



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA**

**EVALUACIÓN DE *Bacillus* spp. Y *Trichoderma* spp. COMO
MICROORGANISMOS POTENCIADORES DE LA PRODUCTIVIDAD EN
CULTIVOS DE PITAHAYA (*Hylocereus megalanthus*), LOS BANCOS-
ECUADOR**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA**

AUTORES:

ANDRÉS ALEJANDRO GALÁRRAGA FLORES

DAVID ALEXANDER PRADO DEL CASTILLO

TUTOR: RAMIRO DANIEL ACURIO VÁSCONEZ

Quito- Ecuador

2023

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, **ANDRÉS ALEJANDRO GALÁRAGA FLORES** con documento de identificación N° **172686430** y **DAVID ALEXANDER PRADO DEL CASTILLO** con documento de identificación N° **1720873163**; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 23 de febrero del año 2023

Atentamente,



**ANDRÉS ALEJANDRO GALÁRAGA
FLORES**

1726864430



**DAVID ALEXANDER PRADO DEL
CASTILLO**

1720873163

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, **ANDRÉS ALEJANDRO GALÁRRAGA FLORES** con documento de identificación No, 1726864430 y **DAVID ALEXANDER PRADO DEL CASTILLO** con documento de identificación No, 1720873163, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Trabajo experimental: **EVALUACIÓN DE *Bacillus spp.* Y *Trichoderma spp.* COMO MICROORGANISMOS POTENCIADORES DE LA PRODUCTIVIDAD EN CULTIVOS DE PITAHAYA (*Hylocereus megalanthus*), LOS BANCOS-ECUADOR**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIEROS EN BIOTECNOLOGÍA**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 23 de febrero del año 2023

Atentamente,



ANDRÉS ALEJANDRO GALÁRRAGA
FLORES

1726864430



DAVID ALEXANDER PRADO DEL
CASTILLO

1720873163

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **RAMIRO DANIEL ACURIO VASCONEZ** con documento de identificación N°, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **EVALUACIÓN DE *Bacillus* spp Y *Trichoderma* spp COMO MICROORGANISMOS POTENCIADORES DE LA PRODUCTIVIDAD EN CULTIVOS DE PITAHAYA (*Hylocereus megalanthus*), LOS BANCOS-ECUADOR** realizado por **ANDRÉS ALEJANDRO GALÁRRAGA FLORES** con documento de identificación N° **172686443-0** y por **DAVID ALEXANDER PRADO DEL CASTILLO** con documento de identificación N° **172087316-3**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 23 de febrero del año 2023

Atentamente,



RAMIRO DANIEL ACURIO VASCONEZ

DEDICATORIA

A la vida, por darme la oportunidad de seguir aquí.

A mi tía Cristina, por ser mi apoyo incondicional durante estos años.

A mi abuela María Elena, por quererme desde que tengo memoria.

A mi abuelo Oswaldo, por emocionarse cada que le cuento mis logros.

A esa chica inusual.

Andrés Galárraga

A mis padres Ramiro y Sandra, por darme una vida llena de oportunidades y amor genuino.

A mis abuelos Maty, Pepe, Imi y a mi hermana Carolina, por ser un apoyo incondicional en
cada etapa de mi vida.

David Prado

AGRADECIMIENTO

A nuestras amigas Salome y Lizbeth, por su paciencia y apoyo incondicional durante el desarrollo de este proyecto.

A Enrique y Andrés, por su apoyo durante las salidas en el campo.

A nuestro Tutor MSc. Daniel Acurio, por guiarnos a lo largo de este trayecto y darnos las herramientas necesarias durante su periodo de docencia, también por su tiempo y dedicación para este trabajo.

A MSc. Michelle Tenorio, por proveernos de los materiales necesarios para desarrollar este estudio.

A mi compañero Andrés, por su colaboración en el último esfuerzo y sobre todo por ser un verdadero amigo.

A mi Emi, por ser inspiración y apoyo incondicional a lo largo de este último esfuerzo. (David Prado)

RESUMEN

La pitahaya amarilla es un fruto muy apetecido para el mercado nacional e internacional, debido a sus características organolépticas y nutricionales, para que este cultivo alcance un óptimo rendimiento es necesaria una adecuada nutrición, lo cual no siempre se logra con el manejo basado en la agricultura convencional.

El ensayo se realizó en el sector de San Miguel de Los Bancos – Ecuador, se evaluó la capacidad potenciadora de la productividad, de los tratamientos T1(*Bacillus* spp), T2(*Trichoderma* spp), T3(Combinación de *Bacillus* spp y *Trichoderma* spp) y frente a al testigo (Raizal), aplicados sobre las plantas de forma edáfica y foliar, distribuidos en un diseño experimental DBCA durante un periodo productivo partiendo desde la brotación hasta la cosecha.

El análisis estadístico se realizó haciendo uso del software INFOSTAT y se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos para la variable del peso de los frutos(p -valor $<0,0001$), por otro lado, para las variables de número de botones florales, número de flores, número de frutos, grados brix y diámetro de los frutos, no hubo diferencias significativas, por lo que la implementación de los microorganismos es una alternativa al manejo convencional.

El uso combinado de los microorganismos *Bacillus* spp y *Trichoderma* spp para el manejo del cultivo de pitahaya, determinó el mejor costo-beneficio con una ganancia de 2,79\$ por cada dólar invertido, demostrando la mayor rentabilidad en este tratamiento.

Palabras clave: *Bacillus*, *Trichoderma*, pitahaya, costo-beneficio, tratamientos

ABSTRACT

Yellow dragon fruit is a very desirable for the national and international market, due to its organoleptic and nutritional characteristics, for this crop to reach optimal performance, adequate nutrition is necessary, which is not always achieved with management based on conventional agriculture.

The trial was carried out in San Miguel de los Bancos - Ecuador, productivity-enhancing capacity of the treatments T1 (*Bacillus* spp), T2 (*Trichoderma* spp), T3 (Combination of *Bacillus* spp and *Trichoderma* spp) was evaluated. and compared with a control (Organic Fertilizer + Raizal), applied to plants in an edaphic and foliar manner, distributed in an experimental DBCA design during a productive period starting from sprouting to harvest.

Statistical analysis was carried out using INFOSTAT software and significant differences were obtained between the treatments for the variable “weight of fruits” (p-value <0.0001), on the other hand, for the variables of number of flower buds, number of flowers, number of fruits, brix degrees and diameter of the fruits, there were no significant differences, so the implementation of microorganisms is an alternative to conventional management.

The combined use of the microorganisms *Bacillus* spp and *Trichoderma* spp for management of the dragon fruit crop, prolongs the best cost-benefit with a profit of \$2.79 for every dollar invested, demonstrating the highest profitability in this treatment.

Keywords: *Bacillus*, *Trichoderma*, dragon fruit, cost-benefit, treatments

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Problema	1
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	4
2.1	Pitahaya amarilla (<i>Hylocereus megalanthus</i>)	4
2.1.1	Taxonomía de Pitahaya	4
2.1.2	Descripción morfológica o agroecológica	5
2.1.2.1	Raíz	5
2.1.2.2	Tallo	5
2.1.2.3	Flor	6
2.1.2.4	Fruta	6
2.1.2.5	Semilla	6
2.1.3	Pitahaya en el Ecuador	6
2.2	Fertilizantes	7
2.3	Biofertilizantes	8
2.3.1	PGBP (Bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal)	11
2.3.2	<i>Bacillus</i> spp	11
2.3.3	Hongos Solubilizadores de Fósforo (Descripción y mecanismos de acción)	13
2.3.4	<i>Trichoderma</i> spp	14
3	MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1	Enfoque de investigación	15
3.1.1	Tipo de investigación	15
3.1.2	Ubicación geográfica del diseño experimental	15
3.2	Metodología	15
3.2.1	Variables	15
3.2.1.1	Variable independiente	15
3.2.1.2	Variables dependientes	16
3.2.2	Tratamientos:	16
3.2.3	Diseño experimental	17
3.2.4	Aplicación de microorganismos	17
3.2.5	Recolección de datos	18

3.2.5.1	Conteo de número de botones florales	18
3.2.5.2	Conteo de número de flores	18
3.2.5.3	Conteo de número de frutos	18
3.2.5.4	Registro de pesos, diámetros y medición de grados Brix	18
3.2.5.5	Pesos	19
3.2.5.6	Diámetros	19
3.2.5.7	Grados Brix	19
3.2.6	Rendimiento y Costo-beneficio	19
3.2.6.1	Rendimiento	19
3.2.6.2	Costo-beneficio	20
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1	Variables que no presentaron diferencias estadísticas	21
4.1.1	Botones florales	22
4.1.2	Flores	22
4.1.3	Frutas	23
4.1.4	Diámetro Ecuatorial del fruto	24
4.1.5	Grados Brix	25
4.2	Peso del fruto	26
4.3	Rendimiento	29
4.4	Costo de los tratamientos	30
4.5	Costo-beneficio de los tratamientos	31
5	CONCLUSIONES	34
6	RECOMENDACIONES	35
7	BIBLIOGRAFÍA	36
8	ANEXOS	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía.....	4
Tabla 2 Hongos solubilizadores de fosforo.....	14
Tabla 3 Características climáticas y geográficas.....	15
Tabla 4 Tratamientos aplicados en campo	16
Tabla 5 El diseño experimental se representa en un esquema de campo basado en un DBCA17	
Tabla 6 Cálculo de rendimiento	30
Tabla 7 Costos de los tratamientos.....	30
Tabla 8 Análisis Costo-Beneficio	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 tabla resumen de las variables que no presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados	21
Figura 2 medias de los Grados Brix con su desviación estándar expresada con \pm	25
Figura 3 se presentan las medias de los pesos de los frutos con su desviación estándar	26
Figura 4 se presentan las medias de los pesos de los frutos por cada bloque con su desviación estándar.....	27

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Cultivo de <i>Hylocereus megalanthus</i> en la finca PANJU	44
Anexo 2 Delimitación del diseño experimental	45
Anexo 3 Botón floral de la planta de pitahaya	46
Anexo 4 Flor de la planta de la pitahaya	47
Anexo 5 Fruto de la planta de pitahaya	48
Anexo 6 Filtrado de la dilución con microorganismos	49
Anexo 7 Dilución de microorganismos para aplicación	50
Anexo 8 Cosecha.....	51
Anexo 9 Pesaje y toma de diámetro de los frutos	52
Anexo 10 Brixómetro.....	53

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Problema

En Ecuador, la comercialización de la pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*), ha atravesado una rápida transición desde un estado silvestre para convertirse en un cultivo comercial, debido a sus características organolépticas y nutraceuticas, es muy demandada en el mercado nacional e internacional, consecuentemente se han desarrollado problemas de manejo agronómico, que precisan alternativas sustentables y sostenibles (Vargas et al., 2020).

Debido a la importancia económica y ecológica de este cultivo, se ha evidenciado un creciente interés por el empleo de microorganismos que potencien su productividad, reduzcan los daños sobre el ambiente y los riesgos sobre la salud de los consumidores (J. Ruiz, 2021).

Los fertilizantes químicos se aplican comúnmente con el objetivo de aportar nutrientes básicos al suelo, el problema surge cuando se usan en cantidades inadecuadas y alteran la fertilidad natural de los suelos para cultivo, esto puede traer consecuencias graves como la erosión, disminución de nutrientes, aumento de acidez o salinidad (Pinche & Ricse, 2020). lo cual afecta de manera directa al rendimiento de cualquier especie productiva.

Como se sugiere en el trabajo de Novoa et al. (2018) la aplicación deficiente de fertilizantes con minerales básicos para una nutrición completa (fósforo, boro y potasio) en plantas de *Persea americana*, cv. Hass (Aguacate), afectando negativamente en características fisiológicas tales como: número de hojas, área foliar, cantidad relativa de clorofila, etc. siendo claros síntomas de estrés nutricional.

Una fertilización inadecuada puede generar desequilibrios en la cantidad de minerales presentes en el suelo, lo cual repercute en el óptimo desarrollo del cultivo, así lo indica Chuquillanqui, (2018), la presencia de nitrógeno en altas cantidades compromete el rendimiento y la calidad

del fruto en la piña (*Ananas comosus* L. Merr. Var. *comosus*), aumentando el tamaño del pedúnculo, el corazón de la fruta y, además, aumento la frecuencia de la “doble corona”.

Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) constituyen un grupo de bacterias muy prometedor para ser utilizados como bioestimulantes en la producción agrícola, trabajando en conjunto con fertilizantes químicos, o reemplazándolos, esto debido a sus capacidades solubilizadoras y productoras de fitohormonas (Rojas et al., 2020). *Bacillus* una de las especies de rizobacterias más relevantes, debido a su capacidad de generar ácidos orgánicos, lo cual facilita la absorción mineral de la planta (Corrales et al., 2014).

Por otra parte, existen hongos con la capacidad de promover el crecimiento vegetal mediante mecanismos de solubilización de fosfatos, y el incremento los hongos promotores de crecimiento vegetal, solubilizadores de fosfatos, y con la capacidad de aumentar significativamente la rizósfera de la planta, como son los hongos pertenecientes al género *Trichoderma* (J. Ruiz, 2021). También aportaría en la estimulación de la productividad en las plantas de pitahaya, teniendo más área de absorción de nutrientes.

En base a lo expuesto, la finalidad de esta investigación es evaluar el potencial de *Bacillus* spp y *Trichoderma* spp en la estimulación de la productividad del cultivo de *Hylocereus megalanthus* (Pitahaya amarilla), mediante un análisis del rendimiento y calidad de la cosecha, posterior a la aplicación de los microorganismos antes mencionados, adicionalmente un análisis costo-beneficio de los tratamientos propuestos en contraste al manejo convencional. Se realizará en la finca “PANJU” ubicada en el Cantón de San Miguel de los Bancos, Ecuador.

Como hipótesis alternativa (Ha) se planteó que la aplicación de *Bacillus* spp y *Trichoderma* spp. presenta diferencias significativas mejorando la productividad en las plantas de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*): como hipótesis nula (Ho) que la aplicación de *Bacillus* spp

y *Trichoderma* spp. no presenta diferencias significativas en la productividad de las plantas de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*):

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*)

La pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*), es un cactus o arbusto trepador de la familia cactácea (Vásquez et al., 2016). Utilizado comúnmente como fuente de frutos, ya que sus bayas tienen características organolépticas atractivas, y de alto contenido nutricional, o bien como plantas ornamentales por su capacidad de desarrollarse en árboles o rocas (Huachi et al., 2015). Su llamativo color amarillo la hace destacar, al igual que sus flores, que son de tamaños considerables, suelen ser utilizadas como cercas naturales para delimitar propiedades. Su origen se da en el norte de América del sur y Mesoamérica, su crecimiento y desarrollo se da en una altura aproximada de hasta 1900 msnm, una temperatura de entre 18 a 25°C y una pluviosidad de entre 1200 a 2500 milímetros (mm) por año, siendo esta una zona óptima para su producción y cosecha (Vásquez et al., 2016).

2.1.1 Taxonomía de Pitahaya

La taxonomía de la pitahaya amarilla, *Hylocereus megalantus*, se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1 Taxonomía

Pitahaya Amarilla	
Reino:	Plantae
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Caryophyllales
Familia:	Cactaceae
Género:	<i>Selenicereus</i>

Especie:	<i>Hylocereus megalanthus</i>
Tribu:	Hylocereeae

Fuente: (Balladares, 2016)

2.1.2 Descripción morfológica o agroecológica

2.1.2.1 Raíz

La planta posee 2 tipos de raíces, siendo las principales las que se encuentran dentro del suelo, siendo ampliamente ramificada y de poco grosor, y se encargan de la absorción de fluidos, vitaminas y minerales.

La pitahaya requiere de un tutor para su cultivo, debido a que no es capaz de sostenerse por sí misma, por lo que su sistema radicular se constituye por una raíz axonomorfa de poca profundidad para asegurar la fijación y raíces secundarias (ICA, 2012).

Las raíces secundarias o adventicias son las que surgen desde el tallo, también absorben fluidos pero su principal función es la de proporcionar más agarre y fijación al suelo o bien para trepar por superficies (Balladares, 2016).

2.1.2.2 Tallo

Son extremadamente carnosos y acumulan una gran cantidad de agua, por lo que su adaptabilidad a climas desérticos es buena, además posee mucílagos que evitan la pérdida de agua innecesaria, y no desarrollan ninguna clase de hoja (Balladares, 2016). Su forma es triangular y sus espinas pueden aparecer de 1 a 3 de tamaño pequeño o puede ser sin espinas (J. Ruiz, 2021). Además, tienden a ramificarse en varias “ramas” secundarias.

2.1.2.3 Flor

Tienen forma de embudo, presentando un característico color entre amarillo y blanco, y con una textura parecida al terciopelo, son hermafroditas y tienen un gran tamaño, siendo entre 20 y 25 cm, su ovario esta al final de un largo tubo con sus escamas foliares hacia afuera y gran número de estambres (Huachi et al., 2015).

2.1.2.4 Fruta

Se encuentra conformado por el pedúnculo (sistema de unión de la fruta al tallo) y el ápice (marca al otro extremo de la fruta que evidencia su antigua unión con la flor); Su parte externa se encuentra cubierta por mamilas, que a su vez tienen entre 5 a 6 espinas por mamila, sus partes son: cáscara o epicarpio, mesocarpio (pulpa de la fruta) y endocarpio(semilla) (Yoplac et al., 2021).

2.1.2.5 Semilla

El número de semillas por fruta suele ser elevado, 650 semillas aproximadamente suelen ser de color negro y con una longitud de entre 2 a 4 mm, consumir estas semillas es beneficioso, por su alto contenido en antioxidantes (Huachi et al., 2015).

2.1.3 Pitahaya en el Ecuador

En el Ecuador, la pitahaya amarilla es la más consumida, al resultar muy atractiva por su color llamativo, su agradable aroma y espinas características del fruto, aunque se cultiva tanto la pitahaya roja como la amarilla (Vargas et al., 2020). El país posee 2 ecotipos diferentes de pitahaya amarilla, la variedad “Pichincha”, cultivada mayormente en el noroccidente de la provincia, con un peso máximo de 0.150 kg, y la variedad “Palora” originaria de la Amazonía ecuatoriana, con frutos mucho más pesados, de hasta 0.350 kg cultivada en la provincia de Morona Santiago (Vargas et al., 2020). Sin embargo, existen varias fincas en Pichincha que

también cultivan la variedad “Palora” debido a la diferencia de tamaños que existen entre las variedades, lo que hace de este ecotipo mucho más atractivo para la exportación internacional. La demanda y aceptación de la variedad “Palora” movilizó a los productores a crear una organización llamada; Asociación de Productores de Pitahaya “Palora”, esta asociación consta de 138 miembros y con aproximadamente 1528 hectáreas con pitahaya variedad “Palora” sembrada (MAG, 2018).

2.2 Fertilizantes

Los fertilizantes son sustancias que permiten corregir deficiencias nutricionales en los cultivos, también cumplen con la función de mejorar la fertilidad del suelo, convirtiéndose en el medio más efectivo para aumentar el rendimiento y la calidad (Paspuel, 2018).

En la agricultura convencional, el uso excesivo y prolongado de productos químicos dedicados a la fertilización de los cultivos, ha agotado los suelos y generando una dependencia de los agricultores a estas sustancias, pero además una de las consecuencias más graves derivadas de este manejo, es la contaminación del ambiente, pues estos se han convertido en una significativa fuente de contaminación, que agota los suelos, infecta las fuentes de agua y genera problemas a la salud de flora, fauna y del mismo ser humano.

Una creciente demanda de alimentos, en especial de los productos agrícolas, ha generado una intensificación de la producción, esto ha sido logrado gracias al uso de plaguicidas y fertilizantes, un claro ejemplo es el aumento de la producción de cereales en el periodo entre el 2002 y 2018 alcanzó el 44%, en el cual los fertilizantes inorgánicos por hectárea de cultivo se incrementaron en torno al 23% (ONU, 2020).

Sin embargo, estos aditivos químicos, han demostrado diversos efectos adversos, los cuales se deben principalmente a un uso ineficiente y excesivo, lo cual genera la pérdida de los nutrientes en el medio ambiente y también carga otras consecuencias negativas, tal como lo es la

contaminación de las fuentes de agua potable, la eutrofización de los sistemas de agua dulce y las zonas costeras. También cabe mencionar que el uso de fertilizantes representa un riesgo sobre la vida humana y puede ocasionar problemas graves de salud (ONU, 2020).

Debido a estas características contaminantes de los fertilizantes químicos, se hace necesario adoptar medidas progresivas y transformadoras, pues al ritmo productivo del sector agrícola, bajo el mismo modelo convencional de manejo de los cultivos, los efectos adversos de los fertilizantes aumentarán si no se produce un cambio fundamental en la forma de producir.

En Ecuador, en un estudio realizado por (Moreira & Murrillo, 2022), en la que se realizó encuestas a 28 productores de pitahaya, los resultados indicaron que el 86.7% prefieren usar fertilización convencional con productos a base de nitrógeno, fosforo y potasio, algunos de los nombres comerciales son “Evergreen” y sulfato de amonio. Por otro lado, el 16.2% de los productores encuestados aplican abonos orgánicos como biol y compost.

2.3 Biofertilizantes

Los biofertilizantes son productos que contienen en su composición microorganismos vivos o partes activas de los mismos, los cuales tienen propiedades particulares que les permiten ejercer uno o varios efectos benéficos sobre las plantas, esto a través del uso de diferentes mecanismos (González & Fuentes, 2017). Poseen la capacidad de poner a disposición de los cultivos, los nutrientes necesarios para su desarrollo, ya sea por solubilización, movilización o fijación de los mismos, dentro de este grupo se incluyen los microorganismos promotores de crecimiento vegetal, los cuales generan sus efectos benéficos por varios mecanismos, como la síntesis de sustancias reguladores de crecimiento, la cual estimula la longitud y densidad radicular, como consecuencia de esto, la absorción de agua y nutrientes aumenta, las plantas se vuelven más vigorosas, productivas y tolerantes a condiciones ambientales adversas (Mamani & Filippone, 2018).

La biotecnología ha sido una herramienta que ha permitido hallar soluciones eficientes a los problemas de la forma convencional de la producción agrícola, el objetivo de estos avances ha sido el llegar a reemplazar los fertilizantes de origen químico y pasar al uso de biofertilizantes, compuestos o derivados de microorganismos, algunas especies de bacterias y hongos cuentan con mecanismos de solubilización, que facilitan la absorción de todos los compuestos, así como lo es la solubilización de fosfatos, la cual se ha convertido en un tema de recurrente investigación debido a su importancia para la agricultura (Corrales et al., 2014).

En los distintos ecosistemas, el fósforo se encuentra en reservorios como las rocas, sin embargo, está unido al oxígeno, en forma de fosfatos, la manera en la que estos fosfatos pueden ser absorbidos a través de las raíces de las plantas, es cuando son solubilizados, generalmente por la intemperie y la lluvia (Corrales et al., 2014).

La solubilización de fosfatos, desde 1908, han sido reportados como el resultado de la producción extracelular de ácidos orgánicos, los cuales están involucrados en la quimiotaxis microbiana y la detoxificación de los metales, aquellas bacterias que han sido asociadas con la producción de ácidos orgánicos, corresponden a las Rizobacterias, entre las cuales se encuentran: *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Agrobacterium*, *Flavobacterium*, *Rhizobium*, *Yarrowia*, *Streptosporangium*, *Aerobacter*, *Achromobacter* y *Erwinia* (Corrales et al., 2014).

Microorganismos Promotores de Crecimiento Vegetal (PCV) (Descripción y mecanismos de acción)

Los microorganismos promotores del crecimiento vegetal, corresponden a un grupo de distintas especies que tienen la capacidad de aumentar el crecimiento y la productividad de las plantas, estos organismos se pueden clasificar dentro de dos grupos, (i) microorganismos promotores

del crecimiento de las plantas, en este caso ejercen acción de manera directa sobre las plantas suprimiendo a otros microorganismos, por otro lado están (ii) las bacterias promotoras de crecimiento en plantas con capacidad para el control biológico, las cuales actúan promoviendo el crecimiento de las plantas a través de la supresión de fitopatógenos (González & Fuentes, 2017)

Es evidente que los microorganismos promotores del crecimiento vegetal, pueden realizar su acción sobre las plantas de manera directa o indirecta, en particular para el primer caso la influencia directa se basa en la producción de fitohormonas, tal como el ácido indol acético (AIA) que pertenece al grupo de la auxinas, también el ácido giberélico (GA3), citoquininas y ácido absísico (ABA), o a su vez poseen la capacidad de sintetizar la enzima 1-aminociclopropano 1-carboxilato (ACC) desaminasa, la cual reduce los niveles de etileno en las raíces (González & Fuentes, 2017).

Algunas especies de este grupo de microorganismos, además de producir o modificar la concentración de fitohormonas, participan en los procesos de fijación asimbiótica de Nitrógeno (N₂), desarrollan antagonismo contra microorganismos fitopatógenos, tienen la capacidad de producir sideróforos, pueden solubilizar nutrientes y los fosfatos de origen mineral (González & Fuentes, 2017)

Los PCV son microorganismos de gran versatilidad ambiental, debido a las características que poseen, por esta razón se han realizado una variedad de esfuerzos a nivel mundial para emplearlos dentro de formulaciones, en forma de biofertilizantes (González & Fuentes, 2017).

El uso de microorganismos promotores del crecimiento vegetal, es una alternativa para mejorar o reducir las diversas formas de fertilización química que se aplica sobre el suelo, incluso también se constituye como una opción a los pesticidas de origen químico, generando de esta manera prácticas agrícolas con menor impacto ambiental, beneficiando a los suelos y

reduciendo considerablemente los riesgos sobre la salud de los consumidores, también apoyan a la economía de los agricultores (González & Fuentes, 2017).

2.3.1 PGBP (Bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal)

Las Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal, es la categorización que se ha otorgado a ciertos microorganismos, que se encuentran de manera natural en los suelos y tienen la capacidad de colonizar la rizósfera o el tejido de las plantas, las mismas que al emplearse como un inoculante biológico generan un efecto beneficioso y medible sobre los organismos vegetales (Mazo et al., 2021).

Géneros como *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Enterobacter*, entre otras, han sido identificados y reportados en la literatura científica, por desempeñar actividades asociadas al desarrollo y crecimiento de diferentes especies de plantas, para lo cual emplean diferentes mecanismos biológicos (Mazo et al., 2021).

Algunos de los mecanismos empleados por estas bacterias son los siguientes; (i) la fijación biológica de nitrógeno, el cual es un proceso mediante el cual las bacterias realizan la reducción del nitrógeno atmosférico a amoníaco, siendo este una forma más simple que puede ser asimilada por las plantas. (ii) otra estrategia directa es la solubilización y mineralización del fósforo, (iii) las PGBP también sintetizan hormonas vegetales, las cuales actúan en los procesos de desarrollo de la planta, algunos de estos son el ácido absísico, ácido giberélico o el AIA, (iv) las bacterias también pueden hacer uso de la acción de la enzima ACC (1-aminociclopropano-1-carboxilato) desaminasa, disminuyen los niveles de etileno, lo que permite un mayor crecimiento en las plantas (Mazo et al., 2021).

2.3.2 *Bacillus* spp

Las especies de *Bacillus*, actúan colonizando las raíces de las plantas, generando efectos beneficiosos tanto como para la bacteria, como para la planta huésped, un aproximado del 30%

del carbono fijo que es producido por los vegetales se secreta como exudados en las raíces, las bacterias aprovechan este medio lleno de nutrientes para su desarrollo y proliferación, pero a cambio las plantas reciben determinados compuestos bacterianos que actúan como estimulantes del crecimiento de las plantas, además estas bacterias actúan como barrera protectora contra el estrés vegetal, un claro ejemplo es la especie *Bacillus subtilis*, que forma una biopelícula delgada en las raíces de las plantas, como una forma de colonización a largo plazo sobre la rizósfera, un biofilm se define como una comunidad multicelular bacteriana, que se cubre con una matriz que ha sido secretada por su propia población (Hashem et al., 2019).

Una característica de importancia de los miembros del género *Bacillus* es su capacidad de formar endosporas, debido a que esta estructura les permite sobrevivir durante prolongados periodos de tiempo bajo condiciones ambientales adversas. También son capaces de secretar una variedad de metabolitos secundarios que pueden estimular el crecimiento de las plantas y además estimular la resistencia frente a enfermedades y fitopatógenos (Hashem et al., 2019).

La capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico y la solubilización de fosfato que posee *Bacillus spp*, es el resultado de la actividad enzimática del metabolismo de estas bacterias, tal como lo realizan las nitrogenasas y fitasas, esto genera un efecto positivo sobre el crecimiento vegetal y también se han observado resultados positivos en el aumento del potencial productivo de las plantas inoculadas, esto representa enormes beneficios a la agricultura y también al ambiente (Corrales et al., 2017).

La fijación biológica del nitrógeno que realizan las especies de *Bacillus*, benefician a los suelos en mayor medida que la fertilización química y orgánica, que genera altos niveles de contaminación con sales nitrogenadas, metales pesados y también microorganismos patógenos que pueden afectar a la salud de la fauna y del ser humano (Corrales et al., 2017).

2.3.3 Hongos Solubilizadores de Fósforo (Descripción y mecanismos de acción)

Uno de los elementos indispensables para los seres vivos es el fósforo (P), se involucra en la formación de nuevas estructuras celulares y en la generación de energía, este macronutriente es un muy requerido en lo que a la producción agrícola se refiere, ya que, es esencial para el desarrollo vegetativo, y aunque su concentración puede disminuir conforme la planta crezca, siempre será un factor indispensable para cumplir este objetivo (Zapata, 2020).

La disponibilidad del P en el suelo se encuentra bastante limitada, ya que su mecanismo de movilización es reducido, aparte tiende a formar minerales secundarios imposibilitando la absorción del P en la planta, la opción más común para solventar este problema es la aplicación de fertilizantes fosfatados (Zapata, 2020).

La FAO estimó que en 2022 a nivel global se utilizarían 200 millones de fertilizantes inorgánicos, de los cuales, 50 millones serían de fertilizantes fosfatados (FAO, 2019). El uso constante de este tipo de fertilizantes es contaminante, ya que tienden a causar problemas de erosión del suelo, junto con envenenamiento del agua, por lo que es una prioridad considerar otras alternativas.

Los hongos solubilizadores de fósforo, son hongos con la capacidad de solubilizar este elemento de macromoléculas y liberarlos en el suelo, esta actividad la desarrollan principalmente los hongos de tipo filamentoso, como puede ser *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, entre otros (Zapata, 2020).

El principal mecanismo existente para la solubilización del fósforo es la producción de ácidos orgánicos, produciendo la liberación de H^+ secundario (Zapata, 2020), este mecanismos se basa en la acidificación del suelo, y en la atracción que estos ácidos tienen con los iones metálicos debido a su carga negativa, como, por ejemplo: Ca, Mg, Fe, entre otros, los cuales tienden a estar asociados con el fósforo y facilitan su asimilación (Corrales et al., 2014).

En el trabajo de Zapata (2020), se registró hasta un 100% de solubilización de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (fosfato tricálcico), bajo el efecto de hongos filamentosos.

2.3.4 *Trichoderma* spp

Este género de hongos filamentosos es bastante efectivo en la estimulación vegetal, ya que produce aumentos de biomasa, principalmente a nivel de la rizosfera, y mejora el rendimiento y calidad de los cultivos, además de actuar como un controlador natural de enfermedades y plagas, estas propiedades y su gran variedad de metabolitos secundarios hace que *Trichoderma* spp tenga un gran potencial para aplicaciones biotecnológicas (Mesa et al., 2019). Por otro lado, Bader et al. (2020) menciona que algunas especies de *Trichoderma* actúan como promotores de crecimiento vegetal, mejorando la absorción y el uso de nutrientes edáficos, y produciendo fitohormonas estimulantes como el ácido indol acético (AIA).

En la Tabla 2 se puede apreciar diversas cepas de *Trichoderma* con la capacidad de solubilizar fósforo utilizando diversas fuentes, mediante el mecanismo de solubilización de “ácidos grasos”.

Tabla 2 Hongos solubilizadores de fósforo

Hongo Filamentoso	Fuente de fósforo	Mecanismo de solubilización
<i>Trichoderma brevicompactum</i> <i>Trichoderma gamsii</i> <i>Trichoderma harzianum</i>	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ Hirapur RP	Producción ácidos orgánicos
<i>Trichoderma harzianum</i> <i>Trichoderma pinnatum</i> <i>Trichoderma virens</i> <i>Trichoderma asperelloides</i> <i>Trichoderma longibrachiatum</i>	FePO_4 AlPO_4 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$	Producción ácidos orgánicos

Fuente: (Zapata, 2020).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El trabajo de investigación corresponde al tipo experimental, de campo y de aplicación, pues se llevó a cabo una evaluación de dos géneros de microorganismos (bacterias y hongos), los cuales han sido reportados como promotores de crecimiento por sus características benéficas sobre las condiciones de diferentes cultivos de interés, siendo *Bacillus* spp y *Trichoderma* spp los microorganismos aplicados sobre plantas de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalantus*) con la finalidad de evaluar su eficiencia.

3.1.2 Ubicación geográfica del diseño experimental

En la Tabla 3 se detallan las características de la zona en la que se realizó el experimento

Tabla 3 Características climáticas y geográficas

Características geográficas y climáticas de la zona San Miguel de los Bancos-Ecuador	
Coordenadas	0°00'22.8"N 79°02'57.0"W
msnm	1090 m
Temperatura	18-25 °C
Clima	Tropical seco
Pluviosidad	121 a 346 mm

Fuente: (Googlemaps, 2023) (DB City, 2023)

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

Las variables propuestas para el desarrollo del proyecto de investigación, con la finalidad de evaluar de mejor manera la efectividad de la aplicación de los microorganismos mencionados sobre la productividad de *Hylocereus megalantus* son las siguientes.

3.2.1.1 Variable independiente

Microorganismos promotores de crecimiento

3.2.1.2 Variables dependientes

1. Número de botones florales
2. Número de frutos
3. Peso del fruto
4. Diámetro del fruto
5. Grados brix
6. Rendimiento Kg/Ha

3.2.2 Tratamientos:

En la Tabla 4 se describen los tratamientos que se aplicaron sobre las plantas de pitahaya, con la finalidad de evaluar su eficiencia, adicionalmente se colocaron 3Kg/planta de gallinaza en todos los tratamientos y en el testigo, se realizaron monitoreos periódicos de 20 días posteriores a cada aplicación.

Tabla 4 Tratamientos aplicados en campo

Tratamientos	Dosis	Productos aplicados	Monitoreo
T1 <i>Bacillus spp</i>	1 g/L	1 litro aplicación radicular 1 litro aplicación foliar	20-40-60-80 días
T2 <i>Trichoderma spp</i>	1 g/L	1 litro aplicación radicular 1 litro aplicación foliar	20-40-60-80 días
T3 Combinación <i>Bacillus spp</i> y <i>Trichoderma spp</i>	1 g/L	1 litro aplicación radicular 1 litro aplicación foliar	20-40-60-80 días
T4 Testigo (Fertilizantes convencionales de la finca)	40 ml/L	Raizal líquido	20-40-60-80 días

Elaborado por: (Los autores, 2023)

3.2.3 Diseño experimental

Para la presente investigación se propuso un diseño experimental de Bloques Completamente al Azar (DBCA), los cuales se componen de 4 tratamientos con 3 repeticiones cada uno. Se obtuvo un total de 12 unidades experimentales, cada una conformada por 25 plantas.

Para el procesamiento de los datos obtenidos, realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA), con la finalidad de hallar las diferencias existentes entre las medias de los grupos analizados, el software estadístico empleado para el procesamiento de los datos es INFOSTAT.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede observar la distribución de los tratamientos dentro del Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA).

Tabla 5 El diseño experimental se representa en un esquema de campo basado en un DBCA

DESNIVEL				
BLOQUE 3	T1	T3	T2	TESTIGO
BLOQUE 2	T2	TESTIGO	T3	T1
BLOQUE 1	TESTIGO	T2	T1	T3

Elaborado por: (Los autores, 2023)

3.2.4 Aplicación de microorganismos

Bacillus spp y *Trichoderma* spp procedentes del banco de cepas del Laboratorio de Ciencias de la Vida, previamente masificados en sustratos sólidos mediante la metodología de Acurio et al. (2020), se diluyeron a una proporción de 1g de sustrato sólido por cada 1000 mL de agua, para alcanzar una concentración final de 1×10^6 UFC/mL.

La dilución de los microorganismos se filtró con una malla de nylon, con la finalidad de evitar que partes del sustrato de masificación pasen al tanque, la dilución se aplicó a las plantas de pitahaya usando una bomba de aspersión de uso agrícola a nivel edáfico y aéreo en un volumen

de 1 litro, para esta última aplicación se añadió 1mL de fijador por cada litro de la solución de los microorganismos.

Las aplicaciones se realizaron con una diferencia de 20 días entre cada una, siendo un total de 4, como referencia para las actividades de aplicación y recolección de datos, se considera a la primera aplicación como el día 1 del ensayo, a la segunda aplicación en el día 20, la tercera aplicación en el día 40 y por último la cuarta aplicación en el día 60 del ensayo.

3.2.5 Recolección de datos

3.2.5.1 Conteo de número de botones florales

Aproximadamente en el día 20 se realizó el primer conteo, el cual consistió en una inspección visual de las plantas de pitahaya en busca de la existencia de botones florales.

3.2.5.2 Conteo de número de flores

En el día 40, se llevó a cabo el conteo del número de flores que se han formado, evaluando cada planta del diseño experimental y en todas las unidades experimentales correspondientes a cada tratamiento.

3.2.5.3 Conteo de número de frutos

El conteo de los frutos se llevó a cabo en los días 60 y 80, el primer conteo de los frutos formados en las plantas de pitahaya permitió recopilar datos correspondientes a frutas inmaduras y de coloración verde, y después de un periodo de 20 días el segundo conteo de los frutos ya en estado de madurez.

3.2.5.4 Registro de pesos, diámetros y medición de grados Brix

Posterior al último conteo de frutos, se procedió a la cosecha de una muestra correspondiente al 30% del total de frutas contabilizadas, se recolectaron frutas presentes en cada tratamiento y se organizaron en canastas acorde a cada una de las repeticiones, manteniendo el orden del

diseño de campo, para este ensayo se tomaron medidas de las variables propuestas sobre 900 frutos de pitahaya amarilla.

3.2.5.5 Pesos

Para la medición de esta variable, se hizo uso de balanzas grameras, la metodología consistió en registrar el peso de cada fruta proveniente de las unidades experimentales que conformaron a las repeticiones 3 de los 4 tratamientos distribuidos en el diseño experimental.

3.2.5.6 Diámetros

El diámetro ecuatorial de las frutas (mm) se midió haciendo uso de un calibrador.

3.2.5.7 Grados Brix

Para la toma de medidas de esta variable, se tomó una muestra de 5 frutas por cada repetición de los tratamientos, con un total de 60 frutas para en análisis, el instrumento usado para este fin fue un brixómetro digital, usando agua como el blanco para su calibración y un puntero metálico para la extracción del néctar de los frutos.

Al igual que el peso y el diámetro, esta es una variable importante en la calidad de los frutos de pitahaya. Los grados Brix miden la cantidad de sacarosa disuelta en una solución, comúnmente abreviado como sólidos solubles totales (SST) (Sinche, 2022).

3.2.6 Rendimiento y Costo-beneficio

3.2.6.1 Rendimiento

El rendimiento por hectárea para el cultivo de pitahaya se obtuvo en base a la proyección de los datos de cada tratamiento mediante los siguientes cálculos:

$$\frac{Kg}{tratamiento} = N^{\circ} \text{ de frutos por tratamiento} * \text{Peso promedio}(Kg) \text{ del tratamiento}$$

$$\frac{Kg}{Ha} = \frac{Kg \text{ del tratamiento} * N^{\circ} \text{ de plantas por hectárea}}{N^{\circ} \text{ de plantas por tratamiento}}$$

3.2.6.2 Costo-beneficio

Para el cálculo del costo-beneficio de cada uno de los tratamientos se empleó la siguiente fórmula:

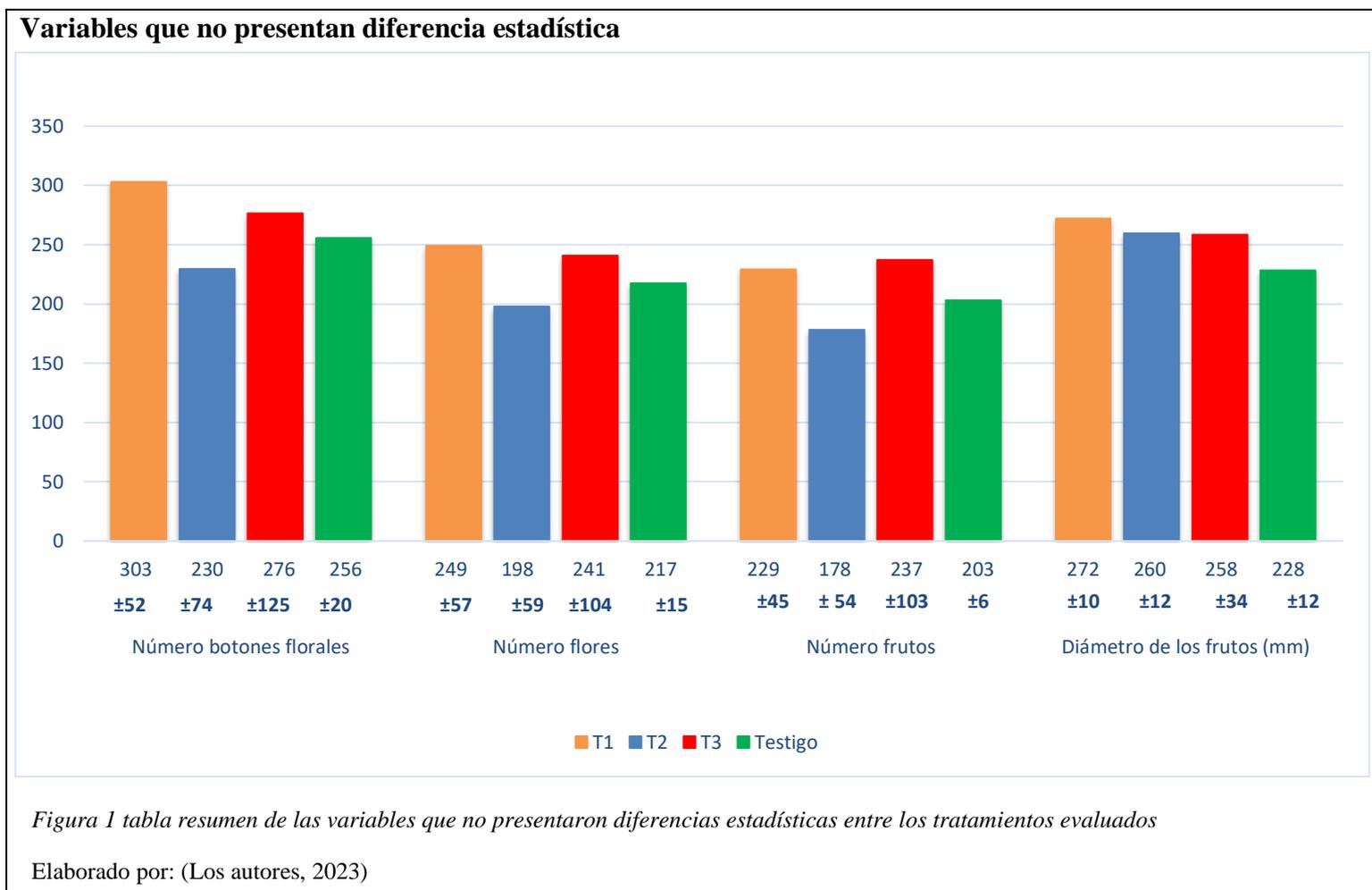
$$\text{Costo - beneficio} = \frac{\text{Ingreso bruto}}{\text{Costos totales del tratamiento}}$$

Fuente: (Medina & Talavera, 2014).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables que no presentaron diferencias estadísticas

En la Figura 1 se aprecian las medias \pm la desviación estándar de las variables que no obtuvieron diferencias significativas en comparación al testigo.



4.1.1 Botones florales

En el Figura 1 se describe el número de botones florales obtenidos en cada uno de los tratamientos posterior a la primera aplicación de *Bacillus* spp y *Trichoderma* spp.

Tras la primera aplicación, los resultados en cuanto al conteo de botones florales, indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos, por lo tanto, la aplicación de los microorganismos sobre las plantas de pitahaya igualan los resultados del manejo convencional de la finca PANJU. Sin embargo, Peña et al. (2016), en su ensayo realizado sobre plantas de *Capsicum annuum* L. cv Jalapeño, fueron inoculadas con el aislados de *Bacillus* spp, estas presentaron un incremento en la cantidad de botones florales, en comparación con el testigo, indican que en base a sus resultados, especies de *Bacillus* tal como *B.cereus* y *B. subtilis*, tienen el potencial para ser usados como microorganismos promotores en este cultivo.

En otro estudio realizado sobre chile dulce (*Capsicum annuum* L.) por Lara et al. (2020), las plantas que fueron inocuadas con *Bacillus subtilis* junto con altas dosis de abono orgánico, generaron incrementos en el número de botones florales, en comparación a un testigo químico, en base a otras variables analizadas, indican que *B. subtilis* junto con lombricomposta, puede ser una alternativa para esta especie, en lugar de recurrir a fertilizantes químicos.

4.1.2 Flores

En el Figura 1 se describe el número de botones florales obtenidos en las diferentes unidades experimentales posterior a la segunda aplicación de *Bacillus* spp y *Trichoderma* spp.

Los tratamientos no presentan diferencias significativas, en función a estos resultados, se puede evidenciar que la aplicación de los microorganismos, genera un efecto que iguala al manejo convencional que se lleva en la finca, sin embargo, Bigatton et al. (2020), reporta estimulación sobre el porcentaje de flores en plantas de maní (*Arachis hypogaea* L) inoculadas con *Bacillus*

spp, donde lo atribuyen a efectos estimuladores de tipo hormonal, principalmente de citoquininas y giberelinas, las cepas de *Bacillus* spp demuestran tener una capacidad para potenciar los procesos reproductivos del maní, a través de inducir la precocidad de la floración y también un aumento en la eficacia de su reproducción.

Además, el estudio de Martínez et al. (2020), también reporta una capacidad estimuladora en el porcentaje de flores al aplicar *Trichoderma harzianum* en plantas de garbanzo (*Cicer arietinum*), se atribuye este resultado a la actividad en la zona radicular de *T. harzianum*, aumentando tanto la longitud de la raíz, como la biomasa de la misma.

4.1.3 Frutas

En el Figura 1 se describe el número de frutas obtenidas en las diferentes unidades experimentales posterior a la tercera y cuarta aplicación de *Bacillus* spp y *Trichoderma* spp.

Los resultados indican que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, por lo tanto, aplicar este consorcio microbiano, equipara los resultados del manejo convencional.

A diferencia del estudio de Mejía et al. (2022) , sobre *Capsicum chinense* Jacq, reportan que *Bacillus subtilis* generó efectos de promoción de crecimiento en plántulas de esta especie, beneficiando al número de frutos y rendimiento del cultivo, en comparación a sus testigos, relacionando estos resultados también, con un previo incremento de botones florales gracias a la aplicación microbiana.

Por otro lado, Sabando & Zambrano (2022) indican en los resultados de su estudio, en cuanto a la aplicación de cepas de *Trichoderma* spp en pimiento *H. salvador* (*Capsicum annum* L), que aquellas plantas tratadas alcanzaron el mejor promedio de frutos en contraste con otros tratamientos del ensayo.

4.1.4 Diámetro Ecuatorial del fruto

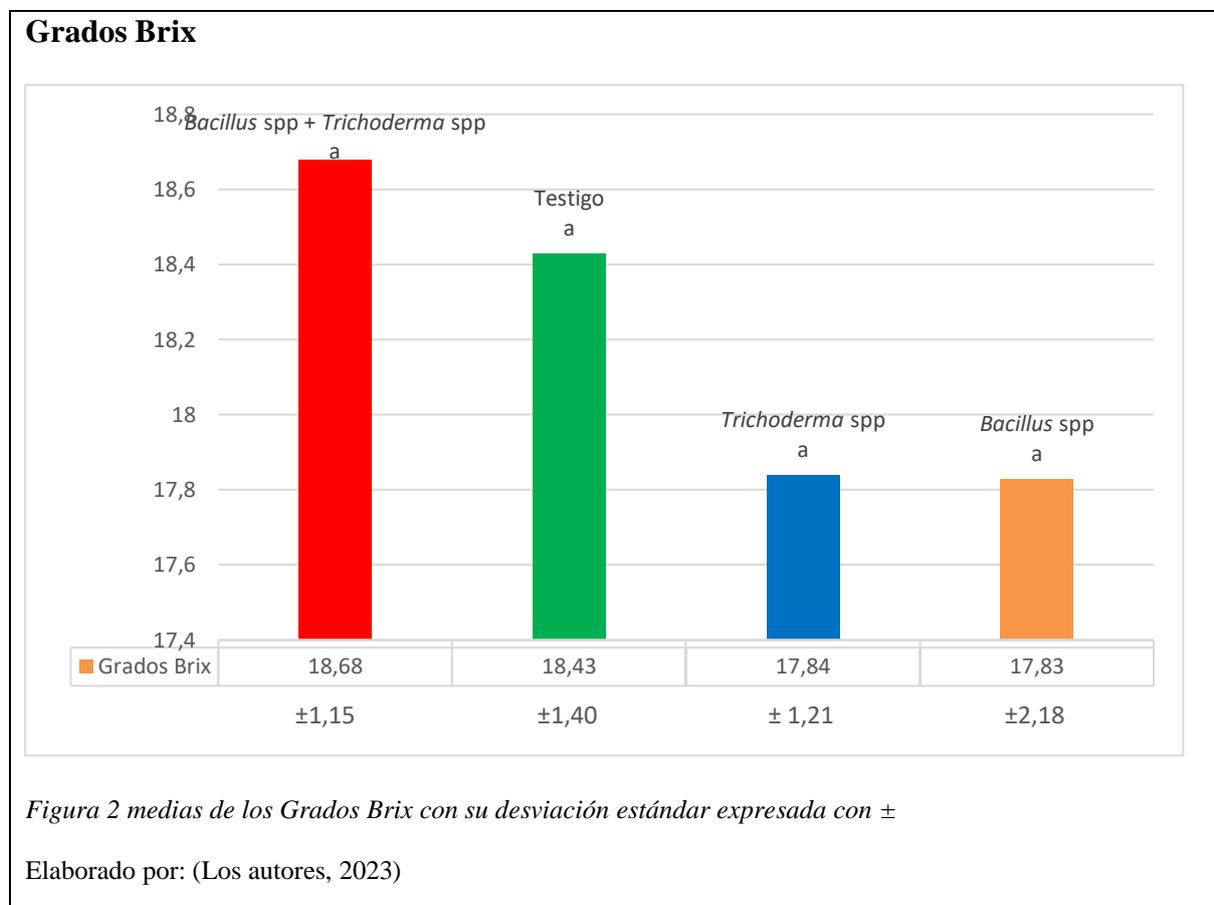
En la Figura 1, se observan los promedios de la variable de diámetro de frutos (mm), y la diferenciación de las medias mediante las pruebas Tukey al 5% de los diámetros del fruto por tratamiento.

Los resultados del análisis estadístico indican que no existen diferencias significativas entre T1, T3, T2 y testigo, consiguiendo la misma calificación en las pruebas Post Hoc, lo cual demuestra que el manejo con los microorganismos genera resultados similares a los obtenidos por el plan de fertilización convencional llevado en la finca.

Sin embargo, en el trabajo de Adame et al. (2022), mencionado anteriormente, los tratamientos microbianos tuvieron efectos beneficiosos sobre el diámetro de los frutos de jitomate (*Solanum lycopersicum*), pues Genifix y T22 aumentaron los valores de esta variable. Esto demuestra que *Bacillus* spp y *Trichoderma* spp tienen propiedades estimuladoras y pueden ser considerados como una alternativa viable para el plan de fertilización del cultivo de pitahaya.

4.1.5 Grados Brix

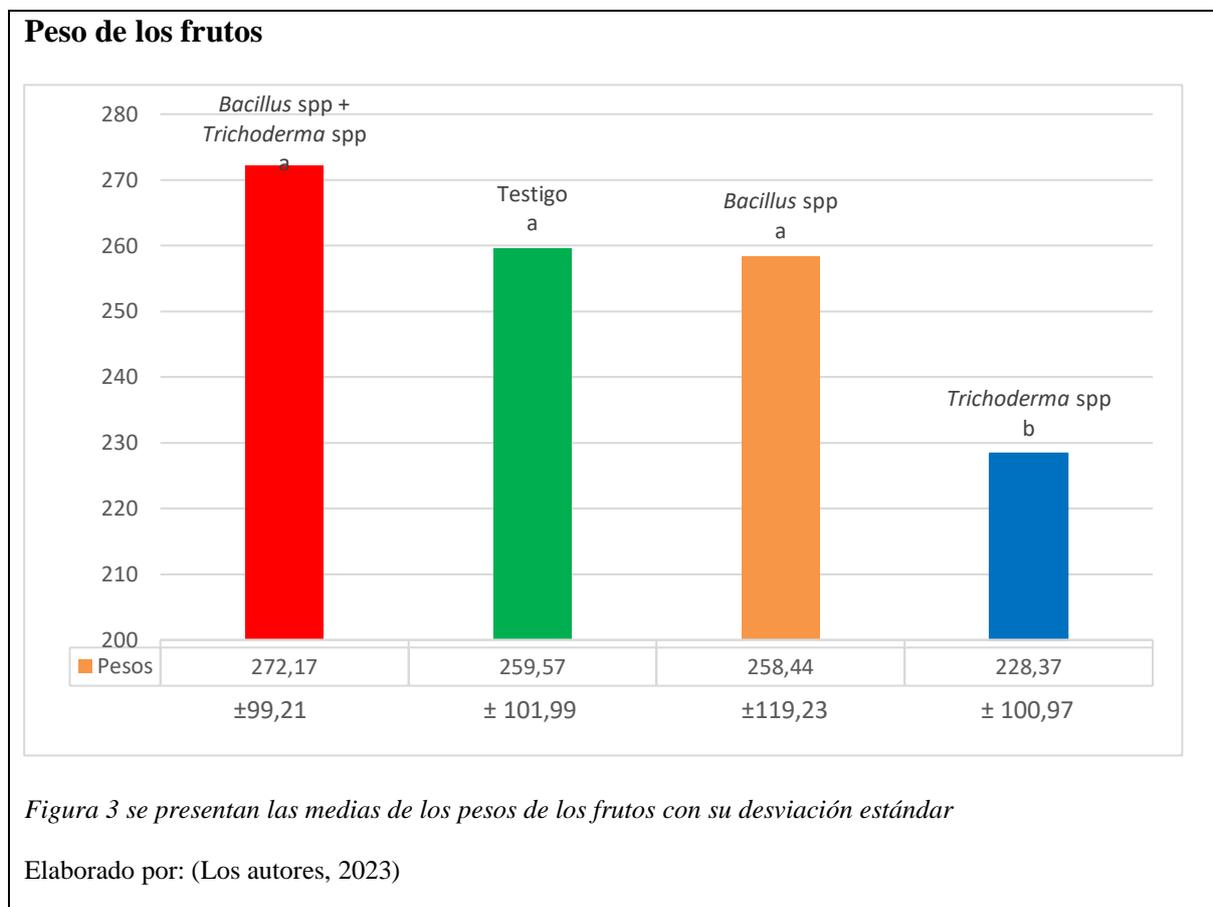
En la Figura 2 se observan los promedios de la variable de grados Brix, y la diferenciación de las medias a través de las pruebas de Tukey al 5% de los grados Brix por tratamiento.



Los resultados obtenidos en cuanto a los Grados Brix, indican que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, por lo cual se puede considerar a la aplicación de los microorganismos, como una alternativa frente al manejo convencional de la finca, al generar resultados similares. Según indica Sotomayor et al. (2019), los frutos de la variedad “Palora” en los estados más altos de maduración alcanza hasta 20.7° Brix. Lo cual concuerda con los resultados obtenidos, debido a que los valores de las medias se acercan al máximo reportado.

4.2 Peso del fruto

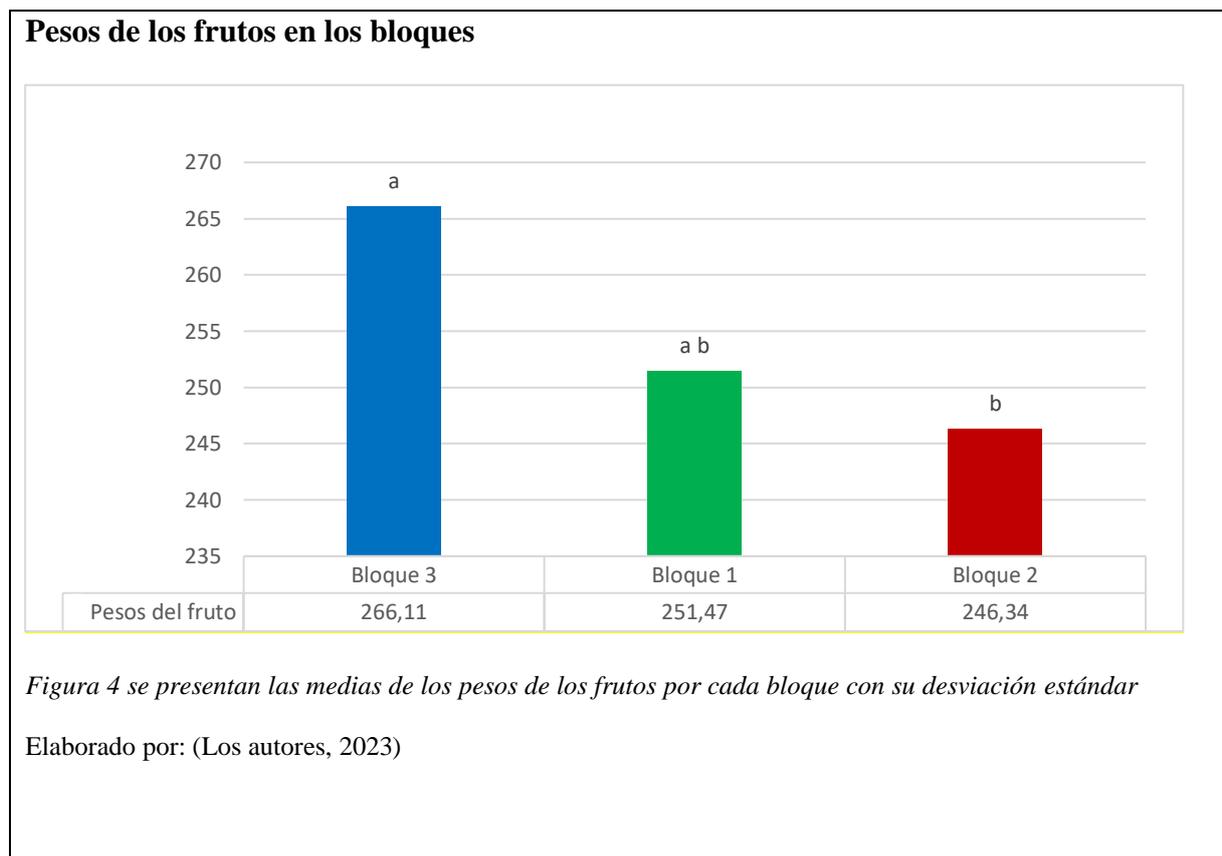
En la Figura 3, se observan los promedios de la variable de peso de los frutos (gr), y la diferenciación de las medias mediante las pruebas Tukey al 5% de los pesos del fruto por tratamiento y a su vez de pesos de fruto por bloque.



Los resultados correspondientes al análisis estadístico sobre el peso del fruto, en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, T1, T3 y Testigo, siendo que, el tratamiento con *Bacillus spp* + *Trichoderma spp* y *Bacillus spp* se equipara al manejo convencional, por otro lado, el tratamiento T2 si presenta diferencias significativas, con las medias más bajas.

A diferencia de este estudio, en otros cultivos se ha demostrado que *Bacillus* spp mejora las características de los frutos, tal como el peso, así lo reportan Abraham et al. (2018), donde al aplicar varias cepas de este género, el peso de los frutos de melón (*Cucumis melo* L) aumentaron en comparación al testigo, indican que debido a la capacidad de estas bacterias de inducir el desarrollo de las raíces y aumentar la disponibilidad de nutrientes en el suelo, existe una influencia positiva sobre la productividad.

Además el estudio de Adame et al. (2022), realizado sobre chile morrón (*C. annuum*) y jitomate (*Solanum lycopersicum*), en el cual se utilizaron productos comerciales a base de cepas de *Bacillus* (Genifix) y *Trichoderma* (T22 y Mix), indican que el efecto de los estimulantes de origen microbiano, en su mayoría generaron resultados positivos sobre las variables de tamaño y peso del chile morrón y jitomate con un mínimo manejo convencional de fertilización.



El análisis de varianza para los bloques en cuanto al peso de los frutos representados en la Figura 4, muestran diferencias significativas en el bloque 3, esto podría ser una consecuencia del factor limitante del ensayo.

Según indica Reyes et al. (2019), para determinar la fertilidad de un suelo, existen ciertos parámetros de los que depende la capacidad de un suelo para suministrar los nutrientes necesarios para los organismos vegetales, los cuales corresponden a la materia orgánica, el carbono orgánico y el nitrógeno total, además en los resultados de su investigación reportan que existe una relación entre ciertas características del suelo y su disponibilidad de nutrientes, así indican que uno de los valores más destacados de carbono orgánico soluble (COS) en función de la pendiente, se halló en la más pronunciada con 132, 20 Mg/Ha. También González et al. (2008), describe que en la mayoría de los sistemas edáficos existe la tendencia a acumularse una mayor cantidad de COS en la parte inferior de una pendiente.

En función a esta información, se puede suponer que la diferencia significativa que se obtuvo en cuanto al peso de los frutos en el bloque 3, corresponde a su ubicación en la parte más inclinada del terreno, pues es posible que al existir una mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo, los microorganismos aplicados en los tratamientos, tuvieron una ventaja nutricional para desempeñar su actividad como potenciadores de la productividad, en comparación a los demás bloques, además siendo la pendiente el factor limitante que se consideró para el diseño experimental y la razón por la cual los tratamientos se distribuyeron en bloques.

A pesar de no existir diferencias significativas entre los tratamientos para las variables de calidad del fruto, el uso de estos microorganismos genera efectos similares a los obtenidos por el manejo convencional de la finca PANJU, por lo cual se los puede considerar como una alternativa multifuncional para el cultivo de pitahaya, pues así como lo señala Wilmer et al.

(2021), la aplicación de *Bacillus* spp y *Trichoderma* spp tiene múltiples ventajas si se compara con la agricultura convencional, describe las capacidades como biofungicida que tienen estos microorganismos al utilizarse contra *Moniliophthora roreri*, en plantas de cacao.

También Mesa et al. (2019); Villarreal et al. (2018), comentan que microorganismos como *Trichoderma* y *Bacillus* benefician a las plantas a través de la supresión de patógenos y promoción del crecimiento, también mejora la toma y disponibilidad de nutrientes, así como la inducción de resistencias, el efecto dual que se generan en las plantas radica en la promoción del crecimiento como consecuencia de mejora en la salud de las plantas.

Entre otros beneficios de esos microorganismos sobre los sistemas agrícolas, está la fijación biológica de nitrógeno mediada por *Bacillus*, la cual mejora la fertilidad del suelo en comparación al a fertilización química y orgánica, las cuales generan altas niveles de contaminación con sales nitrogenadas, metales pesados y microorganismos patógenos para el ser humano y animales (Corrales et al., 2017). Por lo cual, el uso de biofertilizantes y bioplagicidas se considera un manejo sustentable a largo plazo y amigable con el medio ambiente, reduciendo la contaminación hídrica y la erosión por fertilizantes nitrogenados o fosforados.

4.3 Rendimiento

En la Tabla 6 se expresan el número de frutas obtenidas en el ensayo y los pesos promedios de cada uno de los tratamientos, el número de frutas/Ha se obtuvo mediante los frutos obtenidos en cada una de las unidades experimentales de un tratamiento (75 plantas) y se aproximó al número de frutos que se obtendrá en una hectárea de la finca PANJU (1100 plantas).

Tabla 6 Cálculo de rendimiento

Tratamientos	Frutas/Tratamiento	Peso (g) promedio de frutas	Rendimiento (Frutas/Ha)
Testigo	644	260	9445
T1	687	258	10076
T2	534	228	7832
T3	712	272	10443

Elaborado por: (Autores, 2023)

4.4 Costo de los tratamientos

En la Tabla 7 se pueden observar los diferentes costos que tienen los diferentes tratamientos y el testigo (manejo convencional de la finca) aproximados a un espacio de una hectárea.

Tabla 7 Costos de los tratamientos

	T1	T2	T3	Testigo
Planta/Ha	1100	1100	1100	1100
Frutas/Ha	10076	7832	10443	9445
Kg/Ha	2604,04	1788,59	2842,18	2451,73
Costos variables	Costo (\$)	Costo (\$)	Costo (\$)	Costo (\$)
Aplicación de Gallinaza	30	30	30	30
Aplicación de Raizal	0	0	0	30
Aplicación bioinsumos	37	37	40	0
Transporte Gallinaza	80	80	80	80
Total, de costos variables	146,66	146,66	150,0	140,0
Costos fijos	Costo (\$)	Costo (\$)	Costo (\$)	Costo (\$)
Salario administrador	525	525	525	525
Salarios ayudantes	850	850	850	850
Gallinaza	206,25	206,25	206,25	206,25
Herbicidas	0	0	0	40
Plaguicidas	0	0	0	30
Costo de tratamientos	165	165	330	0
Total, costos fijos	1746,25	1746,25	1911,25	1651,25
TOTAL, COSTOS POR HECTÁREA	1892,91	1892,91	2061,25	1791,25

Elaborado por: (Autores, 2022)

4.5 Costo-beneficio de los tratamientos

En la Tabla 8 se observa el resumen del beneficio que se obtiene de cada tratamiento planteado y del testigo, además del valor exacto que se obtiene al vender cada kilo de pitahaya al exportador.

Tabla 8 Análisis Costo-Beneficio

	T1	T2	T3	Testigo
Rendimiento(kg/Ha)	2604,04	1788,59	2842,18	2451,73
Costo fijo (\$)	1546,25	1546,25	1911,25	1651,25
Costo variable (\$)	146,66	146,66	150,00	140,00
Total (\$)	1892,91	1892,91	2061,25	1791,25
Precio por kg (\$)	2,75	2,75	2,75	2,75
Ingreso bruto (\$)	7161,11	4918,63	7816,00	6742,24
Beneficio (\$)	5268,20	3025,72	5754,75	4950,99
Costo-beneficio (\$)	2,78	1,60	2,79	2,76

Elaborado por: (Los autores, 2023)

El análisis costo beneficio, refleja valores similares entre los tratamientos biológicos en comparación con el testigo, siendo un indicador claro de que la aplicación de estos microorganismos, genera condiciones económicas similares al manejo convencional, sin embargo es importante mencionar que en el plan de fertilización de *Bacillus* spp + *Trichoderma* spp y solo *Bacillus* spp, producen 2,79\$/Ha por cada dólar invertido con un rendimiento de 10446 frutos/Ha y 2,78\$/Ha con un rendimiento de 10076 frutos/Ha respectivamente, en comparación con el testigo que generó 2,76\$/Ha y un rendimiento de 9445 frutos/Ha, estos resultados demuestran que *Bacillus* spp y *Trichoderma* spp, son una alternativa de fertilización

para el cultivo de pitahaya amarilla, por otro lado el tratamiento 2, presenta los valores más bajos en cuanto a rendimiento y costo-beneficio.

Esto coincide con los resultados de Chávez & Vásquez (2021) que al aplicar *Bacillus subtilis* en 3 variedades de fréjol a diferentes dosis, obtuvo como mejor resultado la dosificación de 500ml y la variedad centenario, con un rendimiento de 3763 kg/Ha y una ganancia neta de 0,32 por cada dólar invertido, en comparación al testigo que obtuvo un rendimiento muy inferior con 2650 kg/Ha, en este caso, se indica que el aumento del rendimiento se debe a la acción de las rizobacterias y su capacidad de solubilizar fósforo, además señala que las en las tres variedades el uso de *B. subtilis* generó mayor rentabilidad.

Por otro lado en su estudio Ruiz et al. (2018), reporta que especies de *Trichoderma* aplicadas sobre plantas de jitomate, generaron efectos positivos, en variables como rendimiento y calidad del fruto, *Trichoderma longibrachitum* mostró el mayor rendimiento con 3240 g más por planta que los testigos, en base a estos resultados se describe a *Trichoderma* como una buena alternativa para usarse como promotores de crecimiento vegetal y mejoradores de los atributos de la calidad del fruto, en cultivos agrícolas.

El trabajo de Ruiz (2021), evaluó el potencial de *Trichoderma* spp junto con microorganismos eficientes sobre la productividad de plantas de pitahaya (*Hylocereus undatus*), los cuales generaron un costo-beneficio de 1,41\$ por cada dólar invertido y un rendimiento de 8665 Kg/Ha, en comparación al testigo, que produjo un costo-beneficio de 0.20\$ por cada dólar invertido y un rendimiento de 4093 Kg/Ha, esto resultados demuestran el potencial que tiene *Trichoderma* spp sobre las plantas de pitahaya al aplicarse en conjunto con otros microorganismos con propiedades estimuladoras. Un efecto similar se evidencia sobre

Hylocereus megalanthus al combinar *Trichoderma* spp y *Bacillus* spp con el costo-beneficio más conveniente.

5 CONCLUSIONES

- La aplicación conjunta de *Bacillus* spp y *Trichoderma* spp a una concentración de 1×10^6 UFC/ml cada uno, estimula la productividad de *Hylocereus megalanthus* (Pitahaya amarilla).
- El consorcio bacteriano de *Bacillus* spp y *Trichoderma* spp no obtuvo diferencias significativas con los demás tratamientos, sin embargo, podría considerarse como un sustituto para el manejo convencional debido a sus valores agregados.
- El tratamiento 3 obtiene el mejor beneficio en relación del costo de producción, con la ganancia de 2,79\$ por cada dólar invertido, a diferencia del testigo con 2,76\$ por cada dólar invertido.

6 RECOMENDACIONES

- El experimento podría repetirse con una fórmula de fertilización mejorada, ya que los requerimientos nutricionales de la pitahaya amarilla, con respecto al Nitrógeno, Fósforo y Potasio no son alcanzados con la aplicación del Raizal y la gallina.
- Asegurar la mayor homogeneidad entre las plantas pertenecientes al área donde se limitarán las unidades experimentales, para disminuir la desviación estándar elevada en ciertas variables.
- De ser posible, analizar todos los frutos obtenidos en el área del ensayo, con el fin de garantizar precisión para las variables de calidad del fruto.
- Este ensayo se podría efectuar con un enfoque diferente, centrándose en características fitosanitarias y mejoramiento de propiedades del suelo

7 BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, M., Espitia, I., Guzmán, R., Olalde, V., Ruiz, G., García, J., Herrera, L., & Núñez, H. (2018). Desarrollo, rendimiento y calidad del fruto de melón (*Cucumis melo* L.) De plantas inoculadas con cepas Mexicanas de *Bacillus subtilis* (EHRENBERG). *Agrociencia*, 52(1), 91–102. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v52n1/1405-3195-agro-52-01-91-es.pdf>
- Acurio, D., Tenorio, E., Collaguazo, L., Chiluisa, V., & Vaca, I. (2020). Evaluation of *Bacillus megaterium* strain AB4 as a potential biocontrol agent of *Alternaria japonica*, a mycopathogen of *Brassica oleracea var. italica*. *Biotechnology Reports*, 26, 6. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00454>
- Adame, J., Murillo, F., Cabrera, H., Villegas, J., Rivera, A., & Vásquez, A. (2022). Efecto de bioestimulantes microbianos en frutos de chile morrón y jitomate producidos en macrotúnel. *Biotecnia*, 25(1), 81–87. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v25i1.1772>
- Bader, A., Salerno, G., Covacevich, F., & Consolo, F. (2020). Bioformulación de *Trichoderma harzianum* en sustrato sólido y efectos de su aplicación sobre plantas de pimiento. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 119(1), 037. <https://doi.org/10.24215/16699513e037>
- Balladares, F. (2016). Análisis de las características físicas y organolépticas de dos variedades de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) y roja (*Hylocereus undatus*) para la generación de una alternativa de consumo (mermelada). [UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5420/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-71.pdf>
- Bigatton, E., Haro, R., Berdini, A., Baldessari, J., & Lucini, E. (2020). Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (PGPR) y sus efectos sobre la floración, ontogenia

- del grano y la granometría del cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.). *South American Sciences* ISSN 2675-7222, 1(2), 11. <https://doi.org/10.17648/sas.v1i2.59>
- Chávez, M., & Vásquez, J. (2021). Efecto de la aplicación de tres dosis de *Bacillus subtilis* en tres variedades de fréjol arbustivo. *Siembra*, 8(2), e2657. <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i2.2657>
- Chuquillanqui, J. (2018). Fertilización en el cultivo de piña (*Ananas comosus* L. Merr. Var. comosus) cv. golden en Satipo [UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA]. In *UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA*. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3726>
- Corrales, L., Arévalo, G., & Moreno, V. (2014). Solubilización de fosfatos: una función microbiana importante en el desarrollo vegetal. *Nova*, 12(21), 67. <https://doi.org/10.22490/24629448.997>
- Corrales, L., Caycedo, L., Gómez, M., Ramos, S., & Rodríguez, J. (2017). *Bacillus* spp: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. *Nova*, 15(27), 45. <https://doi.org/10.22490/24629448.1958>
- DB City. (26 de 01 de 2023). DB City. Obtenido de DB City, San Miguel de Los Bancos: <https://es.db-city.com/Ecuador--Pichincha--San-Miguel-de-Los-Bancos>
- FAO. (2019). *World fertilizer trends and outlook to 2022*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>
- González, H., & Fuentes, N. (2017). Mecanismo de acción de cinco microorganismos promotores de crecimiento vegetal. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(1), 17. <https://doi.org/10.22267/rcia.173401.60>

- González, L., Etchevers, J., & Hidalgo, C. (2008). Carbono en suelos de ladera: factores que deben considerarse para determinar su cambio en el tiempo. *Agrociencia*, 42(7), 741–751. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v42n7/v42n7a1.pdf>
- Googlemaps. (23 de 01 de 2023). Googlemaps. Obtenido de San Miguel de Los Bancos: <https://goo.gl/maps/QCRfWfpJ8C4weU7v9>
- Hashem, A., Tabassum, B., & Fathi, E. (2019). *Bacillus subtilis*: A plant-growth promoting rhizobacterium that also impacts biotic stress. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(6), 1291–1297. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.05.004>
- Huachi, L., Yugsi, E., Paredes, M., Daniel, C., Verdugo, K., & Santamaría, P. (2015). Desarrollo de la Pitahaya (*Cereus* sp.) en Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de La Vida*, 22(2), 50–58. <https://doi.org/10.17163/lgr.n22.2015.05>
- ICA. (2012). Manejo fitosanitario del cultivo de la pitahaya. In *Publicación del ICA* (Issue 00.09.42.12.C). <https://www.ica.gov.co/getattachment/87a2482e-a36a-4380-80ae-11072d0c717c/-nbsp%3BManejo-fitosanitario-del-cultivo-de-pitahaya.aspx>
- Lara, L., Zulueta, R., Murillo, B., Romero, M., Rivas, T., & Hernández, L. (2020). Respuesta agronómica del chile dulce (*Capsicum annuum* L.) a la aplicación de *Bacillus subtilis* y lombricomposta en invernadero. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 38(3), 693–704. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.737>
- Mamani, A., & Filippone, M. (2018). Bioinsumos: componentes claves de una agricultura sostenible. *Rev. Agron. Noroeste Argent.*, 38(10), 9–21. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/92661/CONICET_Digital_Nro.ee07db96-c339-4b9d-a335-62213099a55c_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y

- Martínez, T., Guerrero, B., Pecina, V., Rivas, P., González, E., & Angeles, J. (2020). Antagonismo de *Trichoderma harzianum* contra la fusariosis del garbanzo y su efecto biofertilizante. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *11*(5), 1135–1147. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i5.2325>
- Mazo, D., Pardo, S., & Rojas, D. (2021). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal : filogenia , microbioma , y perspectivas. In *Corporación colombiana de investigación agropecuaria* - *AGROSAVIA*. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/36978/Ver_Documento_36978.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Medina, C., & Talavera, J. (2014). Efecto de dosis y aplicaciones edáfica y foliar de microorganismos de montaña con y sin sales minerales en el rendimiento del cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad criolla, municipio San José de Bocay, Jinotega, febrero-mayo del 2014. [UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA]. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/4300/1/227735.pdf>
- Mejía, M., Cristóbal, J., Pacheco, J., & Reyes, A. (2022). *Bacillus* spp. en el crecimiento y rendimiento de *Capsicum chinense* Jacq. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *13*(1), 115–126. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i1.2664>
- Mesa, A., Marín, A., & Calle, J. (2019). Metabolitos secundarios en *Trichoderma* spp. y sus aplicaciones biotecnológicas agrícolas. *Actualidades Biológicas*, *41*(111), 1–13. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v41n111a02>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería – MAG. (2018). <https://www.agricultura.gob.ec/en-palora-morona-santiago-se-realiza-el-primer-censo-de-pitahaya/>

- Moreira, A., & Murrillo, D. (2022). Análisis del sistema de producción de pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) en la provincia de Manabí [ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ]. <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1708>
- Novoa, M., Miranda, D., & Melgarejo, L. (2018). Efecto de las deficiencias y excesos de fósforo, potasio y boro en la fisiología y el crecimiento de plantas de aguacate (*Persea americana*, cv. Hass). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), 293–307. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.8092>
- ONU. (2020). Efectos de plaguicidas y fertilizantes sobre el medio ambiente y la salud y formas de reducirlos. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34463/JSUNEPPF_Sp.pdf
- Paspuel, M. (2018). Respuesta del cacao a la aplicación del fertilizante “full cacao” en comparación con la fertilización convencional en Pangua. In *Universidad Central Del Ecuador*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15195/1/T-UCE-0004-A82-2018.pdf>
- Peña, L., Ruíz, E., Barboza, J., & Reyes, A. (2016). Isolation of Mexican *Bacillus* Species and Their Effects in Promoting Growth of Chili Pepper (*Capsicum annuum* L. cv Jalapeño). *Indian Journal of Microbiology*, 56(3), 375–378. <https://doi.org/10.1007/s12088-016-0582-8>
- Pinche, E., & Ricse, M. (2020). Evaluación de la influencia de fertilizantes químicos en la calidad de suelos agrícolas [Univeridad Peruana Union]. In *Univeridad Peruana Union*. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/2038/Gloria_Trabajo_Academico_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Reyes, S., Acevedo, D., Hernández, E., & Romo, J. (2019). Influencia de la cobertura, pendiente y profundidad, sobre el carbono y nitrógeno del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(51), 23. <https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i51.113>
- Rojas, M., Bello, M., Ríos, Y., Lugo, D., & Rodríguez, J. (2020). Utilización de cepas de *Bacillus* como promotores de crecimiento en hortalizas comerciales. *Acta Agronómica*, 69(1), 54–60. <https://doi.org/10.15446/acag.v69n1.79606>
- Ruiz, J. (2021). Comparación productiva del cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*) a la aplicación de microorganismos de montaña y microorganismos eficientes en el recinto Cerecita- Guayas. [UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/RUIZ LOYOLA JOSSELYN.pdf>
- Ruiz, M., Ornelas, J., Olivas, G., Acosta, C., Sepúlveda, D., Pérez, D., Rios, C., Salas, M., & Fernández, S. (2018). Efecto de *Trichoderma* spp. y hongos fitopatógenos sobre el crecimiento vegetal y calidad del fruto de jitomate. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 36(3), 444–456. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1804-5>
- Sabando, G., & Zambrano, A. (2022). Evaluación de cepas de *Trichoderma* spp. como bioestimulante en el crecimiento y rendimiento del cultivo de pimiento [ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ]. https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1972/1/TIC_A28D.pdf
- Sinche, J. (2022). Reguladores de crecimiento en el cuajado, calibre y sólidos solubles totales de frutos de tomate cherry “*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme” en Arequipa [UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/14895/IASialjj.pdf?sequenc>

e=2&isAllowed=y

- Sotomayor, A., Pitizaca, S., Sánchez, M., Burbano, A., Díaz, A., Nicolalde, J., Viera, W., Caicedo, C., & Vargas, Y. (2019). Evaluación físico química de fruta de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) en diferentes estados de desarrollo. *Enfoque UTE*, 10(1), 89–96. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n1.386>
- Vargas, Y., Pico, J., Díaz, A., Sotomayor, D., Burbano, A., Caicedo, C., Paredes, N., Congo, C., Tinoco, L., Bastidas, S., Chuquimarca, J., Macas, J., & Viera, W. (2020). *Manual técnico del cultivo de pitahaya*. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5551/1/INIAPMANUAL117-2020.pdf>
- Vásquez, W., Aguilar, K., Vilaplana, R., Viteri, P., Viera, W., & Valencia, S. (2016). Calidad del fruto y pérdidas poscosecha de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.) en Ecuador. *Agronomía Colombiana*, 34(1), S1081–S1083. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n1supl.58279>
- Villarreal, M., Villa, E., Cira, L., Estrada, M., Parra, F., & De los Santos, S. (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 36(1), 95–130. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1706-5>
- Wilmer, D., Vaca, D., Alvarado, A., & Torres, S. (2021). Manejo agroecológico de la Moniliasis en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) mediante la utilización de biofungicidas y podas fitosanitarias en el cantón La Troncal. *Revista Alfa*, 5(15), 453–468. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i15.129>
- Yoplac, I., Chávez, R., & Santos, J. (2021). Manual de cosecha y poscosecha de pitahaya

amarilla (*Hylocereus megalanthus*). In *Instituto Nacional de Innovación Agraria*.
<http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1420>

Zapata, V. (2020). Mecanismos de solubilización de fósforo en hongos filamentosos. In
Pontificia Universidad Javeriana.
[https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/52012/Trabajo grado
Valentina Gandur Z.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/52012/Trabajo%20grado%20Valentina%20Gandur%20Z.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

8 ANEXOS

En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede observar las plantas de pitahaya en el inicio del periodo productivo

Anexo 1 Cultivo de Hylocereus megalanthus en la finca PANJU



Elaborado por: (Autores, 2023)

En el Anexo 2 se muestra la delimitación de las unidades experimentales, haciendo uso de hilo de diferentes colores y carteles.

Anexo 2 Delimitación del diseño experimental



Elaborado por: (Los autores, 2022).

En el Anexo 3 se observa el botón floral de la planta de pitahaya

Anexo 3 Botón floral de la planta de pitahaya



Elaborado por: (Los autores, 2022).

En el Anexo 4 se observa la flora de la planta de pitahaya

Anexo 4 Flor de la planta de la pitahaya



Elaborado por: (Los autores, 2023).

En el Anexo 5 se muestra al fruto maduro de la planta de pitahaya

Anexo 5 Fruto de la planta de pitahaya



Elaborado por: (Los autores, 2023).

En el Anexo 6 se muestra el filtrado de la solución con microorganismos, haciendo uso de una malla nylon para evitar que existan partículas de mayor en la disolución final

Anexo 6 Filtrado de la dilución con microorganismos



Elaborado por: (Los autores, 2023).

En el Anexo 7 se observa la dilución de los microorganismos en tanques de agua para su posterior aplicación en las plantas de pitahaya a nivel edáfico y foliar

Anexo 7 Dilución de microorganismos para aplicación



Elaborado por: (Los autores, 2023).

En el Anexo 8 se muestra el proceso de cosecha de los frutos maduros de la pitahaya

Anexo 8 Cosecha



Elaborado por: (Los autores, 2023).

En el Anexo 9 se muestra el proceso para la recolección de los pesos y diámetros de los frutos

Anexo 9 Pesaje y toma de diámetro de los frutos



Elaborado por: (Los autores, 2023).

En el Anexo 10 se observa el instrumento utilizado en campo para la medición de los grados brix de los frutos

Anexo 10 Brixómetro



Elaborado por: (Los autores, 2023).