y como parasita otros hongos no permite que los fitopatógenos produzcan enfermedades, Se tiene hasta un incremento de desarrollo vegetal del 30% (Akiyama, 2017)

## **2.5 PRINCIPALES BENEFICIOS AGRÍCOLAS DE *Trichoderma* spp.**

Las especies del género *Trichoderma* están entre los agentes de control biológico más exitosos en la agricultura, formando parte de más del 60% de los biofungicidas registrados en el mundo. Este microorganismo está presente en el mercado como bioplaguicida, biofertilizante, promotor del rendimiento y crecimiento vegetal, y como solubilizador de nutrientes en campos agrícolas o descomponedor de materia orgánica (Hernández et al., 2019).

Se conocen muchas funciones beneficiosas que realiza este hongo en la agricultura, especialmente en el campo de la sanidad vegetal. A modo de resumen se han demostrado las siguientes:

### **2.5.1 ESTIMULADOR DEL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS**

Se ha comprobado que el *Trichoderma* produce sustancias estimuladoras del crecimiento y desarrollo de las plantas. Estas sustancias actúan como catalizadores o aceleradores de los tejidos meristemáticos primarios (los que tienen potencial de formar nuevas raíces) en las partes jóvenes de éstas, acelerando su reproducción celular, logrando que las plantas alcancen un desarrollo más rápido que aquellas plantas que no hayan sido tratadas con dicho microorganismo (Chuez, 2018).

### **2.5.2 PROTECCIÓN DIRECTA A SUELOS Y DIFERENTES CULTIVOS**

El manejo de las plantas mediante la rotación de cultivos favorece a *Trichoderma* a librar el suelo de los propágulos del fitopatógeno (las estructuras de resistencia que el patógeno deja en el suelo con el fin de que cuando vuelvas a sembrar te vuelva a infectar la cosecha), vulnerables durante su latencia en ausencia del hospedante, por esta razón la utilización del biopreparado en los cultivos a rotar en las áreas altamente infectadas será una forma a contribuir en la reducción de la población del patógeno en un menor plazo de tiempo (Stefanova, 2003).

Además, la preparación adecuada del terreno, la mejor fecha de plantación, fertilización y riego actúan a favor de la combinación *Planta-Trichoderma* asociadas. La aplicación directa de este microorganismo al suelo ofrece incluso una protección mayor a los cultivos. Cuando es utilizado para el control de hongos del suelo, pueden mezclarse con materia orgánica y otras enmiendas utilizadas como biofertilizantes, tal como se hace con inoculantes bacterianos usados como fertilizantes ecológicos (Chuez, 2018).

### **2.5.3 *Trichoderma* spp. COMO ALTERNATIVA PARA EL USO DE FERTILIZANTES QUÍMICOS Y PESTICIDAS**

De acuerdo con (Bader et al., 2020) mencionan que algunas cepas de *Trichoderma* spp. representan una opción prometedora para su uso como biofertilizantes ya que pueden incrementar la eficiencia del uso de nutrientes, liberar fitohormonas como el ácido indol acético (AIA) y actuar como agentes de biocontrol contra numerosos fitopatógenos.

Se sabe que los microorganismos son capaces de ajustar las necesidades hídricas de los cultivos, y así mismo, incrementan la fotosíntesis, inmovilizan los metales pesados y finalmente aumentan los rendimientos de los cultivos. La agricultura moderna requiere hoy en día un balance entre alta producción con un máximo de seguridad para los consumidores, agricultores y el medio ambiente. “Generalmente, los bioestimulantes agrícolas son biodegradables, no tóxicos, no contaminantes y no dañinos para la fauna auxiliar, y tienen un plazo de seguridad mínimo, sin residuos para el cultivo ni para los frutos” (Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes [AEFA], 2018).

### **2.6 *Bacillus* spp.**

Es otro de los microorganismos con un doble uso en agricultura, debido a que es un agente de control biológico en patologías de plantas además permite la absorción de nutrientes (Galeote, 2018). Se caracteriza por ser un excelente solubilizador, adicionalmente es una rizobacteria promotora del desarrollo de las plantas de los tejidos meristemáticos primarios, como en las raíces, en las cuales acelera la reproducción celular, permitiendo que las plantas alcancen un desarrollo más veloz (Amaguaña, 2020).

Klopper y Zhang (2004) describen al género *Bacillus* spp. como promotor de crecimiento en plantas debido a los mecanismos de resistencia sistémica inducida (ISR), que poseen frente a bacterias y hongos patógenos, virus sistémicos y nemátodos de la raíz; además su importancia en la agricultura viene de su implicación en las transformaciones biológicas y químicas como la liberación el ion

fosfato soluble para la planta, fijación de nitrógeno y recuperación de la estructura de la rizosfera, aspectos de gran interés para la producción.

Según (Tejera et al., 2011) señalan que el género *Bacillus* ha sido estudiado en el sector agrícola en busca de una disminución, y en el mejor de los casos, la erradicación de los fertilizantes químicos, acción que representaría un impacto positivo sobre el medio ambiente. Sumado a estos beneficios se destaca la capacidad de degradación de sustratos de plantas y animales, la producción de antibióticos, la capacidad de sobrevivir en múltiples condiciones ambientales y la actividad antagónica e inhibidora entre otras, pone al género *Bacillus* en un lugar destacado para su uso en la agricultura sostenible (Rodríguez et al., 2015).

En este sentido (Gómez et al., 2012) reafirman el potencial de *Bacillus* spp. como biofertilizante en base a los resultados obtenidos manifiestan que las rizobacterias promotoras del crecimiento de plantas aisladas de suelos muestran excelente opción para formular un biofertilizante específico para la producción de diferentes especies de cultivos tales como frutales.

### **2.6.1 *Bacillus* spp. COMO PROMOTOR DE CRECIMIENTO**

El género *Bacillus* es secretor de proteínas y metabolitos eficientes para el control de plagas y enfermedades, promueve el crecimiento vegetal a través de la solubilización de fósforo y la producción de reguladores de crecimiento como el ácido indol acético (AIA); así mismo participa en la fijación de nitrógeno cuando hace parte de consorcios microbianos. Como biofertilizante es una opción amigable para el suelo y el ambiente que da respuesta a la necesidad de implementar la agricultura sostenible (Corrales et al., 2017).

### **2.6.2 UTILIZACIÓN DE CEPAS DE *Bacillus* COMO PROMOTORES DE CRECIMIENTO**

El uso de las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV) es una posibilidad para sustituir parcialmente el empleo de fertilizantes químicos en

cultivos comerciales, que no solo encarecen la producción, sino que también tienen efectos negativos sobre el medioambiente (Rojas et al., 2020).

El empleo de microorganismos con potencialidades para la promoción del crecimiento vegetal es una alternativa para aumentar la producción agrícola. Las Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (BPCV) son un grupo de microorganismos promisorios y ampliamente estudiados como una de las formas posibles para reducir los costos de producción en la agricultura moderna (De Souza et al., 2015).

Estas bacterias poseen varias estrategias para potenciar el crecimiento de la planta como la solubilización y reciclaje de nutrientes, la producción de hormonas estimuladoras del crecimiento, la fijación de nitrógeno, la inducción de defensa de las plantas, la producción de antibióticos y otras sustancias antimicrobianas, y la desintoxicación del suelo, entre otras (Rai y Nabti, 2017).

El género *Bacillus* es uno de los microorganismos más ampliamente estudiado para la promoción del crecimiento de las plantas (Pérez et al., 2014). Se ha demostrado que estas bacterias poseen características que les permiten su utilización como promotores del crecimiento vegetal y antagonistas de fitopatógenos (Gobelak et al., 2015).

### **2.6.3. EFECTO DE *Bacillus* spp. COMO PROMOTOR DE CRECIMIENTO**

Las bacterias promotoras de crecimiento en plantas son un grupo de especies de bacterias que pueden incrementar el crecimiento y la productividad vegetal. Entre los organismos más conocidos están las especies pertenecientes a los géneros *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y *Pseudomonas*. Como resultado de su metabolismo estas bacterias liberan compuestos al medio (Alvarado et al., 2015).

Mediante ello incrementan la disponibilidad de nutrientes para las plantas (solubilización de fosfatos, producción de hormonas, fijación de nitrógeno



atmosférico). De igual forma pueden tener influencia directa sobre el metabolismo de la planta (aumento de la capacidad de toma de agua y nutrientes), su desarrollo radicular y la actividad enzimática. Además, pueden tener efecto a través de la reducción de poblaciones de microorganismos patógenos o activación de mecanismos de defensa en las plantas (Desai et al., 2012).

## **2.7. *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. APLICADOS EN OTROS CULTIVOS**

*Trichoderma* ejerce un efecto multifuncional en la biología de los cultivos como el maíz, el frijol y la soya, incrementan las defensas y las plantas se hacen más resistentes a las enfermedades causadas por hongos y bacterias. Este fenómeno puede ser ocasionado por la inducción de compuestos químicos llamados fitoalexinas, los cuales se acumulan en altas concentraciones en la planta y ayudan a limitar la dispersión del patógeno o por la activación de rutas de señalización implicadas en defensa como la del ácido salicílico, ácido jasmónico o etileno (Esparza et al., 2020).

En un estudio realizado en Universidad Central de Venezuela, se evaluó el efecto de la aplicación de bioestimulantes con y sin inoculación de *Trichoderma* spp. sobre el desarrollo y crecimiento de plántulas de maracuyá, donde se concluyó que el uso de sustancias estimulantes donde *Trichoderma* mejoró parámetros como número de hojas, altura de la planta, índice de clorofila, longitud de la raíz principal y peso seco, ya que se registraron incrementos de hasta el 64,3% en los parámetros evaluados con respecto al testigo (Díaz et al., 2020).

Según Gonzales (2012) Los microorganismos realmente incrementan el desarrollo de las plantas, su área foliar alcanza mayores beneficios llegando a la conclusión de que al inocular a las raíces de las plantas las cepas de *Bacillus* spp. promovió el crecimiento e incremento el rendimiento, en una investigación que se la realizó en fresa, ya que marca un precedente en los beneficios que tiene el utilizar cepas de *Bacillus* en el área agrícola; básicamente la inoculación de *Bacillus* spp. en las

raíces de las plantas mejora el desarrollo de éstas, el rendimiento y en caso de frutales mejora la calidad de los frutos.

Estudios realizados por Jain (2016) mostraron que los aislados de *Bacillus* pueden aumentar, en la soya, el peso fresco de los brotes y las raíces, además de aumentar el número de raíces laterales. (Clemente, 2016) notó un aumento significativo en la productividad en los cultivos de zanahoria después de la aplicación de compuestos fermentados con cepas seleccionadas de *Bacillus* spp.

Acorde a lo anteriormente expuesto (Medrano y Vasconez, 2020) afirman que en plantas de tomate inoculadas con la cepa de *Bacillus* spp, aumentan la longitud de la raíz desde un 10 al 100% en comparación con las plantas que no han recibido ningún tratamiento, de igual manera (Martínez y Aguilar, 2013) evidenciaron que al adicionar especies del género *Bacillus* spp, sobre la germinación y desarrollo de plántulas de tomate, la longitud de la raíz aumenta desde un 20% al 50% frente a las plántulas que solo se las trató con agua, respecto al testigo.

## CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

### 3.1 UBICACIÓN

La presente investigación se la realizó el área agroforestal de la Carrera de Agrícola de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, ubicada en el sitio El Limón, parroquia de Calceta, cantón Bolívar, provincia de Manabí geográficamente localizada en las coordenadas: Latitud Sur: 0°49´23”, Longitud Oeste 80°11´01”, y una Altitud de 15 ms.n.m.

**Tabla 1.** Datos climatológicos del área agroforestal

Precipitación anual	986.19 mm
Temperatura máxima	30.67°c
Temperatura mínima	21.87°c
Humedad relativa	82.23%
Heliofanía	1043.96 h/sol/año

*Fuente.* Estación meteorológica ESPAM “MFL” (2022)

### 3.2. DURACIÓN

El presente trabajo investigativo tuvo un tiempo de duración a 5 meses, inició en mayo y culminó en septiembre del 2022.

### 3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Las actividades en cada unidad experimental iniciaron en mayo del año 2022, se realizó la respectiva siembra, rotulación de las réplicas y tratamientos. Luego de empezar con la aplicación de los bioestimulantes a los 12 días después de la siembra, los datos de las variables evaluadas se registraron cuando el cultivo presentó las primeras vainas desarrolladas. Durante este periodo de tiempo se colocaron los bioestimulantes directamente a la raíz, dando un total de 4 aplicaciones, con dosis de 5 ml y 5 g en 20 litros de agua respectivamente; se emplearon las siguientes fórmulas para determinar el rendimiento en mazos verdes por hectárea:

**Fórmula 1:** Peso de vainas por hectárea

$$\frac{40000 \text{ plantas.ha} \times \text{Peso de vainas en kg}}{\text{Número de plantas muestreadas}}$$

**Fórmula 2:** Rendimiento de mazos verdes por hectárea

$$\frac{\text{Peso de vainas.ha}}{0,28 \text{ kg}}$$

### 3.4. UNIDAD EXPERIMENTAL

#### 3.4.1 FACTORES EN ESTUDIO

Microorganismos solos y combinados.

- **Factor A (Microorganismos)**

A1: *Trichoderma* spp.

A2: *Bacillus* spp.

A3: *Trichoderma* spp. + *Bacillus* spp.

- **Factor B (Frecuencias)**

B1: 8 días

B2: 15 días

#### 3.4.2 TRATAMIENTOS

Los tratamientos se obtuvieron como resultado de la combinación de los factores de estudio.

**Tabla 2.** Descripción de los tratamientos y sus respectivos códigos.

Tratamientos	Código	Descripción
T1	A1B1	<i>Trichoderma</i> (0.5 g/L agua) + frecuencia / 8dds
T2	A1B2	<i>Trichoderma</i> (0.5 g/L agua) + frecuencia / 15dds
T3	A2B1	<i>Bacillus</i> (0.5 ml/L agua) + frecuencia / 8dds
T4	A2B2	<i>Bacillus</i> (0.5 ml/L agua) + frecuencia / 15dds
T5	A3B1	<i>Bacillus</i> x <i>Trichoderma</i> (1 ml/L agua) + frecuencia / 8dds
T6	A3B2	<i>Bacillus</i> x <i>Trichoderma</i> (1 ml/L agua) + frecuencia / 15dds
TESTIGO	T	Sin aplicar

**Fuente.** Autores

### 3.4.3 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA EXPERIMENTAL

- Área total del ensayo = 448 m<sup>2</sup>
- Número de unidades experimentales = 28
- Separación entre unidades experimentales = 1.5 m
- Superficie de la unidad experimental = 16 m<sup>2</sup> (4 m x 4 m)
- Superficie de la parcela útil = 4 m<sup>2</sup> (2 m x 2 m)
- Distanciamiento entre plantas = 0,50 m entre planta x 1 m entre hilera
- Número total de plantas en la unidad experimental = 64 plantas
- Número total de plantas en el área útil = 16 plantas

### 3.5. MANEJO DEL EXPERIMENTO

#### a) Preparación del suelo

La preparación del suelo se la realizó de forma convencional ejecutándose un pase de arado de discos y dos pases de rastra, surcándose a 1,5 m. de separación entre surcos, para luego proceder a delimitar las parcelas.

#### b) Siembra

Previo a la siembra se realizó un tratamiento a la semilla con el insecticida Thiodicarb, en dosis de 10 ml kg<sup>-1</sup>. El distanciamiento de siembra fue de 1 m entre hileras y 0,50 m entre plantas, colocando 2 semillas por sitio, obteniendo una población de 40000 plantas ha<sup>-1</sup>; se sembró de forma tradicional con espeque en el terreno previamente humedecido.

#### c) Riego

El riego se lo realizó por goteo con una frecuencia aproximada de 3 días o cuando las necesidades hídricas del cultivo demandaban hasta la etapa de floración.

#### d) Aplicación de los microorganismos (biofertilizantes)

Se la efectuó a partir de los 12 días después de la siembra hasta la etapa de prefloración. Durante este periodo de tiempo se realizó un total de 4 aplicación de los microorganismos sobre el suelo cerca del tallo em drench, con una frecuencia de cada 8 y 15 días, con dosis de 5 ml (Bacilitic) y 5 g (Trichotic) en 20 L de agua.

#### e) Control de malezas

El control de arvenses se lo realizó de forma manual y química, usando machete cada 15 días aproximadamente; las aplicaciones de herbicida se llevaron a cabo de forma dirigida con Paraquat en dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> con bomba de mochila.

#### f) Cosecha

La cosecha se ejecutó cuando las vainas presentaron las características ideales de colecta y comercialización, se realizaron seis recolecciones.

### 3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) bifactorial (Axb+1), seis tratamientos más un testigo y cuatro repeticiones con un total de 28 unidades experimentales. A continuación, se muestra el esquema del análisis de varianza (ADEVA):

**Tabla 3.** Esquema ADEVA.

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Repeticiones	3
Tratamientos	6
Microorganismos (A)	2
Frecuencia (B)	1
Microorganismos x Frecuencia (AxB)	2
Error	12
Testigo vs resto	1
Total	27

*Fuente.* Autores

### 3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis de los datos se realizó a través del análisis de varianza (ADEVA) y la separación de medias mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), se calcularon los estadígrafos de las variables en estudio, empleando el software estadístico InfoStat.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

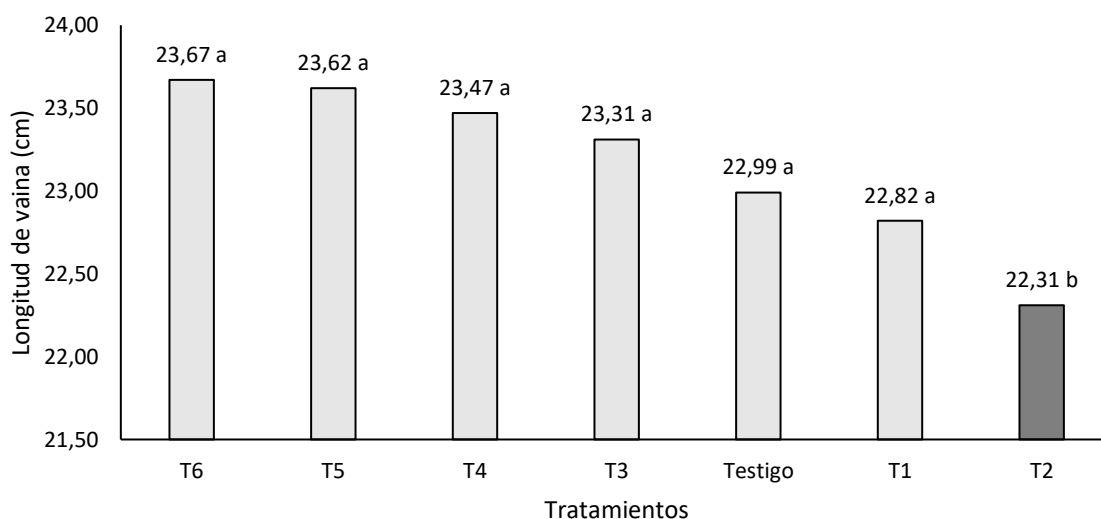
### 4.1 EFECTO DE FRECUENCIAS EN LA APLICACIÓN DE *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. SOBRE EL RENDIMIENTO EN PLANTAS DE FRÍJOL CAUPÍ

Según el análisis de varianza, se reportaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para las fuentes de variación tratamientos y factor A (Microorganismos) en la variable longitud de vainas, sin embargo, para las variables número de semillas y peso de 100 granos, no se encontraron diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ), para ninguna de las fuentes de variación de acuerdo con la tabla 4.

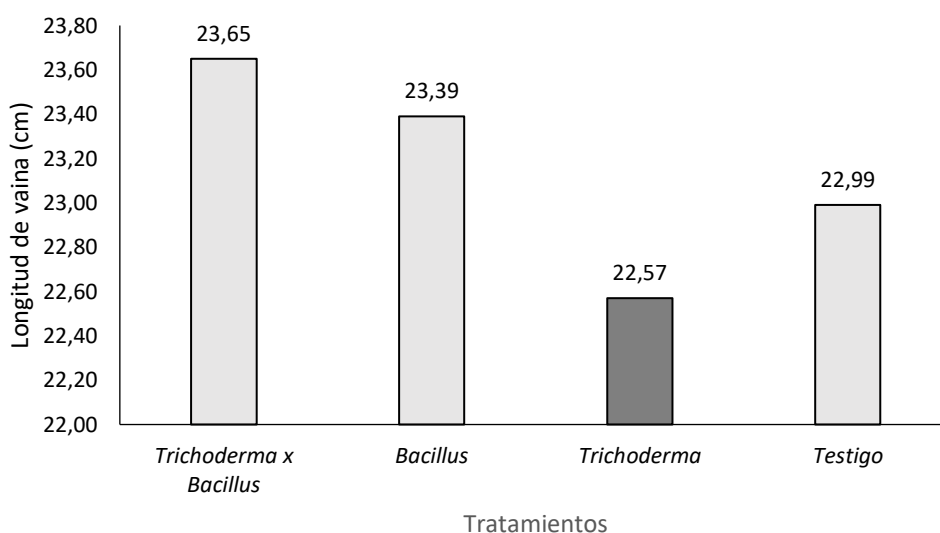
**Tabla 4** Análisis estadístico del efecto de frecuencia en la aplicación de microorganismos *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. sobre el cultivo de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp). Calceta, Manabí, Ecuador, 2022.

FUENTES DE VARIACIÓN	LONGITUD DE VAINAS (cm)	NÚMERO DE SEMILLAS	PESO DE 100 GRANOS (gr)
Tratamientos	0,0422 *	0,3851	0,6534
Microorganismos (A)	0,0093 *	0,2619	0,5066
Frecuencia (B)	0,7181	0,7427	0,5983
A*B	0,5526	0,2619	0,3183
Microorganismos vs testigo	0,5195	0,3857	0,7015
CV (%)	2,54	3,57	10,10

La variable longitud de vaina presentó el mayor valor en el T6 con 23,67 cm; el valor mínimo se encontró en el T2 con 22,31 cm, como se observa en el gráfico 1. La combinación de *Trichoderma* y *Bacillus* tuvo un mayor alcance sobre la variable longitud de planta con 23,65 cm en comparación a las aplicaciones con *Trichoderma* spp. con 22,57 cm obteniendo un incremento del 5,57% respectivamente, como se observa en el gráfico 2.



**Gráfico 1.** Respuesta de los tratamientos con el uso de microorganismo *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. sobre la longitud de vaina en el cultivo de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp). Calceta, Manabí, Ecuador, 2022. (Las letras indican que hubo diferencia estadística).



**Gráfico 2.** Efecto de los microorganismos *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. sobre la longitud de vaina en el frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp). Calceta, Manabí, Ecuador, 2022.



Los resultados se asemejan a los obtenidos por Ruiz et al. (2018) mencionan que, el tamaño de los frutos de jitomate en plantas tratadas con las cepas de *Trichoderma* fue mayor que el resto de los tratamientos, las plantas inoculadas con *T. asperellum* produjeron los frutos más grandes. Sin embargo, en algunos tratamientos, no se observó diferencia en tamaño con respecto al testigo. En contraste a los resultados obtenidos por Calero (2020), que mencionan que la aplicación de microorganismos *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus bulgaricum* y *Saccharomyces cerevisiae* incrementó la longitud de vainas en el cultivo de habichuela, logrando incrementos del 21%.

#### 4.2 RENDIMIENTO DEL FRÍJOL CAUPÍ CON EL USO DE MICROORGANISMOS *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp.

El análisis de varianza reportó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para los tratamientos y en el contraste ortogonal los microorganismos vs testigo, para las variables número de vainas, peso de vainas y rendimiento; sin embargo, en las demás fuentes de variación, no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ), de acuerdo con la tabla 5.

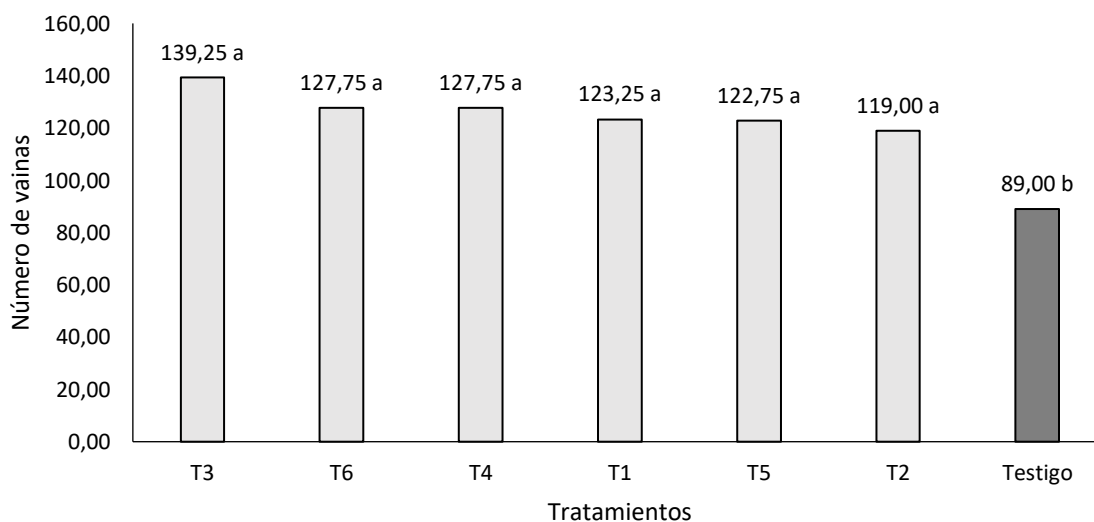
**Tabla 5.** Análisis estadístico del efecto de la aplicación de los microorganismos *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. sobre el rendimiento de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp). Calceta, Manabí, Ecuador, 2022.

FUENTES DE VARIACIÓN	NÚMERO DE VAINAS	PESO DE VAINAS (gr)	RENDIMIENTO (mazos ha <sup>-1</sup> )
Tratamientos	0,0001 *	0,0018 *	0,0018 *
Microorganismos (A)	0,0544	0,4320	0,4320
Frecuencia (B)	0,5869	0,6901	0,6901
A*B	0,4504	0,5827	0,5827
Microorganismos vs testigo	0,0001 *	0,0001 *	0,0001 *
CV (%)	8,08	10,03	10,03

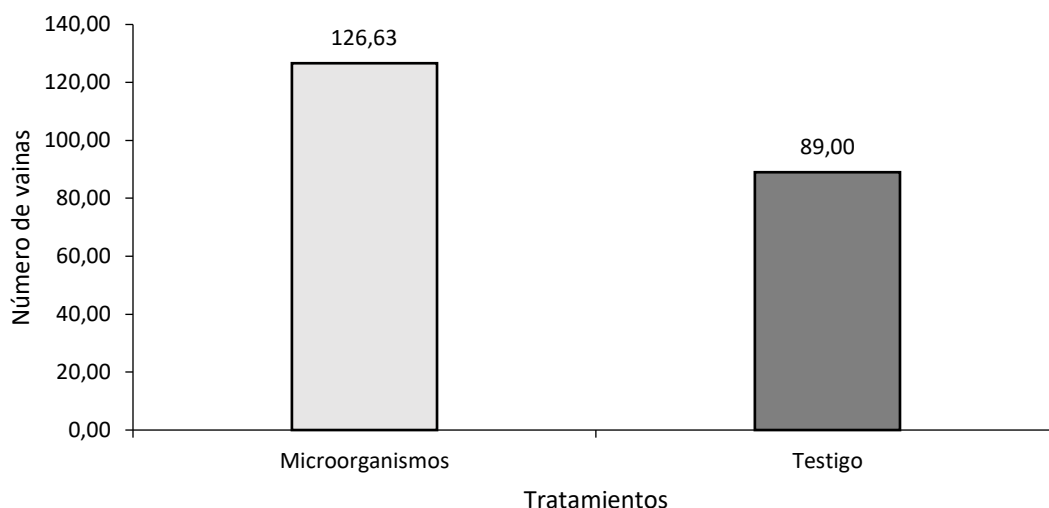
Los resultados obtenidos presentaron diferencias estadísticas en los tratamientos sobre el número de vainas, sobresaliendo con el valor máximo con 139,25 unidades en el T3 y mínimo con 89,00 unidades en el testigo como se observa en el gráfico 3.; por otra parte se reportaron diferencias altamente significativas con los

microorganismos vs testigo en el contraste ortogonal que mostraron un promedio de 126,63 unidades y 89,00 unidades respectivamente, obteniendo un incremento del 28%, como se observa en el gráfico 4.

Los efectos de la aplicación de microorganismos en el aumento de número de vaina fue del 28%, el cual no se asemeja a los reportados por Calero et al. (2018) que señalaron que cuando aplicaron diferentes concentraciones de microorganismos eficientes el promedio de número vainas por planta fue del 57 a 63% en cultivares de frijol común. Igualmente difieren a los encontrados por Brítez y Néstor (2016) que señalan que la aplicación de microorganismos tuvo un efecto muy significativo en cuanto al número de vainas por plantas variando entre 44,7 a 73,2% en el cultivo de soya. En este sentido, también contrastan con Abreu et al. (2021) que alcanzaron un promedio del 52,5% en el número de vainas, en el cultivo de frijol común con el uso de microorganismos eficientes.

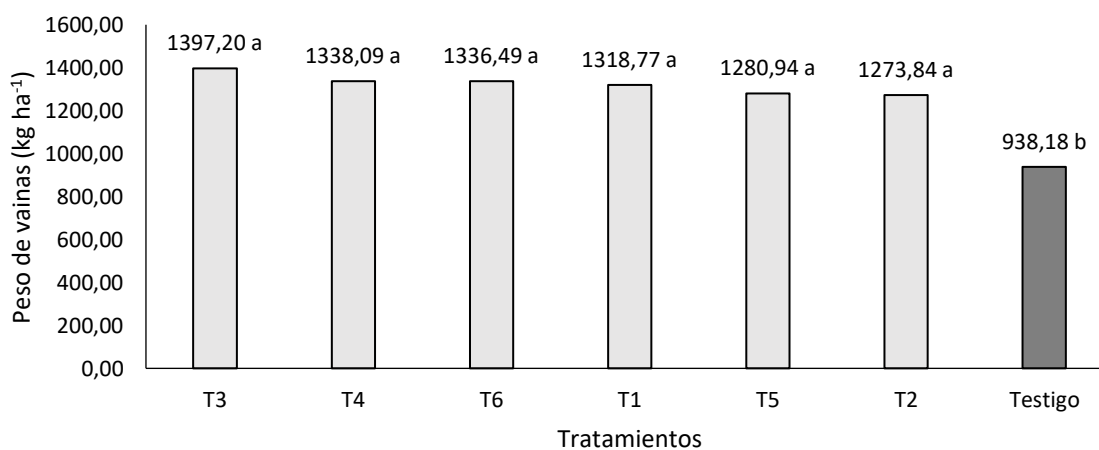


**Gráfico 3.** Respuesta de los tratamientos con el uso de microorganismos *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. sobre el número de vainas, en el cultivo de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp). Calceta, Manabí, Ecuador, 2022.



**Gráfico 4.** Efecto de microorganismos *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. vs el testigo en el número de vaina, en el cultivo de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp). Calceta, Manabí, Ecuador, 2022.

De acuerdo al análisis de varianza se presentaron diferencias estadísticas en los tratamientos sobre el peso de vainas, reflejando un valor máximo con 1397,20 kg ha<sup>-1</sup> en el T3 y un mínimo con 938,18 kg ha<sup>-1</sup> en el testigo como se observa en el gráfico 5.; también se reportaron diferencias significativas con los microorganismos vs testigo en el contraste ortogonal que indicaron un promedio de 1324,22 kg ha<sup>-1</sup> y 938,18 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, obteniendo un incremento del 29,15% kg ha<sup>-1</sup>, como se observa en el gráfico 6.



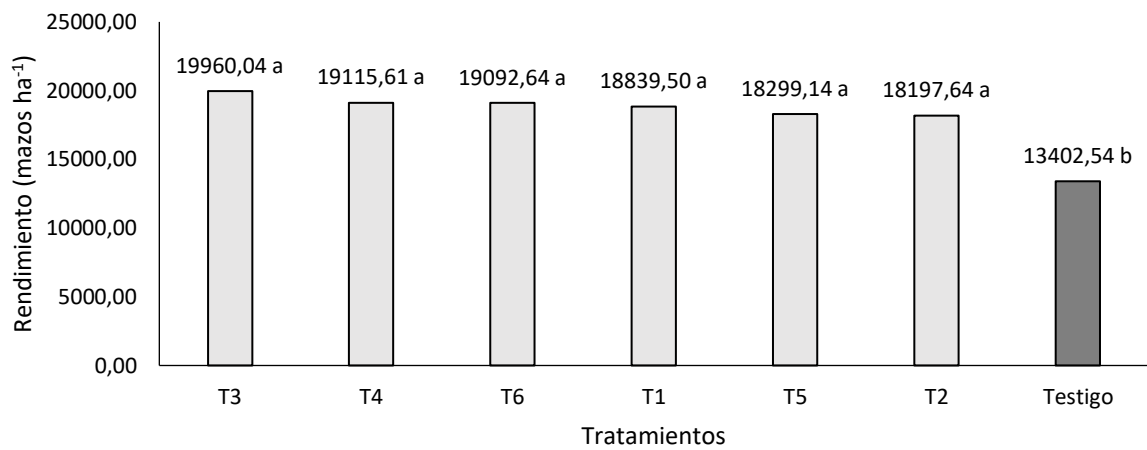
**Gráfico 5.** Respuesta de los tratamientos con el uso de microorganismos *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. en el peso de vainas, en el cultivo de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp). Calceta, Manabí, Ecuador, 2022.



**Gráfico 6.** Efecto de microorganismos *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. vs el testigo sobre el peso de vainas, en el cultivo de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp). Calceta, Manabí, Ecuador, 2022.

Se presentaron diferencias estadísticas en los tratamientos sobre el rendimiento, manifestando un valor máximo de 19960,04 mazos verdes ha<sup>-1</sup> en el T3 y un mínimo de 13402,54 mazos verdes ha<sup>-1</sup> sobre el testigo evidenciado en el gráfico 7.; al mismo tiempo se reportaron diferencias altamente significativas en el contraste ortogonal microorganismos vs testigo que indicaron un promedio de 18917,43 mazos verdes ha<sup>-1</sup> y 13402,54 mazos verdes ha<sup>-1</sup> respectivamente, obteniendo un incremento del 29,15%, como se observa en el gráfico 8.

Este resultado alcanzado, con un incremento del 29.15% de producción, es muy cercano al reportado por Chávez y Vásquez (2021) con un aumento en el rendimiento del 29,50% aplicando *Bacillus subtilis*. en el cultivo de frijol arbustivo. Pero difiere al obtenido por Vasallo et al. (2018) que mejoraron el rendimiento en un 61% del frijol común, con inoculaciones de semillas con microorganismos eficientes, aplicados en el follaje con una frecuencia de 7 días. Y contrastan, también, con los registrado por Calero et al. (2019a) que señalan un aumento del 26,53%, con aspersiones asociada de *Rhizobium leguminosarum* y varios microorganismos eficientes. De igual forma el incremento del rendimiento en esta investigación, se encuentra entre los rangos 25 a 59% reportados Calero et al. (2019b) en el frijol común, con la utilización de varios microorganismos eficientes y fitomas-e.



**Gráfico 7.** Respuesta en los tratamientos con el uso de microorganismos *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. en el rendimiento del cultivo de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp). Calceta, Manabí, Ecuador, 2022.



**Gráfico 8.** Efecto de microorganismos *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. vs el testigo sobre el rendimiento, en el cultivo de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp). Calceta, Manabí, Ecuador, 2022.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- Las frecuencias de aplicación de los microorganismos no influyeron en el rendimiento productivo del frejol caupí.
- Se logro determinar que las aplicaciones con *Bacillus* spp. incrementó el rendimiento en mazos ha<sup>-1</sup> en un 32.85%.

### 5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar nuevos estudios evaluando dosis de estos micro organismos con las mismas frecuencias, que en su oportunidad contribuya a disminuir el uso de fertilizantes convencionales ayudando a promover una agricultura más sostenible.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, A., Urgelles, I. y Abreu, N. (2021). Efecto de los Microorganismos Eficientes (ME) en el crecimiento y desarrollo del cultivo del frijol en condiciones de campo. *Hombre, Ciencia y Tecnología*, 25 (3), 104-109. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/441/4412517011/>
- AEFA, (Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes). (2018). Bioestimulantes, los fertilizantes del futuro. Obtenido de AEFA / Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes. Disponible en: <http://www.bioestimulantesagricolas.net/bioestimulantes-losfertilizantes-del-futuro/>
- Akiyama, S. (2017). Evaluación de la promoción del crecimiento, la calidad de planta y la incidencia de enfermedades en vivero de producción de Ciclamen (*Cyclamen persicum* Mill.) mediante el uso de *Trichoderma harzianum* Rifai. [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Luján]. <http://ri.unlu.edu.ar/xmlui/handle/rediunlu/540>
- Alonso, E. (2011). Caracterización bioquímica y fisiológica germinativa de cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). [Tesis de Grado, UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS JOSÉ MARTÍ PÉREZ, CUBA]. <http://hdl.handle.net/20.500.12897/132>
- Alvarado, D. e Higuera, J. (2013). *Evaluación de microorganismos benéficos Trichoderma harzianum, y Bacillus subtilis como controladores biológicos de Sclerotium cepivorum en el Cultivo de Cebolla paiteña (Allium cepa L.), en el sector La Esperanza, Cantón Bolívar, Carchi – Ecuador*. [Tesis de Grado, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI]. <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/19>
- Alvarado, Y., Martín, C., Mena, E., Suárez, A., Roque, B., Pichardo, T., ... y Leiva, M. (2015). Efecto de *Bacillus* spp. sobre el crecimiento y rendimiento agrícola

de plantas in vitro de papa cv. Romano en casa de cultivo. *Bioteología Vegetal*, 15(2).

Amaguaña, D. (2020). *Efecto de la aplicación de Bacillus subtilis en el cultivo de cebolla (Allium cepa L.) a tres dosis y tres frecuencias*. [Tesis de Grado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21977>

Aung, K., Jiang, Y. y He, S. (2018). *The role of water in plant in plant microbe Interaction*. *The Plant Journal*, 93: 771-780. <http://cagricola.uclv.edu.cu/>

Bader, A., Salerno, G., Covacevich, F., y Consolo, V. (2020). Native *Trichoderma harzianum* strains from Argentina produce indole-3 acetic acid and phosphorus solubilization, promote growth and control wilt disease on tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of King Saud University - Science*, 32(1), 867–873. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2019.04.002>

Basu, A., Prasad, P., Das, S., Kalam, S., Sayyed, R., Reddy, M., y Enshasy, H. (2021). Plant growth promoting rhizobacteria (Pgpr) as green bioinoculants: Recent developments, constraints, and prospects. *Sustainability (Switzerland)*, 13(3), 1–20. <https://doi.org/10.3390/su13031140>

Brítez, D., y Néstor, D. (2016). Bioestimulante y su respuesta sobre el cultivo de la soja (*Glycine max* (L.) Merrill). <http://repositorio.une.edu.py/handle/123456789/246>

Bustamante, M. (2017). *Respuesta del cultivo de arroz (Oryza sativa L.), a la aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal bajo condiciones de riego*. Vinces-Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/23377/3>

Caballero, J. (2006). Microbiología agrícola e interacciones microbianas con plantas. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 48(2), 154-161.



- Calero, A. (2020). Respuesta agroproductiva del fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) a la aplicación de vermicompost lixiviado y microorganismos eficientes. *Facultad de Ciencias*, 9(1), 112-124. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v9n1.82584>
- Calero, A., Olivera, D., Sánchez, N., Poey, J. (2016). *Influencia de diferentes concentraciones de microorganismos eficientes en la producción de fríjol común (Phaseolus vulgaris L.) en época de siembra temprana*. Universidad Sancti Spiritus. <file:///C:/Users/Invitado/Downloads/INFLUENCIADEDIFFERENTESCONCENTRACIONESDEMICROORGANISMOSEFICIENTESENLAPRODUCCINDEFRIJOLCOMNPhaseolusvulgarisL.ENPOCADESIEMBRATEMPRANA.pdf>
- Calero, A., Pérez, Y., Quintero, E., Olivera, D. y Peña, K. (2019a). Efecto de la aplicación asociada entre *Rhizobium leguminosarum* y microorganismos eficientes sobre la producción del fríjol común. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20 (2), 295-308. <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v20n2/0122-8706-ccta-20-02-00295.pdf>
- Calero, A., Quintero, E., Olivera, D., Pérez, Y., Castro, I., Jiménez, J. y López, E. (2018). Respuesta de dos cultivares de frijol común a la aplicación foliar de microorganismos eficientes. *Cultivos Tropicales*, 39(3), 5-10. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v39n3/ctr01318.pdf>
- Calero, A., Quintero, E., Pérez, Y., Olivera, D. Peña, K. y Jiménez, J. (2019b). Efecto entre microorganismos eficientes y fitomas-e en el incremento agroproductivo del frijol. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 17(1), 25-33. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/1201/93>
- CEPAL, (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2016). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, una oportunidad para América y el Caribe*. Naciones Unidas. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/311197>

- Cepeda, D., y Ávila, E. (2014). *Efectos del Trichoderma spp. sobre el crecimiento y desarrollo de la arveja (Pisum sativum L.)*. *Ciencia y Agricultura*, 11(1), 91-100. Recuperado de: [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia\\_agricultura/article/view/3492/3112](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_agricultura/article/view/3492/3112)
- Chandran, H., Meena, M., y Swapnil, P. (2021). Plant growth-promoting rhizobacteria as a green alternative for sustainable agriculture. *Sustainability (Switzerland)*, 13(19), 1–30. <https://doi.org/10.3390/su131910986>
- Chávez, M. y Vásquez, J. (2021). Efecto de la aplicación de tres dosis de *Bacillus subtilis* en tres variedades de frijol arbustivo. *Siembra*, 8(2). <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/246/2462183002/2462183002.pdf>
- Chuez, J. (2018). *Trichoderma harzianum* en el control de *Rhizoctonia solani* y *Gaeumannomyces graminis* en el cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*), en la zona de Babahoyo. Babahoyo-Los Ríos-Ecuador. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3421>
- Clemente, J. (2016). Use of *Bacillus* spp. as growth promoter in carrot crop. *African Journal of Agricultural Research*, v. 11, n. 35, p. 3355-3359. <https://doi.org/10.48017/dj.v7i1.2071>
- Compant, S., Brion, D., Jerzy, N., Christophe, C. y Essaïd, A. (2005). Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action and future prospects. *Appl. Environ. Microbiol.*, 71(9), 4951-4959. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.9.4951-4959.2005>
- Corrales, L., Caycedo, L., Gómez, M., Ramos, S., y Rodríguez, J. (2017). *Bacillus* spp: An alternative for plant promotion by two enzymatic pathways. *Nova*, 15(27), 46-65.

- De Souza, R., Ambrosini, A. y Passaglia, P. (2015). Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. *Genetics and Molecular Biology*. 38(4):401-19.
- Desai, S., Minakshi, E., Leo, G., Praveen. K., Mir, H. (2012). Exploiting Plant Growth Promoting Rhizomicroorganisms for Enhanced Crop Productivity. (Eds.). *Microorganisms in sustainable agriculture and biotechnology*. Chapter 12, pp.227-242.
- Díaz, G., Rodríguez, G., Montana, L., Miranda, T., Basso, C., y Arcia, M. (2020). Efecto de la aplicación de bioestimulantes y *Trichoderma* sobre el crecimiento en plántulas de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) en vivero. *Bioagro*, 32(3), 195-204.
- Esparza, S., y Pelagio, R. (2020). Mechanish of plant immunity triggered by *Trichoderma*. *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering*, 32(1), 57-73. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819453-9.00003-9>
- Estación meteorológica de la ESPAM-MFL (2022). Ubicación geográfica proporcionada por el instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. 1/.
- Faostat. (2020). *Crops. Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Available online at. Recuperado de: <https://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Galeote, M. (2018). *Efecto de la aplicación de microorganismos (Bacillus Subtilis y Trichoderma Asperellum T34) y ácidos orgánicos, en un medio calcáreo con diferentes formas de zn y dosis de p, sobre la bioacumulación de p y zn en trigo. (Tesis de grado)*. Universidad de Sevilla. Obtenido de <https://idus.us.es/handle/11441/70609>
- Gómez, B., Hernández, A., Herrera, H., Arroyo, G., Vargas, L., y Olalde, V. (2012). *Aislamiento de bacterias promotoras del crecimiento de la rizósfera de plantas*

de guayaba (*Psidium guajava*). *Ra Ximhai*, 8(3), 97-102. Obtenido de <http://uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-25aarticulosPDF/10>.

AISLAMIENTO%20DE%20BACTERIAS%20PROMOTORAS

Blanca\_Alejandro\_Carlos\_Gabriela\_Lorena\_Victor.pdf

Gonzales, M. (2012). *Bacillus subtilis* como promotora del rendimiento y calidad de fresa. (Tesis de grado) Centro interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional unidad Michoacán. Repositorio digital. [https://www.bioquirama.com/pdf/Fresa\\_y\\_bacillus\\_subtilis.pdf](https://www.bioquirama.com/pdf/Fresa_y_bacillus_subtilis.pdf)

González, H., y Fuentes, N. (2017). *Mecanismo de acción de cinco microorganismos promotores de crecimiento vegetal*. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(1), 17-31. Obtenido de <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/3416>

Grobelak, A., Napora, A. y Kacprzak, M. (2015). Using plant growth-promoting rhizobacteria PGPR) to improve plant growth. *Ecological Engineering*. 84: 22-8

Harman, G. (2011). Simbiontes de plantas fúngicas multifuncionales: nuevas herramientas para mejorar el crecimiento y la productividad de las plantas. *Fitol nuevo*.189, 647–649. doi: 10.1111/j.1469-8137.2010.03614.

Haro, A., Zamora, S., y Macias, R. (2019). *Evaluación del comportamiento agronomico de diez cultivares de frijol caupi “vigna unguiculata (l.) walp” en el cantón pedernales en el año 2018*. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, 34(7), 56-70. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/03/comportamiento-agronomico-frijol.html>

Hernández, J., Ferrera, R., y Alarcón, A. (2019). *Trichoderma*: importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas

de interés industrial. Chilean journal of agricultural y animal sciences, 35(1), 98-112 doi.org/10.4067/S0719-38902019005000205.

INEC. (2019). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CENSOS). Recuperado de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>

Intagri. (2021). (*Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura*) Recuperado de: <https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/biofertilizantes-en-agricultura>

Jain, S. (2016). Isolation and characterization of plant growth promoting bacteria from soybean rhizosphere and their effect on soybean plant growth promotion. *Int. J. Advanc. Sci. Tec. Res.*, v. 5, p. 397-410. <https://doi.org/10.48017/dj.v7i1.2071>

Kalia, A., y Gosal, S. (2011). Effect of pesticide application on soil microorganisms. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 57(6), 569–596. <https://doi.org/10.1080/03650341003787582>

Kloepper, J., y Zhang, S. (2004). *Induced Systemic Resistance and Promotion of Plant Growth by Bacillus spp.* *The American Phytopathological Society*, 94(11), 1259-1266. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO.2004.94.11.1259>

Lapsansky, R., Milroy, M., Andales, J. y Vivanco, M. (2016). Soil memory as a potential mechanism for encouraging sustainable plant health and productivity. *Current Opinion in Biotechnology*, 38, 137-142. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2016.01.014>

López, E., Tosquy, O., Villar, B., Acosta, J., Rodríguez, J. y Andrés, P. (2015). Rendimiento y estabilidad de líneas mejoradas de frijol negro en Veracruz y Chiapas, México. *Rev. Fitotec.Mex.*38(2):173-181.

- Martínez, L., y Aguilar, J. (2013). *Caracterización de rizobacterias aisladas de tomate y su efecto en el crecimiento de tomate y pimiento. Facultad de Química Universidad Central Autónoma de Querétaro*, 36(1) 63-69. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v36n1/v36n1a7.pdf>
- Medrano, K., y Vasconez, R. (2020). *Identificación molecular de cepas de Bacillus spp y su uso como rizobacteria promotora de crecimiento tomate (Lycopersicon esculentum Mill ). Facultad de ciencias agropecuarias*, 11(4), 575 – 581. <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/3170-Texto%20del%20art%C3%ADculo-11583-1-10-20201129.pdf>
- Mendoza, H. y Linzán, L. (2005). INIAP-463 variedad de grano blanco y alto rendimiento para el Litoral Ecuatoriano. Boletín divulgativo N° 218. INIAP. Portoviejo. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1136/1/INIAP-463.pdf>
- Morocho, M., y Leiva, M. (2019). *Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. Centro Agrícola*, 46(2), 93-103. Recuperado de: [http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V46-Numero\\_2/cag11219.pdf](http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V46-Numero_2/cag11219.pdf)
- Peña, K., Rodríguez, J., y, Santana, M. (2015). Comportamiento productivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) ante la aplicación de un promotor del crecimiento activado molecularmente. *Avances*, 17(4), 327-337. <https://www.redalyc.org/pdf/6378/637867038001.pdf>
- Pérez, F., Alías, C., Bellogín, R., del Cerro, P., Espuny, M. y Jiménez, I. (2014). Plant growth promotion in cereal and leguminous agricultural important plants: From microorganism capacities to crop production. *Microbiological Research*. 169:325–36.
- Phytologist, N. (2011). Commentary Multifunctional fungal plant symbionts: new tools to enhance plant growth and productivity. *Annual Review of*

*Phytopathology*, 647–649.

- Pincay, F. (2016). Estudio de fertilización edáfica y foliar en tres variedades de frejol caupí *Vigna unguiculata* L. Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Agrarias. Guayaquil - Ecuador: Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/13826/1/Pincay%20Franco%20Victor%20Jefferson.pdf>
- Rai, A. y Nabti, E. (2017). Plant Growth-Promoting Bacteria: Importance in Vegetable Production. En: Zaidi A, Khan MS, editors. *Microbial Strategies for Vegetable Production*. Chapter 2. Springer International Publishing AG. Switzerland, p. 23-48.
- Rodas, J. (2017). *Contaminación de los suelos agrícolas provocados por el uso de agroquímicos en la parroquia San Joaquín*. Obtenido de Recuperado de: [https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14712/1/UPS CT007228.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14712/1/UPS%20CT007228.pdf)
- Rodríguez, I. (1990). Efecto antagónico de ocho aislamientos de *Trichoderma* contra *Fusarium moniliforme* (Booth) y *Fusarium subglutinans* (Booth). Trabajo de Diploma en opción al título de ingeniero Agrónomo Universidad Agraria de La Habana.
- Rodríguez, O., Andrade, W., Díaz, F., y Moncada, B. (2015). Actividad antimicrobiana de líquenes de la cuenca alta del río Bogotá. *Nova*, 13(23).
- Rojas, M., Bello, M., Ríos, Y., Lugo, D., y Rodríguez, J. (2020). Plant growth promotion of commercial vegetable crops by *Bacillus* strains. *Acta Agronómica*, 69(1), 54-60.
- Ruiz, M., Ornelas, J., Olivas, G., Acosta, C., Sepúlveda, D., Pérez, D., ... y Fernández, S. (2018). Efecto de *Trichoderma* spp. y hongos fitopatógenos

sobre el crecimiento vegetal y calidad del fruto de jitomate. *Revista mexicana de fitopatología*, 36(3), 444-456. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1804-5>

Singh, S., Singh, H., Singh, D., y Rakshit, A. (2014). *Trichoderma*-mediated enhancement of nutrient uptake and reduction in incidence of *Rhizoctonia solani* in tomato. *Egyptian Journal of Biology*, 16(1), 29. <https://doi.org/10.4314/ejb.v16i1.4>

Stefanova, (2003). Agentes de biocontrol. a base de *Trichoderma* spp. para el control biológico de la *P. infestans*. Boletín técnico No. 2, EdiEspe. pp. 7-8. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/162>

Tahir, H., Gu, Q., Wu, H., Raza, W., Hanif, A., Wu, L., Colman, M., y Gao, X. (2017). Plant growth promotion by volatile organic compounds produced by *Bacillus subtilis* SYST2. *Frontiers in Microbiology*, 8(FEB), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00171>

Tančić-Živanov, S., Medić-Pap, S., Danojević, D., y Prvulović, D. (2020). Effect of *Trichoderma* spp. on Growth Promotion and Antioxidative Activity of Pepper Seedlings. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 63, 12. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2020180659>

Tejera, B., Rojas, M., Heydrich, M. (2011) Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento y el control biológico de hongos fitopatógenos. *Revista CNIC*; 42(3): 131-13

Vacheron, J., y Muller, D. (2013). *Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning*. *National library of Medicine*, 36(1), 55-67. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00356>

Vasallo, D., Montejo, J., López, P., Morgado, A., Pérez, M. y Piñeiro, D. (2018). Microorganismos eficientes como bioestimuladores en la producción de



*Phaseolus vulgaris* L. cultivar Delicia rojo 364. *Agrisost*, 24(3), 169-177.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/268093134.pdf>

Xia, X., Lie, T., Quian, X., Zheng, Z., Huang, Y., y Shen, Y. (2010). Species Diversity, Distribution, and Genetic Structure of Endophytic and Epiphytic *Trichoderma* Associated with Banana Roots. *Microbial Ecology*. 61:619-625

Yépez, C. (2018). *Evaluación del Trichoderma spp., como acondicionador de suelos cultivado con maíz (Zea mays L.), en la zona de Pueblo Viejo*. [Tesis de Grado, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO].  
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/5036/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000119.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Zhang, S., Gan, Y., y Xu, B. (2016). Application of plant-growth-promoting fungi *Trichoderma longibrachiatum* T6 enhances tolerance of wheat to salt stress through improvement of antioxidative defense system and gene expression. *Frontiers in Plant Science*, 7(September), 1–11.  
<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01405>

Zhang, S., Gan, Y., y Xu, B. (2019). Mechanisms of the IAA and ACC-deaminase producing strain of *Trichoderma longibrachiatum* T6 in enhancing wheat seedling tolerance to NaCl stress. *BMC Plant Biology*, 19(1), 1–18.  
<https://doi.org/10.1186/s12870-018-1618-5>

Zúñiga-Silgado, D. y Vélez-Vargas L. 2016. Evaluation of phosphodissolvent IAA producing strains of *Trichoderma* spp. through biometric response of *Phaseolus vulgaris* L. *Int. J. Biosci.* 8(6):103-118.

# **ANEXOS**

## ANEXO 1



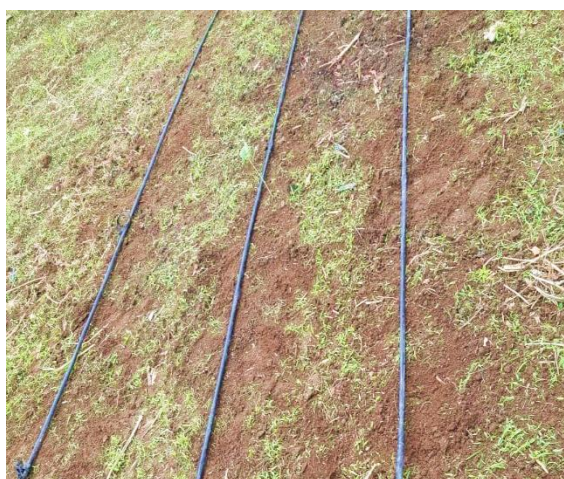
Siembra



Germinación



Control de malezas



Área despejada



Preparación de la bomba mochila



Aplicación de los bioestimulantes



## ANEXO 2



Desarrollo del cultivo



Floración y cuajado



Cosecha



Muestreo



Empacado



Peso del número de vainas



Peso del número de granos