

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



**TESIS DE GRADO**

**CONTROL DE LA TRISTEZA DEL PIMIENTO (*Phytophthora capsici*) CON  
(*Trichoderma harzianum*) EN EL CULTIVO DE PIMENTÓN (*Capsicum  
annuum* L.) EN LA COMUNIDAD DE HUERTA GRANDE**

**PAHOLA MARISOL VIRACOCCHA MAMANI**

**La Paz – Bolivia**

**2023**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**CONTROL DE LA TRISTEZA DEL PIMIENTO (*Phytophthora capsici*) CON  
(*Trichoderma harzianum*) EN EL CULTIVO DE PIMENTÓN (*Capsicum  
annuum* L.) EN LA COMUNIDAD DE HUERTA GRANDE**

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

**PAHOLA MARISOL VIRACOCCHA MAMANI**

**Asesor:**

**M. Sc. Freddy Antonio Cadena Miranda** .....

**Tribunal Examinador:**

**Ing. M. Sc. Paulino Ruiz Huanca** .....

**Ing. M. Sc. Juan José Vicente Rojas** .....

**Ing. M. Sc. Medardo Wilfredo Blanco Villacorta** .....

**Aprobada**

**Presidente Tribunal Examinador:** .....

**2023**

## DEDICATORIA

*A Dios, por darme la vida y concederme los anhelos de mi corazón.*

*A mis queridos padres Delfín Viracocha Valdez y Rutilda*

*Mamani Mamani, por su apoyo incondicional, inspiración, afecto y*

*paciencia que siempre me brindan.*

*Pahola Marisol Viracocha Mamani*

## AGRADECIMIENTO

*A mi querido papá por ser la inspiración para ser mejor cada vez y llegar más alto sin importar los límites. A mi linda mamita Rutilda Mamani Mamani por sus palabras de aliento y ayudarme a no rendirme; a mis hermanas Nancy y Doly por estar conmigo en tiempos difíciles y ayudarme con todo lo necesario.*

*A la Universidad Mayor de San Andrés, a la Facultad de Agronomía, a todos los docentes quienes forjaron mis estudios en el transcurso de toda la carrera.*

*A mi asesor, Ing. M.Sc. Freddy Antonio Cadena Miranda, por toda la paciencia que tuvo para orientarme y brindarme su apoyo durante toda la etapa de investigación; es un ejemplo a seguir, un excelente profesional.*

*Un agradecimiento especial al Tribunal Examinador:*

*Ing. M. Sc. Paulino Ruiz Huanca, Ing. M.Sc. Juan José Vicente Rojas y al Ing. M. Sc. Medardo Wilfredo Blanco Villacorta por las correcciones y observaciones realizadas en la elaboración del documento de tesis.*

*Una gratitud especial a mis pastores Franz y Felicidad Laguna*

*A mis compañeros de estudio*

*A mis mejores amigas(os):*

*Betty Yujra, María Cristina Bautista, Fátima Andrade y Víctor Hugo Maldonado gracias por haberse convertido en seres tan especiales en este corto viaje de la vida.*

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue realizar el control de la tristeza del pimiento (*Phytophthora capsici*) con la aplicación de (*Trichoderma harzianum*) en el cultivo de pimentón en la comunidad de Huerta Grande. Dentro de las prácticas tradicionales, se opta tratar este patógeno con fungicidas convencionales, cuyo efecto es negativo al ecosistema y pone en riesgo la salud del agricultor, por ello se propone una alternativa de control biológico.

Esta investigación se realizó entre agosto de 2021 y febrero de 2022, en dos etapas; la primera en almaciguero, donde el diseño estadístico empleado fue completamente aleatorio (DCA) con tres tratamientos y cuatro repeticiones, con doce unidades experimentales. En la segunda etapa, las plántulas obtenidas fueron trasplantadas a terreno definitivo manteniendo los tres tratamientos; y se tuvo tres repeticiones; el modelo estadístico empleado fue el diseño de bloques al azar (DBA), se tuvo nueve unidades experimentales y se muestrearon siete plantas por unidad experimental, haciendo un total de 63 plantas muestreadas.

Los tratamientos tuvieron las siguientes especificaciones: T0 (tratamiento testigo); T1 (tratamiento con dosis de referencia que corresponde a una concentración de  $4,2 \times 10^8$  UFCg<sup>-1</sup> de *T. harzianum* y T2 (tratamiento a una dosis de  $5,46 \times 10^8$  UFCg<sup>-1</sup> de *T. harzianum*).

Los resultados obtenidos nos muestran que la aplicación de *T. harzianum* favoreció el aumento de rendimiento, obteniendo resultados de 95,6 tha<sup>-1</sup> con el (T1); 84,17 tha<sup>-1</sup> con (T2) y 71,87 tha<sup>-1</sup> con el (T0); también favoreció el desarrollo vegetativo y disminuyó en un 67,84 % la incidencia y severidad causada por *P. capsici*, cabe mencionar entonces que existe gran factibilidad aplicar *T. harzianum* al cultivo de pimiento. Concluyéndose que la aplicación de *T. harzianum* a una concentración de  $4,2 \times 10^8$  UFCg<sup>-1</sup> disminuye el ataque de *P. capsici*, favoreciendo el desarrollo y rendimientos del cultivo del pimentón.

## ABSTRACT

The objective of the present work was to carry out the control of the tristeza of the pepper (*Phytophthora capsici*) with the application of (*Trichoderma harzianum*) in the cultivation of paprika in the community of Huerta Grande. Within traditional practices, it is decided to treat this pathogen with conventional fungicides, whose effect is negative to the ecosystem and puts the health of the farmer at risk, for this reason an alternative of biological control is proposed.

This research was carried out between August 2021 and February 2022; It was carried out in open field conditions in two stages; the first in a nursery, where the statistical design used was a completely randomized DCA design with three treatments and four repetitions, with twelve experimental units.

In the second stage of the investigative work, the same seedlings were transplanted to the final soil, maintaining the three treatments; and there were three repetitions; The statistical model used was the DBA random block design, there were nine experimental units and seven plants per experimental unit were sampled, making a total of 63 sampled plants. The treatments had the following specifications: T0 (control treatment); T1 (treatment with reference dose corresponding to a concentration of  $4.2 \times 10^8$  CFUg<sup>-1</sup> of *T. harzianum* and T2 (treatment at a dose of  $5.46 \times 10^8$  CFUg<sup>-1</sup> of *T. harzianum*).

During the investigative process it was concluded that the application of *T. harzianum* favored the increase in yield, obtaining results of 95.6 tha<sup>-1</sup> with (T1); 84.17 tha<sup>-1</sup> with (T2) and 71.87 tha<sup>-1</sup> with (T0); it also favored vegetative development and reduced the incidence and severity caused by *P. capsici* by 67.84 %, it is worth mentioning then that there is great feasibility of applying *T. harzianum* to the pepper crop.

## ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes .....	2
1.2. Justificación.....	3
2. OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo General .....	4
2.2 Objetivos Específicos .....	4
2.3 Hipótesis .....	4
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	4
3.1 Características del pimentón.....	4
3.1.1 Origen y distribución del pimentón.....	4
3.1.2 Características botánicas .....	5
3.1.3 Clasificación taxonómica del cultivo .....	7
3.1.4 Identificación botánica .....	7
3.2 Importancia nutricional .....	8
3.3 Importancia económica .....	9
3.4 Variedades .....	9
3.4.1 California wonder.....	9
3.4.2 TOBBY F-1 .....	9
3.4.3 Mercury.....	10
3.4.4 Capistrano .....	10
3.5 Principales enfermedades del pimentón .....	10
3.5.1 Tristeza del pimiento.....	10
3.5.2 Otras enfermedades fúngicas y viróticas.....	11

Cenicilla ( <i>Oídium sp.</i> Link.).....	11
Marchitez vascular .....	11
Marchitez, pudrición suave .....	12
3.6 Plagas .....	15
3.7 Requerimientos agro-ecológicos.....	16
3.7.1 Suelo .....	16
3.7.2 Fertilización .....	16
3.7.3 Temperatura .....	17
3.7.4 Fotoperido .....	17
3.7.5 Humedad .....	17
3.8 Labores culturales.....	18
3.9 Almácigo .....	18
3.9.1 Preparación de terreno .....	18
3.9.2 Densidad de plantación .....	18
3.9.3 Trasplante.....	18
3.9.4 Abonamiento orgánico.....	18
3.9.5 Aporque .....	19
3.9.6 Riego pre y post plantación .....	19
3.9.7 Requerimiento de fertilización química .....	19
3.9.8 Control de plagas y enfermedades.....	20
3.9.9 Poda .....	20
3.9.10 Desmalezado.....	20
3.9.11 Cosecha y pos cosecha.....	20
3.10 Tristeza del pimiento .....	21
3.10.1 Phytophthora capsici .....	21



3.10.2	Características del patógeno .....	21
3.10.3	Ciclo de vida y ecología de <i>P. capsici</i> .....	22
3.10.4	Diseminación del patógeno .....	23
3.10.5	Sintomatología de la tristeza del pimiento .....	23
3.10.6	Métodos de control de la tristeza del pimiento.....	23
3.10.7	Control de <i>P. capsici</i> con otras enmiendas orgánicas. ....	24
3.11	<i>Trichoderma harzianum</i> .....	26
3.11.1	Efectividad del <i>T. harzianum</i> .....	27
3.11.2	Mecanismos de control de <i>T. harzianum</i> .....	28
3.11.3	Condiciones óptimas para el desarrollo de <i>T. harzianum</i> .....	28
3.12	Porcentaje de incidencia y severidad .....	28
3.12.1	Incidencia .....	28
3.12.2	Severidad .....	29
4.	Localización.....	30
4.1	Ubicación geográfica.....	30
4.2	Características edafoclimáticas.....	31
4.2.1	Características climáticas .....	31
4.2.2	Características edáficas .....	31
4.3	Flora y fauna .....	31
5.	Materiales y métodos.....	31
5.1	Materiales.....	31
5.1.1	Material vegetal .....	31
5.1.2	Material de campo .....	32
5.1.3	Material de gabinete .....	33
5.1.4	Equipos.....	33

5.2	Métodos .....	33
5.2.1	Procedimiento experimental .....	33
5.2.2	Diseño de estudio .....	38
5.2.3	Croquis experimental.....	39
5.2.4	Variables de respuesta .....	41
6.	RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	45
6.1	Variables de comportamiento fenológico .....	45
6.1.1	Porcentaje de emergencia.....	45
6.1.2	Altura de plántulas de almácigo.....	46
6.1.3	Número de hojas hasta el trasplante .....	47
6.1.4	Porcentaje de sobrevivencia en el trasplante .....	49
6.1.5	Porcentaje de mortalidad hasta el primer aporque .....	50
6.1.6	Número de hojas hasta la fructificación. ....	52
6.1.7	Altura de planta.....	53
6.1.8	Número de flores .....	55
6.2	Variables respecto al comportamiento del patógeno .....	56
6.2.1	Porcentaje de incidencia.....	56
6.2.2	Porcentaje de severidad en raíz .....	58
6.2.3	Porcentaje de severidad en follaje.....	61
6.3	Variables de rendimiento.....	62
6.3.1	Número de frutos .....	62
6.3.2	Peso de frutos.....	65
6.3.3	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> ) .....	67
6.3.4	Rentabilidad.....	69
7.	CONCLUSIONES .....	72

8. RECOMENDACIONES.....	72
9. BIBLIOGRAFÍA.....	73
10. ANEXOS .....	82
10.1 Fotografías .....	82
10.1.1 Fotos de la etapa de almaciguero en Diseño Completamente Aleatorio (DCA)	82
10.1.2 Fotos de la etapa en terreno definitivo Diseño de Bloques al Azar (DBA)	83
10.2 Planilla de costos de producción.....	87
10.3 Análisis de suelo .....	90

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características botánicas de las especies de Capsicum .....	8
Cuadro 2. Enfermedades de pimiento Capsicum annum .....	11
Cuadro 3. Principales plagas del pimiento. ....	15
Cuadro 4. Requerimiento N-P-K para el cultivo de pimiento (Capsicum annum L.). .....	19
Cuadro 5. Croquis de establecimiento de almácigo (m).....	40
Cuadro 6. Croquis de establecimiento en terreno definitivo (m).....	40
Cuadro 7. Análisis de varianza de Porcentaje de emergencia (%).....	45
Cuadro 8. Análisis de varianza altura de plántulas (cm) .....	47
Cuadro 9. Análisis de varianza para número de hojas hasta el trasplante.....	48
Cuadro 10. Análisis de varianza Porcentaje de sobrevivencia (%) .....	49
Cuadro 11. Análisis de la varianza para el porcentaje de mortalidad (%) .....	50
Cuadro 12. Análisis de varianza Número de hojas hasta la fructificación .....	52
Cuadro 13. Análisis de varianza Altura de planta (cm).....	53
Cuadro 14. Análisis de varianza para número de flores.....	55
Cuadro 15. Análisis de varianza porcentaje de Incidencia (%).....	57
Cuadro 16. Análisis de la varianza (%) de severidad en raíz .....	59
Cuadro 17. Análisis de la varianza (%) de severidad en follaje.....	61
Cuadro 18. Análisis de la varianza de número de frutos .....	63
Cuadro 19. Análisis de varianza para peso de frutos .....	65
Cuadro 20. Análisis de varianza para rendimiento .....	67
Cuadro 21. Rendimiento y beneficio costo para los tratamientos con precios de 2022 .....	69
Cuadro 22. Rendimiento y beneficio costo para los tratamientos con precios del 2023 .....	70
Cuadro 23. Costos de producción para 169 m <sup>2</sup> el área de la Unidad Experimental	87
Cuadro 24. Costos de producción para 169 m <sup>2</sup> en 2023.....	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo biológico de <i>Phytophthora capsici</i> .....	22
Figura 2. Escala de severidad del ataque <i>P. capsici</i> en la raíz de plantas de pimiento. .....	29
Figura 3. Escala de severidad del ataque <i>P. capsici</i> en la parte aérea de plantas de pimiento <i>Capsicum annuum</i> . .....	29
Figura 4. Ubicación geográfica.....	30
Figura 5. Porcentaje de emergencia de plántulas en almaciguero.....	46
Figura 6. Porcentaje de mortalidad (%).....	51
Figura 7. Altura de planta (cm).....	54
Figura 8. Porcentaje de Incidencia (%).....	57
Figura 9. (%) Severidad en raíz.....	59
Figura 10. Severidad en follaje (%).....	62
Figura 11. Número de frutos.....	64
Figura 12. Peso de frutos.....	66
Figura 13. Rendimiento.....	67
Figura 14. Cuadro comparativo de beneficio costo.....	71

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Foto 1. Preparación de primer inóculo y siembra en almaciguero.....	82
Foto 2. Emergencia de plántulas.....	82
Foto 3. Almacigo día 55 y remojo de raíces en Trichoderma para el trasplante.....	82
Foto 4. Riego después del primer aporque .....	83
Foto 5. Preparado de solución de <i>T. harzianum</i> para las dosis de 100 y 130 %.....	83
Foto 6. Identificadores de plantas muestreadas.....	83
Foto 7. Fertilizantes (18-46-0) y (20-20-20). .....	84
Foto 8. Formación de botones florales y floración del pimiento.....	84
Foto 9. Fructificación .....	84
Foto 10. Porcentaje de severidad en follaje y raíz.....	85
Foto 11. Moho Gris ( <i>Botrytis cinérea</i> ).....	85
Foto 12. Virus mosaico; necrosis y <i>Erwinia</i> sp. ....	85
Foto 13. Plantas y raíces infectadas con <i>P. capsici</i> .....	85
Foto 14. Peso de frutos por planta .....	86
Foto 15. Plena maduración de frutos y cosecha .....	86
Foto 16. Selección de frutos por categoría.....	86
Foto 17. Pesado de las sacañas para su posterior comercialización .....	86

# **CONTROL DE LA TRISTEZA DEL PIMIENTO (*Phytophthora capsici*) CON (*Trichoderma harzianum*) EN EL CULTIVO DE PIMENTÓN (*Capsicum annum* L.) EN LA COMUNIDAD DE HUERTA GRANDE**

## **1. INTRODUCCIÓN**

El cultivo de pimentón es uno de los principales en esta región del departamento de La Paz, también es sustento económico para las familias que lo cultivan.

El pimiento morrón es uno de los principales chiles producidos a campo abierto y el principal factor que limita la producción de este cultivo, es la incidencia de marchitez del pimiento, enfermedad causada por el hongo *Phytophthora capsici* la cual ocasiona pérdidas entre 10 y 100% de la producción. Sánchez et al., (2015)

El pimentón como se lo conoce en los mercados de la ciudad de La Paz, es una de las 10 hortalizas más consumidas por la población boliviana además del aporte nutritivo que brinda en la dieta diaria. El principal valor nutritivo del pimentón como alimento se debe al alto contenido de minerales y vitamina C, siendo el más alto de todas las especies hortícolas. Un fruto maduro de pimentón contiene 150 a 180 mg de vitamina C por cada 100 g de fruto, comparando con el tomate que solo tiene 20 a 25 mg cada 100 g (López, 1983 como se citó en Alejo, 2016).

Por consiguiente (Muñoz et al., 2020) afirman que el rol de las vitaminas, los minerales y otros micronutrientes son necesarios para la función inmunocelular; entre ellos está la vitamina C, conocida por su papel en la síntesis del colágeno y actúa como antioxidante, cumple funciones inmunes y protege la infección causada por el coronavirus, por ello que es recomendable consumir pimiento crudo.

El COVID-19 ha podido dejar un antecedente, de que la buena nutrición es de vital importancia para la salud humana y entre ellas una de las hortalizas más recomendadas por los médicos fue el pimiento rojo crudo.

El creciente daño ambiental generado por el uso de sustancias químicas para el control de enfermedades en las plantas, ha motivado el uso de alternativas biológicas, como es el caso de *Trichoderma* (Djonovic et al., 2007 como se citó en Hernández, 2019).

El control de las enfermedades causadas por *P. capsici* no solo en hortalizas, generalmente es realizado mediante la aplicación de oomiceticidas. Estos insumos generan efectos negativos al ecosistema como persistencia ambiental de residuos tóxicos y contaminación al suelo y agua, e incluso su uso indebido o excesivo puede inducir reducción de sensibilidad en el oomiceto a las distintas moléculas comerciales (Quispe et al., 2022).

Para garantizar la seguridad y soberanía alimentaria de nuestro país es necesario proponer alternativas de control efectivas y que reduzca la incidencia y severidad del patógeno. Además de recomendar productos menos agresivos con el medio ambiente y la salud del agricultor.

### **1.1. Antecedentes**

Se estudió el efecto de tratamientos de semillas y raíces de pimiento con esporas de *Trichoderma harzianum* sobre la necrosis causada en los tallos por la inoculación de *Phytophthora capsici*. Según Ahmed et al., (2000) los resultados indican que los tratamientos de semillas redujeron significativamente la necrosis del tallo, que se redujo casi a la mitad en comparación con los valores observados en plantas cultivadas a partir de semillas no tratadas. El porcentaje de *P. capsici* aislado 9 días después de la inoculación fue mayor en plantas inoculadas no tratadas que en plantas inoculadas tratadas.

Estos resultados sugieren que *T. harzianum*, introducido en la parte subterránea de la planta, induce una respuesta defensiva sistémica contra *P. capsici* en la parte superior de la planta.

También estudios previos realizados en Bolivia con el Instituto de Investigaciones Fármaco Bioquímicas (IIFB), *Trichoderma harzianum* cepa Bol12 QD, se evaluó que este microorganismo tiene efecto biocontrolador sobre los patógenos, los porcentajes de inhibición del crecimiento micelial de los fitopatógenos varió desde 38.8 a 81.3% en *A. solani* y desde 16.3 a 85.5% en *P. infestans* (Puño, 2011).

Una investigación realizada en México; evaluó los efectos de tres especies de *Trichoderma*: *T. harzianum* (Th-7), *T. koningiopsis* (Tk NRRL50190) y *T. asperellum*



(Ta NRRL50191) en dos aislamientos mexicanos de *P. capsici* (RDP-1 y RDP-2) obtenido de campos comerciales de pimiento. Los esporangios de RDP-1 disminuyeron significativamente en un 95,6%, 81,3% y 78% después de enfrentamientos con Tk, Ta y Th, respectivamente; Los resultados sugieren que Ta, Tk y Th podrían usarse como agentes potenciales de control biológico (Ramírez et al., 2018).

Según (Carpio et al., 2021) menciona que es importante implementar en los procesos de recuperación microbiológica de suelos, biofungicidas que reestablezcan la flora o den protección contra cualquier patógeno ambiental, y uno de ellos es *Trichoderma harzianum*.

## **1.2. Justificación**

Se propone el siguiente trabajo de investigación debido a que los agricultores de la comunidad y en toda la región han optado controlar éste patógeno con fungicidas convencionales, pero no llegaron a solucionar el problema; más al contrario han generado mayor inversión en cuanto a plaguicidas, ocasionando baja o nula rentabilidad en el sistema productivo.

Si bien en el mercado existe opciones biológicas, estas no son competitivas como lo es *Trichoderma* que no solo puede controlar *Phytophthora*, *Pythium*, *Fusarium* y *Rhizoctonia* sino que también es de bajo costo y de fácil aplicación. Por ende, se constituye una alternativa para el productor en vez de usar pesticidas y su aplicación es amigable con el medio ambiente y la salud del agricultor.

La tristeza del pimiento se ha convertido en la mayor limitante para este cultivo durante la última década, pero se ha quedado sin que ninguna institución o ente competente proponga una alternativa de control.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

Control de la tristeza del pimiento *Phytophthora capsici* con la aplicación de *Trichoderma harzianum* en el cultivo de pimentón en la comunidad de Huerta Grande.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la incidencia y severidad del patógeno en el cultivo del pimentón.
- Comparar el rendimiento entre plantas tratadas y no tratadas con *T. harzianum*.
- Cuantificar la rentabilidad del cultivo del pimentón.

### 2.3 Hipótesis

*Ho*: No existe diferencia significativa en la incidencia y severidad de tristeza de pimiento con dosis de *T. harzianum* al cultivo de pimiento.

*Ha*: Existe diferencia significativa en la incidencia y severidad de tristeza de pimiento cuando se aplican diferentes dosis de *T. harzianum* al cultivo de pimiento.

## 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 Características del pimentón

#### 3.1.1 Origen y distribución del pimentón

La representación más antigua que hasta hoy conocemos, de frutos de pimiento, grabados sobre la piedra, datan de 800 a 1000 años d. C. este hallazgo se realizó en la parte nordeste de los Andes peruanos. Originario de la zona central de Sudamérica (Bolivia), las numerosas expediciones al nuevo mundo, finales del siglo XV e inicio del XVI, permiten la introducción del género *Capsicum*, en Europa como lo menciona (Moreno et al., 2012).

### **3.1.2 Características botánicas**

#### **3.1.2.1 Planta**

El pimiento *Capsicum annuum L.* es una planta herbácea perenne, el ciclo del cultivo es anual, la altura puede estar de 0.5 metros y hasta más de dos metros, todo depende de la variedad, esto al aire libre (Monsalve & Rosado, 2020).

#### **3.1.2.2 Raíz**

La raíz principal puede llegar hasta los 0,60 m de profundidad, pero esta se anula al efectuarse el trasplante, naciendo entonces raíces fibrosas superficiales y adventicias que no profundizan mucho en el suelo, los volúmenes mayores de raíces se sitúan en los primeros 40 cm (Vavilov, 1979 citado por Alejo, 2016).

#### **3.1.2.3 Hojas**

Las hojas son enteras ovales o lanceoladas, glabras con un ápice muy pronunciado, acuminado y un peciolo largo o poco aparente; su inserción en el tallo es en forma alternada así lo describe (Cáceres 1984 como se citó en Alejo, 2016).

#### **3.1.2.4 Tallo**

Monsalve & Rosado, (2020) describen que el tallo es erecto, a simple vista se ve semileñoso, en promedio se ramifica a 20 centímetros del suelo, es subleñoso, con apariencia cilíndrica o prismática, en promedio de 30 a 120 centímetros de alto, esto depende del sitio donde se establezca el cultivo y de la variedad manejada.

#### **3.1.2.5 Flores**

Las flores son hermafroditas, de color blanco con 5 – 6 pétalos e igual número de sépalos; el número de flores varía con la variedad y se localizan en el punto de ramificación (axilares). Su fecundación es claramente autógama, no superando el 10% de alogamia y presentan pedúnculo corto y curvado (Nuez et al., 2003 como se citó en Quiroz, 2013)

### **3.1.2.6 Fruto**

Moreno et al., (2012) expresa que, desde una flor solitaria blanca, en la mayoría de los casos, o menos corriente blanco-verdosas y raras veces violáceas, que nace en la axila de una hoja, obtenemos un fruto en baya hueca, al principio de un color verde o morado, para finalmente virar o transformarse de colores rojo, amarillo, violáceo, anaranjado o morado-negruzco y brillante; es el color de la parte comestible de ese fruto, las paredes exteriores. Generalmente tienen de dos o cuatro celdas internas separadas parcialmente por tabiques incompletos y con numerosas semillas discoidales, de forma y tamaño muy diverso según especies y variedades.

Según Veladez, (1993) como se citó en Alejo, (2016) su forma es muy variada dándose variedades de fruto alargado y de fruto redondo; unos son de sabor dulce y otros de sabor picante, debiéndose esta última característica a una sustancia llamada capsicina ( $C_{18}H_{27}O_3$ ); algunos frutos pueden pesar de uno a dos gramos frente a otras bayas que pesan más de 300 gramos.

### **3.1.2.7 Semilla**

Las semillas son redondeadas de un color amarillo pálido y ligeramente reniforme; suelen tener de 3 a 5 mm de longitud, insertándose sobre una placenta cónica de disposición central. En un fruto pueden contener entre 150 a 200 semillas, el peso por unidad varía entre 150-180 semillas/g; su punto germinativo es de tres a cuatro años (Alejo, 2016).

### 3.1.3 Clasificación taxonómica del cultivo

Veladez, (1993) como se citó en Alejo, (2016) indica la siguiente clasificación taxonómica del cultivo de pimiento:

*Reino:* Plantae

*Clado:* Eudicotiledóneas

*Orden:* Solanales

*Familia:* Solanacea

*Género:* Capsicum

*Especie:* **Capsicum annum**

*Nombre común:* Pimentón, pimiento chile y Morrón.

### 3.1.4 Identificación botánica

Según León, (1987) como se citó en Jiménez, (2018) la clasificación de los *Capsicum* cultivados es difícil debido a la falta de características distintivas entre ciertas especies. Sin embargo, admite que existen en la actualidad cinco especies cultivadas que son: ***Capsicum annum*, *Capsicum chinense*** considerada también en formar parte de la anterior, ***Capsicum frutescens*, *Capsicum baccatum* y *Capsicum pubescens***.

El mismo autor elaboró una clave empírica para diferenciar las cinco especies, basándose en la descripción de caracteres relativamente estables.

**Cuadro 1. Características botánicas de las especies de *Capsicum***

<b>ESPECIES</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<b><i>Capsicum annuum</i></b>	Cáliz del fruto sin constricción en la base. Corola sin manchas amarillas en la base de los pétalos, corola blanca o morada con los pétalos generalmente rectos; pedicelos de las flores a menudo curvos en la antesis.
<b><i>Capsicum frutescens</i></b>	Corola verdusca con los pétalos generalmente curvos; pedicelos 1-4 erectos en la antesis.
<b><i>Capsicum baccatum</i></b>	Corola con manchas amarillas difusas en la base de los pétalos.
<b><i>Capsicum chinense</i></b>	Cáliz del fruto maduro con una constricción en la base de los pétalos.
<b><i>Capsicum pubescens</i></b>	Semillas negras.

Fuente: Jiménez, (2018)

Según Moreno et al., (2012) ***Capsicum annuum*** es la especie más importante y difundida, sobre la que hay mayores trabajos de mejora genética. Las especies del género ***Capsicum*** son diploides y poseen 12 pares de cromosomas.

### **3.2 Importancia nutricional**

El pimiento es una buena fuente de carotenos, entre los que se encuentra la capsaicina, pigmento con propiedades antioxidantes que aporta el característico color rojo. Se destaca su contenido de provitamina A (Beta caroteno y criptoxantina) de folatos, también de vitaminas C, E y del grupo B. Estos contenidos junto con los carotenos, convierten al pimentón en una importante fuente de antioxidantes, con los beneficios que estas sustancias aportan a la salud humana. La parte comestible del fruto equivale al 82% del volumen (Monsalve & Rosado, 2020).

### **3.3 Importancia económica**

El mundo consume entre 100.000 a 110.000 toneladas de pimentón y se encuentra en tercer lugar, luego de la mostaza y pimienta, 1º y 2º respectivamente. El crecimiento anual del consumo está entre 3,5% y 4,5 % y los grandes compradores-importadores son: Unión Europea, Estados Unidos, Canadá y Japón. La producción promedio por hectárea está en el orden de los 1.000 a 1.100 kg de pimiento seco y la frontera productiva con la tecnología disponible en Argentina y está en el orden de los 5.000 kg. En el mundo hoy se habla de 9.000 kg en Perú, Estados Unidos e Israel. Para tener una idea de precios, el kilogramo de pimiento seco en vaina tiene un precio internacional en dólares de 1,20 a 1,60, según calidad. (TodoAgro, 2007)

### **3.4 Variedades**

#### **3.4.1 California wonder**

Nuez et al., (2003) como se citó en Quiroz (2013) señala que la variedad California Wonder 300 es una variedad de origen norteamericano, muy vigorosa, apta para el cultivo en invernadero. El fruto es cilíndrico, corte, de 10-12 cm de longitud y de 8-10 cm de anchura, es dulce, de paredes semigruesas (6 mm); soporta muy bien el transporte; la planta, es erecta prolífica de 60 – 70 cm de altura, es susceptible al virus mosaico, largo periodo de producción continua.

#### **3.4.2 TOBBY F-1**

Se trata de un excelente pimiento indeterminado de invernadero desarrollado para su cultivo en regiones tropicales. Produce excelentes rendimientos de frutos de color rojo brillante, de paredes gruesas, con cuatro lóbulos y de gran calidad. Los frutos suelen pesar unos 250 gramos, tiene un excelente paquete de enfermedades, con resistencia al mildiú polvoriento (PM), al virus del moteado del pimiento (PeMV 0,1,2,4) y al virus del marchitamiento del tomate (TSWV) al mosaico y resistente al oídio. Son híbridas, rojas. Provenientes de USA California. AgriExpo, (2023).

### 3.4.3 Mercury

Quiroz, (2013) menciona en su investigación que la variedad Mercury es un pimentón dulce de polinización abierta con frutos de 11 x 10 cm de longitud y diámetro, principalmente de 4 lóbulos es decir de forma cuadrangular, pared media gruesa color de verde a rojo y la planta puede alcanzar 71 a 76 cm de altura y una altura mediana de 45 – 60 cm. También indica que la característica de la planta es vigorosa, erecta y de poca ramificación, tolerante al virus mosaico, susceptible a la alternaria, su fructificación es concentrada y pareja.

### 3.4.4 Capistrano

Es un pimiento dulce, con forma de campana en su mayoría de cuatro lóbulos, de paredes gruesas, ideal para el mercado fresco, de muy buena adaptación. Las plantas tupidas cubren bien los frutos los cuales son grandes a muy grandes es resistente a las manchas bacterianas cuando maduran son de color verde y rojo (AgriExpo, 2023).

## 3.5 Principales enfermedades del pimentón

### 3.5.1 Tristeza del pimiento

Conocida también como seca del pimiento, pudrición basal del tallo y en el sector productivo en que se llevó a cabo la investigación se lo denomina Jiwa usu, su traducción al castellano llega a ser (Enfermedad de muerte).

Uribe-Lorío et al., (2014) mencionan que la producción de chile dulce *Capsicum annum* L. tanto en Costa Rica como en otras partes del mundo, está limitada por la enfermedad conocida como pudrición basal del tallo o maya, causada por el oomicete *Phytophthora capsici* Leonian. La enfermedad se presenta en áreas tropicales y subtropicales, e infecta tanto raíces, tallos, hojas y frutos siendo una de las enfermedades más destructivas a nivel mundial.



### 3.5.2 Otras enfermedades fúngicas y viróticas

**Cuadro 2. Enfermedades de pimiento *Capsicum annuum***

NOMBRE COMÚN Y NOMBRE CIENTIFICO	SÍNTOMAS
Cenicilla ( <i>Oidium sp. Link.</i> )	<p>Esta enfermedad es de gran consideración económica, ya que cuando la planta de pimentón es sometido a tiempos largos de verano y baja humedad relativa, estos periodos ayudan a que el patógeno se propague por el viento, empieza afectando las hojas más bajas, esto se puede apreciar por las lesiones de forma circular, las cuales crecen de color blanquecino, y se van pasando a las otras hojas.</p>
Marchitez vascular ( <i>Fusarium oxysporum</i> )	<p>Se presenta mayormente cuando el suelo es ácido, tienen mal drenaje y son con textura liviana, este hongo puede vivir en forma clamidósporas y en restos de cosecha.</p> <p>Esta marchitez se favorece cuando la planta tiene heridas ya sea en la raíz o el tallo, esto ocasiona que la planta tenga un retraso en el desarrollo, se presenta necrosis, con una coloración marrón donde comienza el tallo, se empieza a</p>

	<p>marchitar muy rápidamente, debido a que esta no permite la ingesta de importantes nutrientes y del agua con la cual lleva a cabo sus demás procesos.</p>
<p>Marchitez, pudrición suave (<b><i>Erwinia winslow</i></b>)</p>	<p>Es una enfermedad favorecida por lluvias continuas, se empieza a visualizar en los frutos, causando pudrición acuosa y con mal olor, cuando el fruto esta aun en la planta. Es una bacteria que se multiplica con las gotas de lluvia, escorrentía o herramientas contaminadas, se puede empeorar con el ataque de insectos y malas prácticas de poda.</p>
<p>Moho Blanco, esclerotinia (<b><i>Sclerotinias clerotiorum</i></b> Lib.) de Bary)</p>	<p>Este hongo se presenta mayormente en los tiempos de lluvias y temperaturas bajas de 15 a 22°C.</p> <p>Se empiezan a notar en las hojas, las cuales presentan un marchitamiento leve, también pequeñas heridas con color café en la zona del tallo, y esto a su vez se convierte en moho blanco, el cual no tiene olor, de textura acuosa al comienzo, la planta se debilita por el tallo, hasta que termina muriendo.</p>

<p>Moho Gris (<b><i>Botrytis cinérea</i></b>)</p>	<p>El hongo penetra generalmente a través de las heridas. Las esporas sobreviven en los tejidos muertos del cultivo, los cubren como terciopelo gris y conducen a la subsiguiente infección del fruto. Afecta flores, tallos produce lesiones de color café oscuro con abundante esporulación, puede afectar frutos recién formados, verdes y próximos a cosechar las lecciones son blandas, acuosas y se presentan en la región apical y en la unión del pedúnculo con el fruto.</p>
<p>Virus del Mosaico del Pepino CMV (<b><i>Cucumber mosaic</i></b>)</p>	<p>Se evidencia cuando a las hojas le sale una especie de mosaico verde claro, amarillento en las hojas del cogollo, se visualiza clorosis difusa, filimorfismo, rizamiento de los nervios y el fruto se aprecia más pequeño, con anillos concéntricos y líneas irregulares, la piel se hunde al tacto. Se trasmite principalmente por los pulgones los cuales tienen el virus de forma no persistente, también se puede transmitir por medio de semillas.</p>

Virus del moteado suave del pimiento (PMMV)	Se puede evidenciar enanismo en la planta infectada, pero es más notorio cuando la planta es joven, se aprecia clorosis suave y mosaico en las hojas, en forma de manchas de color verde oscuro en las hojas del cogollo. En los frutos se observa en los frutos pequeños, con deformaciones y se aprecia mosaico, abollonaduras y de vez en cuando depresiones necróticas.
---	---

Fuente: (Jaramillo et al., 2014)

### 3.6 Plagas

**Cuadro 3. Principales plagas del pimiento.**

INSECTOS			
Nombre	Nombre científico	Descripción	Síntomas asociados
Trips	<i>Thrips spp,</i> <i>Frankiniella occidentalis</i>	Pequeños insectos alargados presentes en las flores. Color variable entre el amarillo y el negro	Roído o argenteado del fruto. Daños similares sobre las hojas. Pueden transmitir virus de la peste negra.
Mosca blanca	<i>Bemisia tabaci</i>	Pequeños insectos alados blancos distribuidos sobre el tercio superior. Ninfas claras o amarillas, inmóviles en el envés de las hojas.	Producción de melaza, aparición de fumagina. Hojas y frutos manchados. Detención del crecimiento.
Pulgones	<i>Myzus persicae,</i> <i>Aphis gossypii</i>	Pequeños insectos mayormente sin alas, conformando colonias sobre todo en brotes u hojas tiernas.	Producción de melaza, aparición de fumagina. Presencia de exuvios blancos y detención del crecimiento.
Orugas del fruto	<i>Spodoptera spp.</i>	Larvas de tamaño variable (desde 3 mm hasta 3cm), atacan y se alimentan del follaje y fruto. Los adultos son polillas de vuelo nocturno.	Defoliación de plantas. Daños graves en frutos donde las larvas consumen las semillas.
Orugas del fruto	<i>Spodoptera spp.</i>	Gusanos de tamaño variable pero menores que Spodoptera. Andar característico de medidor.	Defoliación de plantas. Daños graves en frutos donde las larvas consumen las semillas.

Polilla de pimiento	<b><i>Symmetrischemma borsaniella</i></b>	Larva pequeña que ataca frutos y consume sus semillas. Los adultos son polillas pequeñas	Daño en frutos, eventualmente barreado de brotes
Vaquita	<b><i>Diabrotica speciose</i></b>	Cascarudo de tamaño medio, color verde claro. Larva presente en el suelo	Daño leve en hojas. Algún daño en flores. Daño excepcional en frutos.
Chinche	<b><i>Edessa meditabunda</i></b>	Chinches de tamaño medio a grande. Hábito gregario, color verde; coloca sus huevos agrupados en el envés de las hojas	Daño sobre brotes y pimpollos

Fuente: Peruzzi et al., (2012)

### 3.7 Requerimientos agro-ecológicos

#### 3.7.1 Suelo

Así mismo el cultivo de pimiento es exigente a la humedad del suelo con 80 – 85 % de Capacidad de campo (cc), siendo muy susceptible al anegamiento de suelos. Moreno, (2012). El mismo autor indica que este cultivo requiere suelos franco- arenosos, cuyo pH óptimo para su desarrollo es de 5,5 – 6,5 y debe poseer un buen drenaje; suelos profundos, ricos en fosforo, nitrógeno y no tolera salinidad, los rendimientos decaen a partir de 3.5 dS/m de conductividad eléctrica.

#### 3.7.2 Fertilización

Se debe formular un plan de fertilización y orientar su ejecución de acuerdo con el resultado del análisis físico químico del suelo, y la demanda nutricional que requiere el cultivo de pimentón (***Capsicum annum L.***). Es bastante requerido el nitrógeno (N) y fósforo (P) desde el momento del trasplante hasta el inicio de la floración; pero es importante tener en cuenta que en la época del cuajamiento y llenado de los frutos se requiere bastante potasio (K), calcio (Ca) y boro (B) (DANE, 2015).

### **3.7.3 Temperatura**

Las bajas temperaturas son desfavorables para su óptimo desarrollo, por debajo de 8 o 10 °C, las plantas no crecen, las que pueden provocar endurecimientos y enanismo en las plantas; lo que a su vez puede producir un exceso de cuajado de frutos pequeños y de muy mala calidad, el pimiento requiere de temperaturas cálidas para un buen desarrollo. Este autor considera que la temperatura óptima va de los 21-31 °C (Deker, 2011).

Según (DANE, 2015) la mejor temperatura para el cultivo esta entre 18 °C y 28 °C. Cuando se presentan temperaturas mayores a 32 °C con baja humedad ya sea relativa o del medio ambiente se producen caída de los botones florales y flores, también se presenta baja en la capacidad de polen para la fecundación de las flores, si se presenta en la noche temperaturas de más de 30 °C se puede generar la caída de todas las flores y botones florales.

### **3.7.4 Fotoperido**

Moreno et al., (2012), menciona que este cultivo es exigente a la luz, por lo que se desarrolla óptimamente entre los 12 – 15 horas luz, de lo contrario el ciclo vegetativo se prolonga.

### **3.7.5 Humedad**

Lo ideal es que este entre el 50% y el 70%, ya que cuando los valores son muy altos se pueden presentar enfermedades por hongos, por lo que baja la fecundación, cuando hay altas temperaturas y baja humedad relativa, se puede presentar caída de flores y de frutos en formación. Cuando hay mucha humedad se debe buscar la forma de ventilar el área, manejar el riego adecuadamente, asegurándose que los excesos de agua tengan un adecuado sistema de drenaje (Monsalve & Rosado, 2020).

### **3.8 Labores culturales**

### **3.9 Almácigo**

Debido al alto costo de la semilla y los cuidados requeridos en la germinación y establecimiento, la práctica recomendada es establecer un semillero y luego trasplantar. La semilla de pimentón requiere un mayor período de tiempo para la germinación y emergencia de la nueva plántula. En condiciones normales de agua, luz, oxígeno y temperatura, una semilla germina en un período de tiempo entre 8 y 10 días. El crecimiento de la planta es lento y puede durar entre 35 y 45 días en lograr un desarrollo óptimo para su trasplante (Monsalve & Rosado, 2020).

#### **3.9.1 Preparación de terreno**

Si el terreno no ha sido sembrado antes o está en descanso, se debe arar y rastrillar el lote con el fin de mejorar las condiciones físicas del suelo y controlar las malezas, principalmente gramíneas o ciperáceas. La arada y la rastrillada se deben realizar a 30 cm de profundidad. (Monsalve & Rosado, 2020).

#### **3.9.2 Densidad de plantación**

Álvarez, (2012) indica que en cultivo bajo invernadero la densidad de plantación suele ser de 20.000 plantas/ha y al aire libre se suele llegar hasta las 60.000 plantas/ha. Las densidades óptimas rondan las 2,5 a 3 plantas/m<sup>2</sup>, pero dependen del tipo de estructura, las necesidades de calibre, el tipo de poda y el vigor de la variedad.

#### **3.9.3 Trasplante**

El trasplante de las plántulas de pimentón para llevarlas al lote, se debe hacer cuando tengan un tamaño de 12 a 15 cm de altura, con un tallo de 5 a 7 mm de grosor, el periodo de floración esta de 70 y 93 días, la maduración de frutos se presenta a los 85 y los 107 días, de establecido el cultivo el lote (Moreno et al., 2010).

#### **3.9.4 Abonamiento orgánico**

Los abonos orgánicos, promueven la estimulación de comunidades nativas de antagonistas, la introducción de agentes de biocontrol al suelo, el aporte de nutrientes



para el establecimiento y actividad de dichos organismos, la inducción de resistencia, el aumento en la disponibilidad de nutrientes a la planta y la mejora en la condición de la raíz, todo ello favorece un crecimiento adecuado del cultivo y le permite tolerar las enfermedades o escapar de la infección de patógenos (Artavia et al., 2010).

### 3.9.5 Aporque

Práctica que consiste en cubrir con tierra o arena parte del tronco de la planta para reforzar su base y favorecer el desarrollo radicular. En terrenos enarenados debe retrasarse el mayor tiempo posible para evitar el riesgo de quemaduras por sobrecalentamiento de la arena (Pino et al., 2018).

### 3.9.6 Riego pre y post plantación

En general la especie requiere 7.850 cm<sup>3</sup> de agua por ha. La frecuencia de riego varía de acuerdo a las condiciones climáticas del lugar donde se cultiva (TodoAgro, 2007).

### 3.9.7 Requerimiento de fertilización química

**Cuadro 4. Requerimiento N-P-K para el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.).**

<b>Etapa de cultivo</b>	<b>Nitrógeno (kg/ha/día)</b>	<b>Fósforo (kg/ha/día)</b>	<b>Potasio (kg/ha/día)</b>
<i>De trasplante a primera flor</i>	4 (si se aplicó abono orgánico evitar fertilización en esta etapa)	1 – 1,5	2 – 3
<i>De fructificación a cosecha</i>	4,5	1	1,6
<i>Cosecha en rojo</i>	4,5	1	1,6

Fuente: (Álvarez, 2012).

### **3.9.8 Control de plagas y enfermedades**

Pino et al., (2018) menciona que los patógenos pueden ser transmitido por semilla, por lo que es importante la desinfección de éstas y que provengan de cultivos sin la presencia de enfermedades. Debido a la persistencia de patógenos en el suelo, se debe realizar rotación de cultivo más de tres años libres de solanáceas y cucurbitáceas, evitar escurrimientos superficiales por exceso de riegos o mal drenaje y utilización de camellones de más de 25 cm de altura.

### **3.9.9 Poda**

En general, la poda de las hortalizas en invernadero se dirige a dejar uno o varios tallos, eliminando determinados brotes, hojas y frutos; los chupones, que por su excesivo desarrollo no aportan a la producción de calidad, con la poda se pretende mantener las plantas con la vegetación suficiente, en sus justos límites, a fin de conseguir precocidad y calidad, así como obtener, en muchos casos, una mayor producción (Monsalve & Rosado, 2020).

### **3.9.10 Desmalezado**

El control de malezas en pimiento se realiza principalmente antes del trasplante, con una buena preparación de suelo. Luego del trasplante de las plántulas de pimiento, se deben realizar dos a tres limpiezas manuales durante la temporada (Pino et al., 2018).

### **3.9.11 Cosecha y pos cosecha**

Álvarez, (2012) indica que, el corte se realiza de forma manual, con la ayuda de una pequeña navaja, se le realiza una pequeña inserción en el pedúnculo sin cortarlo en su totalidad, después con la mano se mueve hacia cualquier lado de forma vertical y de esta forma el fruto se desprende de la planta. Los frutos se cosechan una vez que se secó el rocío de la mañana, pero antes de que comiencen a calentarse, se debe asegurar que los frutos cosechados se coloquen inmediatamente bajo sombra. El almacenaje debe hacerse en temperatura de 8 °C. Se cosecharán cuando el 70 o un 90% de superficie cambió de color.

### **3.10 Tristeza del pimiento**

Es una enfermedad que puede afectar la totalidad o parte de la planta, es causada por el moho *Phytophthora capsici*, el cual puede atacar al cultivo desde las primeras etapas de desarrollo; semillero y plántula, hasta la planta adulta y los frutos (AgriSolver, 2019).

La enfermedad se distingue al aparecer una mancha oscura en el cuello de la raíz, que provoca que la planta se marchite y muera, el fruto se queda adherido a la planta. Las plántulas pueden ahogarse y pudrirse cuando la infección ocurre en los semilleros; el principal daño ocurre en la etapa de floración, las oosporas son la única fuente de inoculación primaria, y éstas pueden sobrevivir en el suelo por más de dos años (BAYER, 2017).

#### **3.10.1 Phytophthora capsici**

Polach & Webster 1972 como se citó en Jiménez, (2018) afirma que se identificaron catorce cepas patógenas distintas entre 23 aislamientos diversos de *P. capsici* cuando se probaron en tomate, calabaza, sandía, calabaza de azúcar y líneas seleccionadas de pimiento. Es decir que existen varias cepas de éste patógeno.

#### **3.10.2 Características del patógeno**

*P. capsici* genera la pudrición de la raíz del pimiento, zanahoria y calabaza; la pudrición del fruto del pimiento, tomate, berenjena y de las cucurbitáceas, entre otras plantas (Agrios, 2005). Las plantas que padecen de dichas pudriciones con frecuencia empiezan a mostrar los síntomas debidos a la sequía y deficiencia nutricional, se debilitan y se hacen susceptibles al ataque por otros patógenos o muchas otras causas que erráticamente se consideran como la causa de la muerte de las plantas.

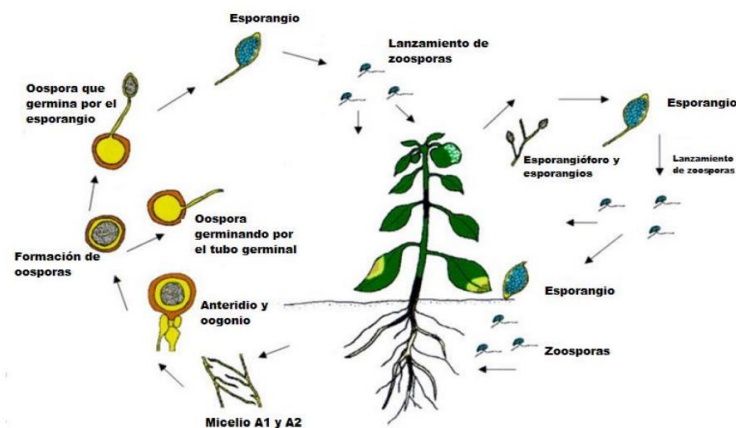
### 3.10.2.1 Clasificación taxonómica del patógeno

División: Eumycota  
Subdivisión: Mastigomycotina  
Clase: Oomycetes  
Orden: Peronosporales.  
Familia: Pythiaceae.  
Géneros: Phytophthora  
Especie: ***Phytophthora capsici***

### 3.10.3 Ciclo de vida y ecología de *P. capsici*

Agrios, (2005) menciona mayoría de los hongos fitopatógenos pasan parte de su ciclo de vida en las plantas que les sirven de hospedante, y otra parte de él en el suelo o en los residuos vegetales depositados en este sustrato. Un tercer grupo de hongos viven como parásitos de sus hospedantes, pero continúan viviendo, desarrollándose y reproduciéndose en los tejidos muertos de esos hospedantes una vez que han muerto, e incluso pueden abandonar esos tejidos y depositarse en el suelo u otros órganos vegetales en proceso de descomposición, en los que se desarrollan y reproducen como saprófitos obligados.

Figura 1. Ciclo biológico de *Phytophthora capsici*



Fuente: Ciclo de vida de *Phytophthora capsici*, agente causal de la pudrición radicular en pimiento, modificado de Ristaino & Johnston (1999) citado por Jiménez, (2018)

#### **3.10.4 Diseminación del patógeno**

Según Silva et al., (2009) es el oomyceto de *Phytophthora capsici* que causa pudrición de raíz y marchitez del pimiento, se dispersa a través del movimiento superficial del agua de riego, significa que en el primer foco de infección puede llegar de 2 hasta 4,5m por el surco.

Un factor determinante para la diseminación de *P. capsici* es la temperatura, para lo cual (Jiménez, 2018) indica que la temperatura óptima de desarrollo del hongo oscila entre 21 y 31°C, que el mayor número de infecciones se obtiene a 23° C y en cuanto a temperaturas mínimas, indican que a 5°C el hongo detiene completamente su desarrollo, muriendo a 0°C. En los límites superiores, a 38°C existe igualmente paralización del desarrollo, pero no muerte del hongo.

#### **3.10.5 Sintomatología de la tristeza del pimiento**

El patógeno causa pudrición de las raíces de la planta y lesiones negras en el tallo; circulares, acuosas y de color café grisáceo en las hojas, y cubiertas de esporangios blancos en los frutos. Las lesiones en tallos y hojas son comunes cuando el inóculo es dispersado por salpique del suelo a las partes inferiores de la planta (Ristaino y Johnston, 1999) como se citó en Uribe-Lorío et al., (2014)

#### **3.10.6 Métodos de control de la tristeza del pimiento**

Existe una gama de tipos de control de la marchitez del pimiento (*P. capsici*) como el manejo cultural, genético, químico y el empleo de agentes biológicos (Rojas, 2019).

Debido a la naturaleza persistente del inóculo en el suelo, la estrategia para el control de este patógeno requiere un programa de manejo integral (Kim et al., 2008). Sin embargo, las medidas de control químico y cultural no siempre logran disminuir el inóculo de *P. capsici*, formado por zoosporas con alta movilidad en el suelo.

##### **3.10.6.1 Control químico convencional**

En una investigación de la Universidad Agraria La Molina se evaluó la efectividad de tres productos químicos: metalaxil + mancozeb, fosfonato de potasio y sulfato de cobre pentahidratado en la inhibición del crecimiento de colonias de *Phytophthora capsici*; el

fungicida con Metalaxyl + Mancozeb inhibió al 100 % el crecimiento de las colonias de *Phytophthora capsici*, mientras que el Fosfonato de potasio y el Sulfato de cobre no resultaron ser efectivos para inhibir totalmente el crecimiento de *P. capsici*. El fungicida Metalaxyl + Mancozeb previno totalmente la aparición de pudriciones de cuello y raíces en pimientos causada por *P. capsici*. Huallanca & Giraldo, (2014).

Por otro lado (Quispe et al., 2022) afirman que existen una variedad de oomiceticidas disponibles en el mercado que pueden ser usados para manejar las diferentes enfermedades causadas por *P. capsici*. Sin embargo, el uso de estas moléculas en hortalizas puede tornarse a largo plazo un problema, por ejemplo, ocasionar la pérdida de sensibilidad del patógeno a las moléculas comerciales disponibles en el mercado.

Sin embargo, el uso de plaguicidas, durante periodos prolongados y sin el debido conocimiento de su peligrosidad, consecuentemente acarrea problemas en la salud de los agricultores y el medio ambiente, siendo determinantes las necesidades de uso de plaguicidas y el conocimiento de su peligrosidad (Urrutia, 2021)

Más aun, la agricultura moderna se ha vuelto dependiente del uso de plaguicidas químicos para controlar organismos fitopatógenos, lo cual ha provocado resistencia en las plagas, cambios en la diversidad microbiana edáfica, y contaminación ambiental (Chen et al., 2016 como se citó en Hernández et al., 2019).

### **3.10.7 Control de *P. capsici* con otras enmiendas orgánicas.**

La incorporación de enmiendas orgánicas al suelo, se presenta como una alternativa económicamente viable, a la vez es respetuosa con el medio ambiente. Se van realizando estudios de biodesinfección utilizando diferentes enmiendas orgánicas para el control de *Phytophthora capsici*, patógeno causante de la podredumbre radicular y del cuello en cultivo de pimiento (Zofio, 2012).

La utilización de enmiendas orgánicas ha recibido mucha atención en las décadas recientes ya que mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y estimula el crecimiento de las plantas (Barzegar et al., 2002). Ntougias et al., (2008), mencionó también que se ha demostrado que tienen un efecto supresivo sobre

enfermedades ocasionadas por patógenos de suelo, incluyendo las causadas por *Phytophthora* spp.

### **3.10.7.1 Vermicompost**

Al respecto, Ntougias et al. (2008) al estudiar el uso de nueve tipos de compost sobre *Phytophthora nicotianae* en tomate, y utilizando vermicompost producido a partir de estiércoles, reportaron altos niveles de supresión del patógeno.

El grado de supresión que se ha observado es muchas veces impredecible y varía de acuerdo a factores como el tipo de biomasa de origen, el proceso de compostaje, la estabilidad del producto, el tipo de aplicación y la dosis empleada (Artavia et al., 2010).

Además, Aryantha et al., (2000) menciona la siguiente observación en su investigación: Que el uso de gallinaza fresca y composteada redujo la sobrevivencia de *P. cinnamomi* y el desarrollo de la enfermedad en plantas de *Lupinus albus*, mientras que la adición de estiércol de vacuno, ovino y equino, tanto fresco como composteado no logró suprimir las poblaciones del patógeno ni los síntomas de la enfermedad. Resultados que (Bonanomi et al., 2010) explican: Que el origen y proceso del material utilizado para el vermicompost, son factores importantes en la supresión de las enfermedades, especialmente si se considera que los residuos orgánicos son frecuentemente inefectivos o conductivos para patógenos con una alta capacidad saprofítica.

Una investigación en Costa Rica, tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de vermicompost de origen bovino sobre el crecimiento del chile dulce y sobre la incidencia y severidad de los daños causados por *P. capsici*, se aplicaron dosis de 0, 25% y 50% en que sus resultados muestran que a mayor aplicación de vermicompost, incrementó la incidencia y severidad del patógeno; mientras que a una dosis de 25% sugieren que podría compensar el daño causado por el patógeno. El abono afectó negativamente solo a las plantas inoculadas con *Phytophthora*, por favorecer en ese medio el aumento de crecimiento micelial, lo que podría atribuirse a que los compost salinos pueden aumentar las enfermedades causadas por *Pythium* y *Phytophthora*, a menos que se apliquen meses antes de la siembra (Uribe-Lorío et al., 2014).

### **3.10.7.2 Gallinaza**

En ensayos a nivel de campo realizados en Costa Rica sobre la supresión de *P. capsici* con el uso de abonos orgánicos, Corrales et al., (1990) encontraron que la incorporación de 4 t/ha de gallinaza al suelo redujo la incidencia de la enfermedad a un nivel de 29%, mucho menor que los valores presentados por el tratamiento químico (87%) y el uso de compost a base de bagazo y cachaza (65%). Las plantas a las que se les aplicó gallinaza presentaron mayor área foliar, floración y rendimiento que el testigo químico.

Además, Aryantha et al., (2000) observaron también que el uso de gallinaza fresca y composteada redujo la sobrevivencia de *P. cinnamomi* y el desarrollo de la enfermedad en plantas de *Lupinus albus*.

### **3.10.7.3 Pseudomonas spp.**

La aplicación de especies como *P. aeruginosa*, *P. fluorescens*, *P. libanensis* y *P. putida* pueden inhibir sinérgicamente entre el 50 y 70% del crecimiento in vitro de *P. capsici* (Quispe et al., 2022).

### **3.10.7.4 Bacillus spp.**

En ensayos in vitro, *Bacillus spp.* y algunos de sus extractos pueden reducir el crecimiento de *P. capsici* en hasta un 70%, *B. licheniformis* puede inducir ramificación excesiva y lisis significativa en hifas, así como reducción del desarrollo de esporangios y motilidad de zoosporas de *P. capsici*, *B. amyloliquefaciens* y *B. thuringiensis* inhiben la germinación de zoosporas de *P. capsici* en más del 90 % (Quispe et al., 2022).

## **3.11 Trichoderma harzianum**

Papavizas, como se citó en Mamani, (2018) declara que las especies de *Trichoderma* actúan como hiperparásitos competitivos que producen metabolitos antifúngicos y enzimas hidrolíticas a los que se le atribuyen los cambios estructurales a nivel celular, tales como vacuolización, granulación, desintegración del citoplasma y lisis celular, encontrados en los organismos con los que interactúa.

También se conoce que las especies de *Trichoderma*, producen enzimas extracelulares, sustancias antibióticas de naturaleza volátil y no volátil; a su vez son



fuertes antagonistas por el espacio y nutrientes frente a otros fitopatógenos, promoviendo el crecimiento de las plantas, induciéndoles resistencia sistémica (Hermosa, 2000).

Por tal razón, estas cepas han adquirido un valor comercial importante, sus resultados efectivos durante su aplicación y la aparición de nuevas tecnologías para la producción masiva y desarrollo de productos a base de este hongo.

### **3.11.1 Efectividad del *T. harzianum***

Huifang et al., (2010) aseguran que de un total de 643 aislamientos de *Trichoderma spp.* que se obtuvieron de suelos de rizósfera en el centro y sur de Taiwán; entre ellos, se analizaron in vitro 301 aislamientos para el antagonismo de los patógenos fúngicos de las plantas, *Botrytis elliptica*, *Phellinus noxius*, *Sclerotium rolfsii* y *Phytophthora capsici*, utilizando como método de papel celofán. Los resultados mostraron que dos de los aislados, Tri-003 y Tri-080, suprimieron por completo el crecimiento micelial de estos cuatro patógenos fúngicos mencionados anteriormente.

En un ensayo de control biológico, realizado en la universidad de Murcia demostró que, en definitiva, el tratamiento con *T. harzianum* ha sido capaz de reducir hasta un 65% la «tristeza» causada por el patógeno *P. capsici* en plantas de pimiento. Se comparó el desarrollo antagónico en cultivo in vitro con tres diferentes medios: En ensayos in vivo las plantas crecidas a partir de semillas tratadas mostraron un peso seco superior al testigo (Ezziyyani et al., 2004).

*Trichoderma*, es un género fúngico de la rizosfera considerado simbiote oportunista de plantas, que es capaz de producir elicitores que inducen la defensa vegetal contra patógenos e insectos, ayudan a la solubilización de fósforo, y propician la síntesis de sustancias promotoras del crecimiento vegetal (Hernández et al., 2019).

Considerándose a *Trichoderma* como agente promisorio en el control biológico de las enfermedades que ocasionan estos fitopatógenos.

### **3.11.2 Mecanismos de control de *T. harzianum***

Los mecanismos por los que las cepas del género *Trichoderma* desplazan al fitopatógeno son fundamentalmente de tres tipos: Competición directa por el espacio o por los nutrientes, producción de metabolitos antibióticos, ya sean de naturaleza volátil o no volátil y parasitismo directo de determinadas especies de *Trichoderma* sobre los hongos fitopatógenos (Ezziyani et al., 2004).

Durante el proceso de micoparasitismo, *Trichoderma* secreta enzimas que hidrolizan la pared celular de los hongos que parasita, siendo las más conocidas las proteasas, las quitinasas y las glucanasas (Marcello et al., 2010; García-Espejo et al., 2016), y provocan la retracción de la membrana plasmática y la desorganización del citoplasma. También inhiben la germinación de esporas y la elongación del tubo germinativo (Romero et al., 2016).

### **3.11.3 Condiciones óptimas para el desarrollo de *T. harzianum***

Las especies de *Trichoderma* predominan en ecosistemas terrestres, bosques o suelos agrícolas, tienen bajo requerimiento nutrimental pero relativamente amplio rango de temperatura (25-30°C) para su crecimiento (Sandle, 2014).

El hongo antagonista *Trichoderma harzianum* es ampliamente reconocido como un potencial agente de control biológico contra varios patógenos de cultivos transmitidos por el suelo. *T. harzianum* genera una rica fuente de enzimas quitinolíticas que mantienen una actividad alta entre 15 a 20 °C y a rangos de pH que oscilan entre 7 a 7.5 (Asran et al., 2010).

## **3.12 Porcentaje de incidencia y severidad**

### **3.12.1 Incidencia**

Incidencia es el porcentaje o proporción de individuos enfermos en relación al total; se evalúa en cada individuo, la presencia o ausencia de enfermedad. No se determinan niveles de enfermedad. El uso de este parámetro en el cultivo es particularmente útil para estudiar la velocidad y patrón de avance de las enfermedades (Kugler, 2016).

### 3.12.2 Severidad

Severidad es el porcentaje de la superficie del órgano enfermo, afectado por la enfermedad y varía entre 0 y 100.

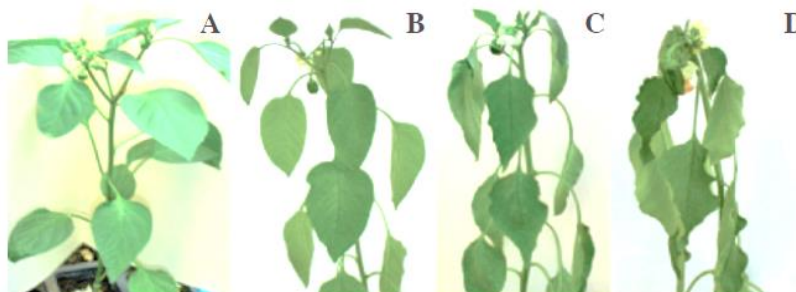
**Figura 2. Escala de severidad del ataque *P. capsici* en la raíz de plantas de pimiento.**



[A]: (12,5%) Lesión circular seca [B]: (25%) Necrosis ligera en la base de la raíz, lesión mayor 0,5 cm. [C]: (37,5%) Necrosis seca aprox. 1,5 cm, suberizadas, raíces adventicias [D]: (50%) Raíz que presenta lesiones con necrosis de 2cm [E]: (62,5%) Lesiones con necrosis de 2 cm, raíces que empiezan a desprenderse [F]: (75%) Lesiones con necrosis de 2 cm, se desprende gran cantidad de raíces [G]: (87,5%) Se desprende epidermis dejando tejido vascular, pérdida de 50% de raíces y [H]: (100%) Desprendimiento 80% raíces se expone tejido, pérdida de epidermis, raíces necróticas.

Fuente: (Uribe-Lorío et al., 2014) Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica (2012)

**Figura 3. Escala de severidad del ataque *P. capsici* en la parte aérea de plantas de pimiento *Capsicum annuum*.**



[A]: Planta sana. [B]: Planta con algunas hojas con pérdida de turgencia. [C]: Plantas con todas las hojas con pérdida de turgencia. [D]: Plantas con hojas marchitas.

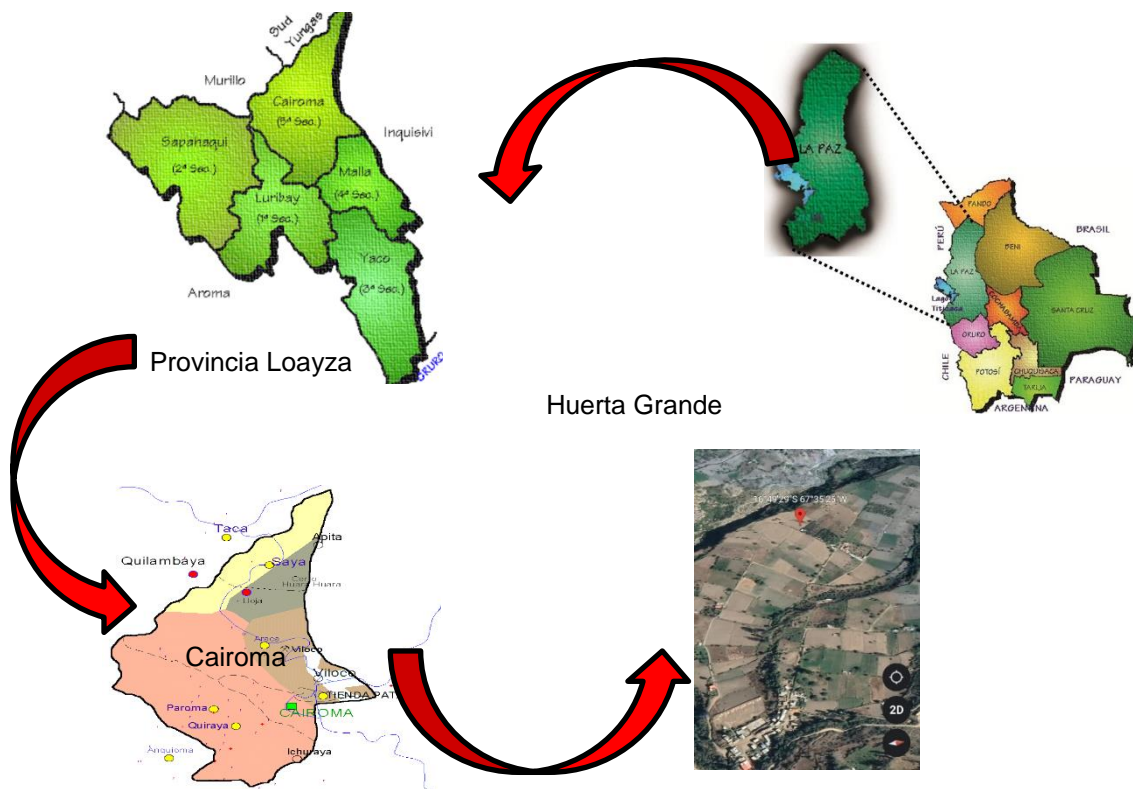
Fuente: (Uribe-Lorío et al., 2014)

## 4. Localización

### 4.1 Ubicación geográfica

La investigación realizada en la comunidad de Huerta Grande cuya jurisdicción corresponde al municipio de Cairoma de la provincia Loayza del departamento de La Paz, Bolivia. Las coordenadas geográficas son 16° 49' 29" de Latitud Sur y 67° 35' 25" de Longitud Oeste, a una altitud de 2 481 m.s.n.m. (ArcGIS, 2021)

**Figura 4. Ubicación geográfica**



Fuente: Elaboración propia.

## **4.2 Características edafoclimáticas**

### **4.2.1 Características climáticas**

Por su ubicación en la vertiente Suroriental de la Cordillera Oriental boliviana, el municipio presenta una extraordinaria variedad de pisos ecológicos.

Los datos climáticos de Cairoma en el piso ecológico Sub Trópico, la temperatura promedio alcanza 27 °C y en los valles cerrados oscila entre 12 y 17 °C la precipitación anual es monomodal con una media total de entre 383 a 415.9 mm, cuya humedad relativa media anual es de 52% (PTDI- Cairoma, 2020).

### **4.2.2 Características edáficas**

Los suelos del municipio están constituidos por un abanico de origen fluvio- glacial, cuyo suelo es el resultado de la edafización de materiales principalmente de cuarzos y lutitas provenientes de la cordillera Tres Cruces. Los suelos son profundos a muy profundos, franco arcilloso, a arcillosos, neutros a fuertemente alcalinos y pobres en nutrientes (PTDI- Cairoma, 2020).

## **4.3 Flora y fauna**

En cuanto a fauna silvestre tal como se menciona en el (PTDI- Cairoma, 2020).se mencionan las siguientes especies relevantes con el nombre común: K´ochichi, chiwancu, perdiz, picaflor, águila, loro, gato montés, zorro, liebre, zorrino y venado. Las floras silvestres relevantes del municipio son: el molle, eucalipto, algarrobo, sauce y tacamayo esto para árboles, y arbustos como la chillka, tui, sak´a, tico y ch´acataya.

## **5. Materiales y métodos**

### **5.1 Materiales**

#### **5.1.1 Material vegetal**

- Semillas de pimentón de variedad Capistrano mejorado
- Esporas de *T. harzianum*, obtenidas del laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Agronomía U.M.S.A.

### 5.1.2 Material de campo

- Sustrato de suelo virgen
- Picota
- Pala
- Nivel de agua
- Mangueras
- Flexómetro
- Vernier
- Malla anti aves
- Mochila fumigadora
- Baldes
- Embudos
- Colador
- Estacas
- Marbetes
- Pintura
- Cintas
- Sacañas
- Bolsas nylon
- Marcadores
- Tijera de podar

### **5.1.3 Material de gabinete**

- Bolígrafos
- Planillas
- Marbetes
- Computador
- Cámara fotográfica

### **5.1.4 Equipos**

- Balanza analítica
- Balanza quintalera

## **5.2 Métodos**

### **5.2.1 Procedimiento experimental**

El presente trabajo fue realizado en dos etapas; el almácigo y el establecimiento definitivo del cultivo.

Se procedió de acuerdo a las prácticas agrícolas de la comunidad en que la investigación fue realizada; con la única diferencia de la aplicación *T. harzianum*, como factor preventivo de la tristeza del pimiento.

#### **5.2.1.1 Etapa del almaciguero**

El trabajo de campo inició con la compra de semillas y preparación del almaciguero, se realizó un almaciguero rústico, esto para que el agricultor posteriormente pueda implementar la metodología propuesta sin tener grandes dificultades.

Este periodo fue de 55 días desde la siembra en platabandas hasta el día del trasplante comprendido entre los meses de agosto y octubre de 2021.

##### **a) Preparación de sustrato**

Se trasladó un sustrato virgen, (un suelo en que no se haya cultivado esta especie) que fue colocado sobre las platabandas en terreno ya delimitado; se procedió a

inocular el suelo con la solución de *T. harzianum* en concentraciones ya establecidas por cada tratamiento.

### **b) Inoculación con *T. harzianum***

Como testigo se implementó un almaciguero sin la aplicación de *T. harzianum*, esto para observar la diferencia en las variables a evaluar.

- T0: solo se aplicó riego con agua

Se preparó dos tipos de disolución en base a agua no clorada y *T. harzianum* en las siguientes dosis:

- T1: al 100% (10 g L<sup>-1</sup> del producto *Trichoderma harzianum* que corresponde a una concentración de 4,2x10<sup>8</sup> UFCg<sup>-1</sup> o 4,2x10<sup>8</sup> conidias mL<sup>-1</sup>)
- T2: al 130% (13 g L<sup>-1</sup> de *T. harzianum* o 5,46 x10<sup>8</sup> UFCg<sup>-1</sup>).

En cuanto al preparado de la disolución, el producto adquirido por el proveedor tuvo un peso inicial de 200 g en estado húmedo y 76 g cuando hubo perdido la totalidad de su humedad inicial.

El producto contenía las esporas de *Trichoderma* en un sustrato de arroz, luego de reajustar al peso total del producto para cada dosis de tratamiento y se los remojó en 2 litros de agua por 20 minutos, pasado ese periodo de tiempo se realizó el filtrado retirando de esa manera el arroz y el filtrado se aforó con el volumen de agua restante para los tratamientos correspondientes.

Cada Unidad Experimental tuvo un área de 0,18 m<sup>2</sup>, por la relación recomendada por el proveedor de 30 L por m<sup>2</sup> para saturar el suelo a capacidad de campo. Se aplicó 5,4 L de solución por Unidad Experimental, las soluciones fueron aplicadas con una manguera desde un balde para cada platabanda.

Se aplicó una segunda dosis (refuerzo a los 15 días) a la mitad de los porcentajes de concentración mencionados. Esto posterior a la siembra.

### **Siembra**

Posterior al tiempo de inoculado de las platabandas, se realizó la siembra (al voleo) de pimiento en el almaciguero.



También se aprovechó el colocado de identificadores para el conteo de plantas para la variable de porcentaje de emergencia.

Se procedió a cubrir las semillas con el sustrato previamente tamizado, posteriormente se procedió a colocar el cobertor de paja y nylon, esto para mantener la humedad y generar un microclima cálido y óptimo para la germinación y/o emergencia de las semillas.

#### **c) Riego**

El riego fue realizado tomando en cuenta el criterio agronómico de mantener las platabandas a capacidad de campo, aplicando un caudal mínimo por gravedad.

#### **d) Quitado del cobertor**

Se procedió a quitar el cobertor de nylon a los 10 días posterior a la siembra, y el cobertor de paja a los 15 días posterior a la siembra.

#### **e) Control de insectos, aves y roedores**

El área experimental fue cubierta con una malla red para contrarrestar el ingreso de aves y se pusieron trampas para roedores.

#### **f) Aplicación de Trichoderma a la parte aérea de las plántulas**

La última aplicación de *T. harzianum* en el almaciguero fue a los 30 días, a la parte aérea de las plántulas, también a una dosis del 50% de la concentración inicial, con un adherente orgánico.

### **5.2.1.2 Etapa del cultivo en terreno definitivo**

La investigación fue realizada de acuerdo a las siguientes labores culturales:

#### **a) Muestreo de suelo**

Se realizó para la tomar muestra para su posterior análisis en laboratorio de suelos y aguas LAFASA de la Facultad de Agronomía U.M.S.A. (Ver anexo)

#### **b) Delimitación del área experimental**

Previo a delimitarse el terreno se realizó el nivelado del terreno en el cual se procedió de la siguiente manera: 9 Unidades experimentales en 169 m<sup>2</sup> de terreno.

**c) Formación de surcos**

Los surcos fueron establecidos horizontalmente con líneas principales horizontales y líneas secundarias verticales a 0,30 m de distancia entre surcos, y 10 surcos por Unidad Experimental.

**d) Riego**

Se tuvo una frecuencia de riego en promedio cada 6 días, cabe mencionar que hubo días con insolación máxima en la zona y se tuvo que aplicar a los 4 días, en cuanto a los riegos pos trasplante y pos aporque se aplicó el riego al día siguiente, esto para prevenir daños por golpe de sol en el tallo de la planta. También mencionar que no se aplicó riego con la misma frecuencia en época lluviosa ya que la precipitación compensó la humedad del suelo.

**e) Trasplante**

El trasplante fue efectuado a los 55 días después de la siembra de semillas en el almaciguero, cuando las plántulas alcanzaron formar de 2 a 4 hojas verdaderas.

**f) Inoculación con *Trichoderma harzianum***

La primera fue efectuada al sumergir las raíces de las plántulas, extraídas del almaciguero en soluciones de *T. harzianum* al 100 y 130%, se preparó un volumen de 2 L para los respectivos tratamientos, en las concentraciones establecidas.

Posterior al trasplante y respectivo riego se aplicó soluciones de *T. harzianum* a una dosis de 100 y 130% respectivamente al suelo en el dosel de planta por aspersión con mochila fumigadora. El volumen requerido para cada Unidad Experimental fue de 2,8 L.

Uribe-Lorío et al., (2014) En la investigación que realizaron aplicaron el inóculo a las dos semanas después del trasplante.

En el presente trabajo investigativo se realizó una aplicación de refuerzo los 15 días posterior al trasplante.

Al observarse la incidencia de otras enfermedades fungosas en el área experimental a causa de las precipitaciones y humedad excesiva; se aplicó un refuerzo adicional en la etapa de fructificación.

**g) Refalle**

El primer refalle fue realizado a los 10 días después del trasplante y el segundo a los 25 días.

**h) Aporque**

El primer aporque fue efectuado a los nueve días pos trasplante, el segundo a los 32 días y el tercer y último aporque a los 80 días.

**i) Control de malezas**

Los aporques fueron también un medio para eliminar malezas.

Se hizo una eliminación manual de malezas a los 70 días, esto para facilitar el último aporque y evitar la competencia por nutrientes y espacio con el cultivo.

**j) Fertilización**

Fue aplicada en dos dosificaciones: La primera 706g por Unidad Experimental de (20-20-20) en la fase de crecimiento y la segunda dosificación 800g/Unidad Experimental de (18-46-0) en la etapa de floración.

**k) Monitoreo de plagas y enfermedades**

Se realizó un control constante de plagas y/o enfermedades en el cultivo para que no influyan en los resultados de la investigación.

**l) Identificación de muestras**

Se tomaron siete plantas por Unidad Experimental las cuales fueron muestreadas al azar en forma de "X" teniendo un total de 63 plantas en toda el área experimental y 21 plantas por bloque.

**m) Cosecha**

La primera cosecha fue realizada a los 173 días tomando en cuenta desde la siembra en platabandas de almaciguero hasta que los frutos alcanzaron plena maduración.

Si se toma en cuenta desde el trasplante hasta la primera cosecha hubieron transcurrido 118 días; teniendo un periodo de cosecha de 35 días comprendidos entre los meses de febrero y marzo de 2022.

#### **n) Pos cosecha**

Se procedió a la selección de frutos sanos y sin daño, luego al pesado de los frutos. Para la comercialización se consideró 54 lb por sacaña y 108 libras el par de sacañas haciendo 1 qq para la venta.

### **5.2.2 Diseño de estudio**

Se realizó un tipo de investigación cuantitativa experimental explicativa y exploratorio, donde se utilizó recolección de datos para obtener hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías (Hernández y Baptista, 2014).

#### **5.2.2.1 Modelo estadístico**

##### **5.2.2.1.1 Para el almácigo**

Se aplicó el diseño de un modelo lineal aditivo (DCA) con tres tratamientos y cuatro repeticiones.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, r$$

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta de la  $ij$  - ésima unidad experimental

$\mu$  = Media general de la variable de respuesta

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento (dosis de *T. harzianum*) en la variable dependiente

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental

Tratamientos: Dosis de *T. harzianum*

T0: Testigo

T1: 100% (10 g L<sup>-1</sup> del producto *Trichoderma harzianum* que corresponde a una concentración de 4,2x10<sup>8</sup> UFCg<sup>-1</sup> o 4,2x10<sup>8</sup> conidias mL<sup>-1</sup>)

T2: 130% (13 g L<sup>-1</sup> de *T. harzianum* o 5,46 x10<sup>8</sup> UFCg<sup>-1</sup>).

#### 5.2.2.1.2 Para el cultivo en terreno definitivo

Se empleará un diseño de bloques al azar (DBA) con tres tratamientos y tres repeticiones.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

$$i = 1, \dots, t$$

$$j = 1, \dots, b$$

$\mu$  = media general

$T_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$\beta_j$  = efecto del  $j$ -ésimo bloque

$\epsilon_{ij}$  = error experimental del tratamiento  $i$  en el bloque  $j$  (gradiente de terreno)

$\epsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$

*Tratamiento:* Dosis de *T. harzianum* (los mismos tratamientos que en el almácigo)

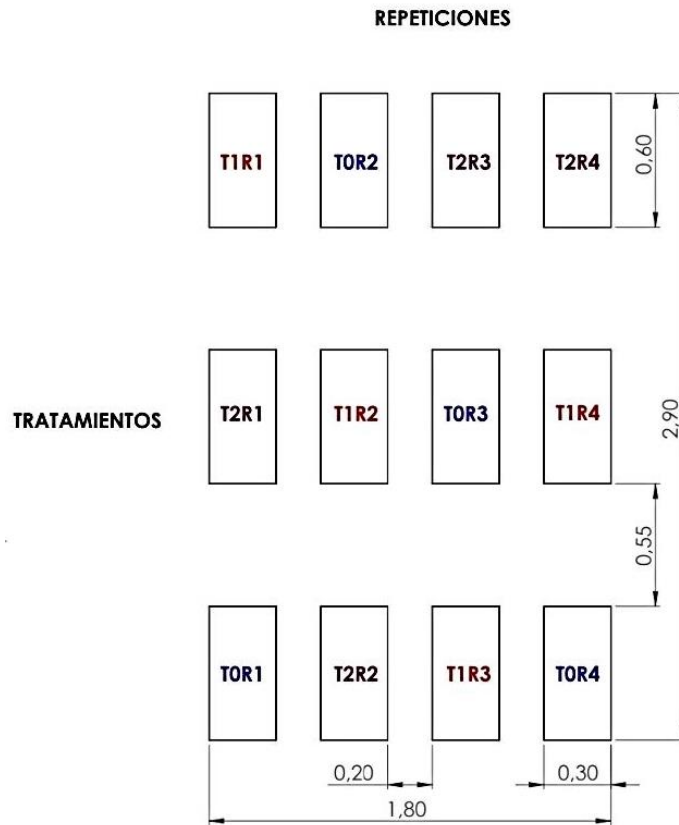
*Bloques:* Gradiente del terreno

### 5.2.3 Croquis experimental

#### 5.2.3.1 Para el almaciguero

La almaciguera será establecida según al siguiente plano, cada unidad experimental (UE) tendrá un área equivalente a 0,18 m<sup>2</sup> y una dimensión total del área experimental de 5,22 m<sup>2</sup>.

**Cuadro 5. Croquis de establecimiento de almácigo (m)**

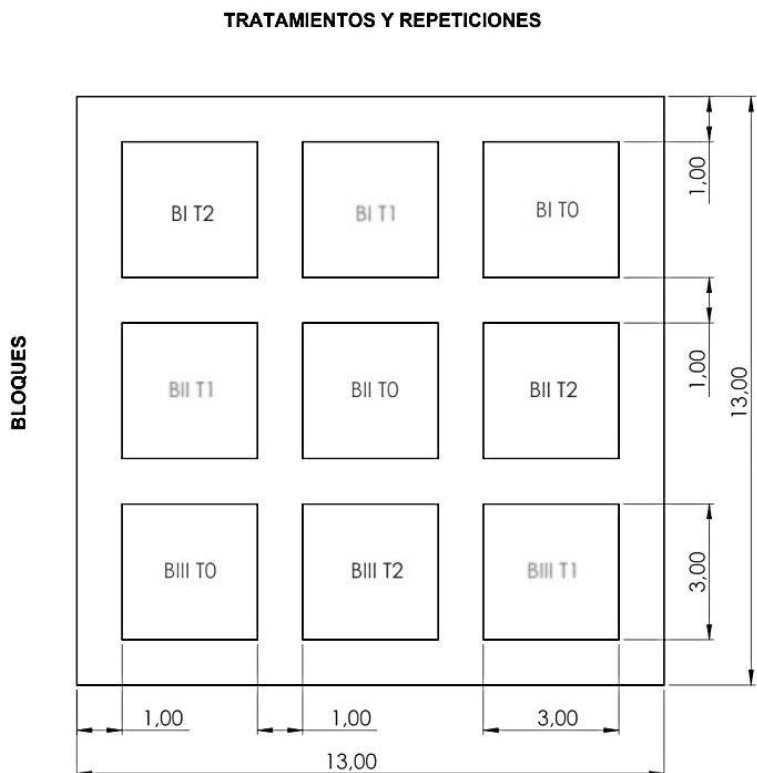


Fuente: Elaboración propia

### **Para el cultivo en terreno definitivo**

El cultivo fue establecido bajo el siguiente croquis; el área de cada Unidad Experimental fue de 9 m<sup>2</sup>, y una dimensión de 169 m<sup>2</sup> de terreno para la realización de la investigación.

## Cuadro 6. Croquis de establecimiento en terreno definitivo (m)



Fuente: Elaboración propia

### 5.2.4 Variables de respuesta

#### 5.2.4.1 Variables de comportamiento agronómico

##### a) Porcentaje de emergencia

Esta variable se determinó mediante observación directa, tomando en cuenta el número de plantas emergidas y el número total de semillas sembradas dentro del área muestreada (dato que fue registrado en el momento de la siembra); el registro de datos fue realizado a los 20 días posterior a la siembra. Cuando el 80% a 100% de plantas emergieron del sustrato.

##### b) Altura de plántulas de almácigo

La medición fue realizada el día que se efectuó el trasplante a los 55 días después de la siembra en el almaciguero. Se tomó en cuenta desde el cuello hasta el meristemo apical.

### **c) Número de hojas hasta el trasplante**

Medidas por observación directa a los 55 días, solo se registró las hojas verdaderas.

### **d) Porcentaje de sobrevivencia en el trasplante**

Para esta variable, los datos se tomaron a los 30 días después del trasplante, contabilizando las plantas que lograron sobrevivir en el campo definitivo, tomando en cuenta dos refallos que se realizaron anteriormente en las unidades experimentales.

### **e) Porcentaje de mortalidad hasta el primer aporque**

El primer aporque fue realizado a los 10 días posterior al trasplante, fue el día en que registró las plantas que no sobrevivieron, la medición fue realizada por conteo en base a observación directa en las Unidades Experimentales.

### **f) Número de hojas hasta la fructificación**

Medición que fue realizado a los 77 días pos trasplante, solo se tomaron en cuenta las hojas verdaderas formadas hasta ese momento. Por conteo individual a cada planta.

### **g) Altura de planta**

Para la altura de planta se registraron los datos a los 118 días, día anterior a la cosecha, donde las plantas llegaron a su máximo desarrollo vegetativo; fue medido con un flexómetro desde el cuello de la planta hasta el ápice vegetativo más alto.

### **h) Número de flores**

Se registró por observación y conteo individual a las plantas muestreadas durante la etapa de floración, fase en que el 80 % de las plantas en las unidades experimentales llegan a dicha etapa. No se tomó en cuenta botones florales en formación.

### **i) Porcentaje de incidencia**

Los datos fueron registrados en base al número de plantas enfermas en cada Unidad Experimental que luego se procedió a extraerlas del área cultivada, la medición fue realizada con una frecuencia de 10 días desde la etapa de floración hasta la cosecha.



Quispe et al., (2022) mencionan que una vez que el patógeno ingresa a la planta sea a través de heridas o aberturas naturales, los síntomas aparecen a los 5 o 7 días después de la infección.

#### **j) Porcentaje de severidad**

Esta variable fue medida en base al número de plantas enfermas extraídas de las Unidades Experimentales, que posterior a dicho procedimiento se las valoró en base a tablas con rangos de porcentaje (%) de daño, es decir cuán enferma estaba la planta. Se evaluó el porcentaje (%) de severidad en raíz como también en follaje asignándole un valor.

#### **5.2.4.2 Variables de Rendimiento**

Dichas variables fueron medidas desde la primera cosecha, hasta su finalización es decir desde el día 119 hasta el día 154 pos trasplante.

##### **a) Número de frutos**

Para esta variable se cuantifico el número de frutos que llegaron a la madurez comercial y fueron recolectados manualmente en bolsas nylón previamente remarcadas, como número de muestras se tuvo 7 plantas por unidad experimental y fueron tomadas en cuenta los frutos sanos como también los que presentaron cierto tipo de daño.

##### **b) Rendimiento**

Se efectuó la sumatoria de peso de los frutos por tratamiento en función a la superficie de cultivo.

##### **c) Peso de frutos**

Este parámetro fue registrado de cada cosecha realizada, para saber la cantidad producida en kg por tratamiento.

##### **d) Rentabilidad**

Para la evaluación económica se consideró el ingreso neto y la relación beneficio/costo de la producción con el propósito de estimar los beneficios y costos que generó la

implantación del presente trabajo investigativo, ya que el mismo está enfocado a la rentabilidad del cultivo.

- Ingreso bruto (IB)

Para obtener el ingreso bruto se realiza el producto del rendimiento ajustado por el precio en el mercado.

$$\mathbf{IB = R * P}$$

Dónde:

R = Rendimiento ajustado (kg/ha)

P = Precio al mercado (Bs/kg)

- Ingreso Neto (IN) Para obtener el ingreso neto se realiza la diferencia del ingreso bruto menos el costo de producción.

$$\mathbf{IN = IB - C}$$

Dónde: IB = Ingreso bruto (Bs/ha)

C = Costo de producción (Bs/ha)

- Beneficio – Costo Para obtener el beneficio costo se realiza la división del ingreso bruto dividido al costo de producción.

$$\mathbf{B/C = IB/C}$$

Dónde: IB = Ingreso bruto (Bs/ha)

C = Costo de producción (Bs/ha)

Tomando en cuenta el siguiente parámetro para su interpretación:

Beneficio costo:

B/C < 1 No rentable

B/C = 1 Indiferente

B/C > 1 Rentable

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 6.1 Variables de comportamiento fenológico

#### 6.1.1 Porcentaje de emergencia

El cuadro 7 de análisis de varianza arroja un *p* valor  $0,0065 < 0,05$  para tratamientos; un resultado significativo, que indica que el porcentaje de emergencia de plántulas de pimiento es diferente en los tres tratamientos, cuando se aplica *Trichoderma harzianum* en las platabandas de almaciguero.

**Cuadro 7. Análisis de varianza de Porcentaje de emergencia (%)**

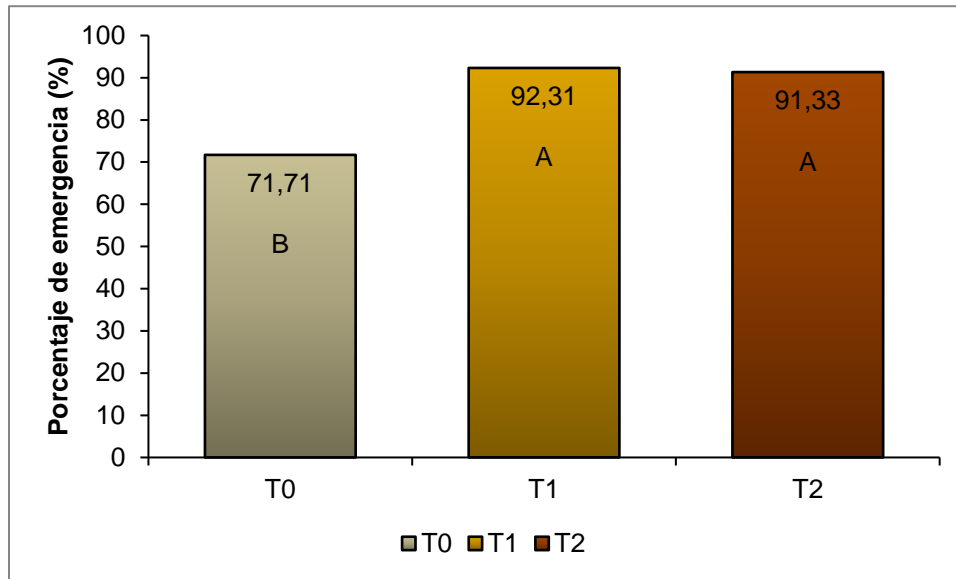
Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft ( $\alpha=5\%$ )	
Tratamiento	2	1080,62	540,31	9,29	0,0065	*
Error	9	523,41	58,16			
Total	11	1604,03				

CV=8,96

Se tiene un coeficiente de variabilidad de CV = 8,96% esta cifra indica que hubo un buen manejo de las Unidades Experimentales ya que es menor al 25% que es aceptable en condiciones de cultivo a campo abierto.

Al realizar la comparación de medias por el test de Duncan ( $\alpha=5\%$ ), se observa que hubo diferencia en el porcentaje de emergencia al aplicar diferentes dosis de *T. harzianum*, siendo el T1 con mayor porcentaje de emergencia de plántulas 92,31, seguido del tratamiento T2 con 91,33 % y el tratamiento T0 con un 71,71 % de emergencia.

**Figura 5. Porcentaje de emergencia de plántulas en almaciguero**



Según (FAO, 2011) el porcentaje de germinación y emergencia está condicionada principalmente por cuatro factores tales como: Sustrato adecuado, humedad, temperatura favorable de 20 a 30 °C y suficiente oxígeno.

Mientras que (Chacón & Yvanosky, 2022) mencionan que emplear *T. harzianum* en diferentes dosis a nivel de almácigo han permitido determinar el incremento del sistema radicular, además estimula la germinación de las semillas y favorece el crecimiento de las nuevas plántulas.

Cabe mencionar entonces que las condiciones ambientales fueron favorables para la emergencia de plántulas y por otro lado *Trichoderma* estimuló la germinación en el almaciguero, a ello se deben los resultados obtenidos.

### **6.1.2 Altura de plántulas de almácigo**

El cuadro 8 en el análisis de varianza *p* valor  $0,8600 > 0,05$  para tratamientos indica un resultado no significativo para la variable altura de planta (cm), es decir que el crecimiento de plántulas fue homogéneo en el almaciguero para los tres tratamientos.

### Cuadro 8. Análisis de varianza altura de plántulas (cm)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft ( $\alpha=5\%$ )	
Tratamiento	2	0,74	0,37	0,15	0,8600	NS
Error	9	21,79	2,42			
Total	11	22,53				

CV=15,38

Un coeficiente de variación (CV) 15,38% indica que en los resultados experimentales existe una variabilidad aceptable, es decir que el grado de dispersión de las observaciones realizadas en campo, en torno a las medias presentan poco grado de dispersión de las observaciones. Hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

Savando et al., (2017) afirma que el mecanismo fitoestimulante de *Trichoderma* implica la múltiple comunicación con el sistema radicular y de brotes, liberación de auxinas dentro de la rizósfera, pequeños péptidos, metabolitos volátiles y otros activos, que promueven la ramificación de la raíz y la capacidad de absorción de nutrientes. De esta manera se ve impulsando el crecimiento de la planta.

Mientras que (Cervantes & Herrera, 2016) evaluaron el efecto de la incorporación de 8 diferentes enmiendas orgánicas en pimiento páprika (*Capsicum annuum*) en el cual los parámetros de crecimiento de la planta que se vieron favorecidos entre los que se menciona el peso fresco de parte aérea y volumen de raíz, solo que su acción es de lenta asimilación.

Entonces, las enmiendas orgánicas tienen la bondad de estimular el crecimiento de plántulas. Solo que su acción requiere tiempo y no mostrarán diferencia en la etapa del almácigo.

#### 6.1.3 Número de hojas hasta el trasplante

El cuadro 9 presenta un *p* valor  $0,9358 > 0,05$  para tratamientos indica un resultado no significativo (NS) para la variable número de hojas hasta el trasplante, es decir que el número de hojas en las plántulas de almácigo fue homogéneo para los tratamientos (T0, T1 y T2), la aplicación de *T. harzianum* a los tratamientos T1 y T2 no demuestra

diferencia estadística al compararse con T0 en el que no se aplicó ninguna dosis de *T. harzianum*.

### Cuadro 9. Análisis de varianza para número de hojas hasta el trasplante

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft ( $\alpha=5\%$ )	
Tratamiento	2	0,03	0,01	0,07	0,9358	NS
Error	9	1,71	0,19			
Total	11	1,74				

CV=14,20

Un coeficiente de variación (CV) 14,20 % esta cifra indica que hubo un buen manejo de las Unidades Experimentales (UE) ya que es menor al 25% que es aceptable en situaciones de cultivo a campo abierto.

Vidal, (2017) estimó los requerimientos térmicos para eventos fenológicos importantes capaces de evidenciar el término de las fases del cultivo. Determinó que para la aparición de las primeras 5 hojas verdes expandidas del pimiento, es decir para establecer el momento del trasplante, es necesario un Tiempo Térmico Acumulado (TTA) de  $958 \pm 96^{\circ}\text{C día}$ .

Es decir que para la aparición o no de las primeras hojas verdaderas en el almácigo de pimiento, los factores que influyen son la absorción de nutrientes que aceleran la fotosíntesis tales como Nitrógeno y Magnesio además del requerimiento térmico; las condiciones fitosanitarias, humedad y otras plagas serían factores complementarios (Vidal, 2017).

Este autor señala que, para el desarrollo vegetativo en la etapa inicial, simplemente se requiere condiciones edafoclimáticas favorables; en especial las horas de calor acumuladas y no así la incorporación de enmiendas orgánicas.

En el monitoreo constante se observó la presencia de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en esta etapa fenológica, dicha plaga es de rápida proliferación y para que no influyese en las variables tomadas en cuenta en esa fase, se aplicó un insecticida de etiqueta azul "HOOK" en una dosis baja de 15g/20L.

#### 6.1.4 Porcentaje de sobrevivencia en el trasplante

El cuadro 10 presenta un *p* valor  $0,4827 > 0,05$  para tratamientos, es un resultado no significativo (NS) para la variable de porcentaje de sobrevivencia, es decir que los tres tratamientos (T0, T1 y T2), presentaron el mismo porcentaje de sobrevivencia al trasplante.

**Cuadro 10. Análisis de varianza Porcentaje de sobrevivencia (%)**

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft ( $\alpha=5\%$ )	
Bloque	2	23,87	11,93	2,46	0,2006	NS
Tratamiento	2	8,51	4,25	0,88	0,4827	NS
Error	4	19,36	4,84			
Total	8	51,74				

CV=2,29

En cuanto a bloques un *p* valor de  $0,2006 > 0,05$  demuestra que el gradiente del terreno no resultó ser un factor determinante para esta variable.

El coeficiente de variación (CV) con un valor de 2,29 % indica que en los resultados experimentales existe una variabilidad aceptable, es decir que el grado de dispersión de las observaciones realizadas en campo en torno a las medias presentan poco grado de dispersión de las observaciones. Y un buen manejo de las unidades experimentales.

Según Ortuño et al., (2013) *Trichoderma* ha logrado reducir los efectos causados por condiciones de estrés ambiental, y frente a patógenos como *Rhizoctonia solani* y *Fusarium* sp. comunes en cultivos agrícolas.

Productos a base de *Trichoderma* han sido particularmente exitosos debido a su acción biofertilizante o bioestimulante, aparte de tener la capacidad de controlar algunos fitopatógenos, especialmente patógenos habitantes del suelo. Aplicado directamente al suelo, como un tratamiento de semillas o mediante pulverización foliar, pueden reducir el nivel de inóculo de patógenos o la severidad de enfermedades (Savando et al., 2017).

La sobrevivencia al trasplante es una etapa crucial para las plántulas ya que es un

cambio brusco de hábitat, de condiciones edáficas y ambientales completamente diferentes a los que estuvieron sometidos hasta el momento, la planta tiene capacidad de regenerarse por sí misma debido a la cualidad de sus células meristemáticas presentes en la zona radicular. A pesar de que *T. harzianum* es un bioestimulante vegetal, la sobrevivencia al trasplante se atribuye más a la cualidad fisiológica de la planta.

También mencionar que hubo otros factores abióticos que influyeron en la sobrevivencia al trasplante como el golpe de sol, condiciones edáficas diferentes y la presencia de larvas que atacaron al cuello de la plántula.

Se tuvo la presencia de crisómelidos (*Diabrotica speciosa*) en la etapa de establecimiento del cultivo, el ataque iba incrementando de un rango moderado a severo para lo cual se tuvo que aplicar SPARTACO un insecticida de etiqueta azul a una dosis de 20g para una mochila de 20L; la presencia de dicha plaga fue homogéneo en todas las unidades experimentales y no influyó significativamente en las variables de estudio de esa etapa fenológica.

### 6.1.5 Porcentaje de mortalidad hasta el primer aporque

Al observar el cuadro 11 los resultados arrojan un p valor de 0,0036 <0,05, el cual indica un resultado significativo para tratamientos.

Para bloques un p valor de 0,5800 > 0,05, el cual indica un resultado no significativo.

**Cuadro 11. Análisis de la varianza para el porcentaje de mortalidad (%)**

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft ( $\alpha=5\%$ )	
Bloque	2	0,42	0,21	0,63	0,5800	NS
Tratamiento	2	20,96	10,48	31,20	0,0036	*
Error	4	1,34	0,34			
Total	8	22,72				

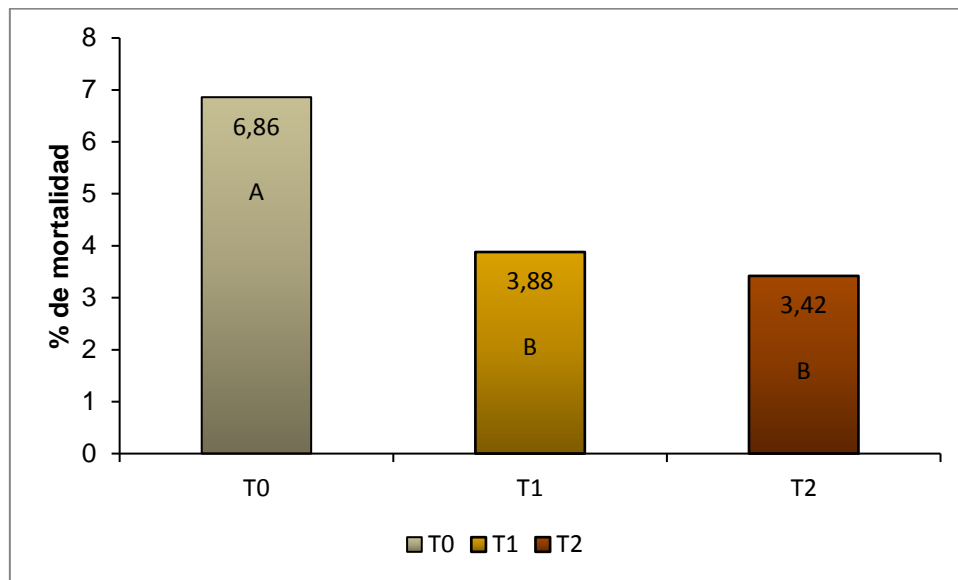
CV=12,28

Un coeficiente de variabilidad de 12,28% indica que hubo buen manejo de las unidades experimentales, ya que se encuentra en el rango aceptable en condiciones de cultivo a campo abierto.



Al realizar la comparación de medias por el test de Duncan ( $\alpha=5\%$ ), se observa que hubo diferencia en el porcentaje de mortalidad, debido a que *T. harzianum* produce enzimas que descomponen las estructuras celulares del fitopatógeno, plantas inoculadas con *T. harzianum* correspondientes a los tratamientos T1 y T2 con cifras de 3,88 y 3,42% respectivamente presentan menor porcentaje de mortalidad en comparación a T0 con 6,86 % tratamiento en que no se aplicó dosis alguna de *T. harzianum*.

**Figura 6. Porcentaje de mortalidad (%)**



Fuente: Elaboración propia

Quispe et al., (2022) afirma que *Trichoderma* produce una gran variedad de enzimas, como quitinasas y glucanasas que pueden romper la pared celular de fitopatógenos, e inducir mecanismos de defensa en plantas, enzimas como las proteasas, pueden inactivar y descomponer enzimas hidrolíticas producidas por *P. capsici*.

Es decir que el porcentaje de mortalidad de las plántulas posterior al trasplante es influenciado por la presencia de hongos fitopatógenos presentes en el suelo, a lo que *T. harzianum* contrarrestó brindándole mecanismos de defensa. De esa manera se observa resultados positivos en cuanto a esta variable.

*Trichoderma* puede inducir respuestas de defensa en raíces cuando fitopatógenos penetran su región rizodérmica, aumentando la actividad enzimática, así como la

deposición de calosa en sus paredes celulares brindando protección a plantas contra la infección por *P. capsici*, mediante el aumento de la actividad de quitinasa, peroxidasa, fenilalanina amonio liasa, polifenol oxidasa,  $\beta$ -1,3-glucanasa y del contenido de fenoles (Quispe et al., 2022).

La actividad enzimática de *Trichoderma* a nivel celular pudo contrarrestar a *P. capsici* logrando la destrucción celular del patógeno a través de los compuestos bioquímicos producidos dentro del parásito.

### 6.1.6 Número de hojas hasta la fructificación.

El cuadro 12 presenta un *p* valor  $0,1554 > 0,05$  para tratamientos, es un resultado no significativo (NS) para la variable de número de hojas hasta la fructificación, es decir que los tres tratamientos (T0, T1 y T2), presentaron el mismo promedio de número de hojas.

En cuanto a bloques un *p* valor de  $0,1718 > 0,05$  indica un resultado no significativo, muestra que el gradiente de terreno no fue determinante para esta variable, ya que los datos en los tres bloques son homogéneos.

**Cuadro 12. Análisis de varianza Número de hojas hasta la fructificación**

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft ( $\alpha=5\%$ )	
Bloque	2	296,98	148,49	2,83	0,1718	NS
Tratamiento	2	323	161,5	3,07	0,1554	NS
Error	4	210,2	52,55			
Total	8	830,18				

CV = 6,34

Un coeficiente de variación (CV) de 6,34 % indica que en los resultados son confiables y que hubo buen manejo de unidades experimentales.

Villca, (2008) determinó que la endomicorriza *Glomus sp* coloniza el tejido radicular del pimiento en un 39,6 a 66,3 % al aplicarse 0, 400, 600, 800 y 1000 Propágulos infectivos, y que generan una respuesta agronómica variada respecto al volumen radicular, altura de la planta, biomasa foliar, número, tamaño y peso seco de los frutos en las plantas de páprika y por ende un incremento en la producción.

Por ejemplo, las endomicorrizas realizan un proceso de simbiosis con la planta en el sistema radicular, proceso que ayuda en la asimilación de nutrientes el cual resulta en un aumento de biomasa foliar. *Trichoderma* tiene un proceso fisiológico diferente a *Glomus sp.* Es por ello que la aplicación o no de *Trichoderma* a los diferentes tratamientos resultó ser indiferente.

Vidal, (2017) indica que un factor determinante para formar el 40% de las hojas de la planta de pimiento, se requiere una acumulación térmica de  $1566 \pm 157^{\circ}\text{C}$  día para la formación de la estructura foliar de la planta. Entonces para la aparición de una hoja fueron necesarios  $9^{\circ}\text{C}$  día.

Este autor hace énfasis en las condiciones ambientales favorables para el cultivo, en este caso dichos factores fueron homogéneos para los tres tratamientos, como también los resultados fueron similares.

### 6.1.7 Altura de planta

El cuadro 13 presenta un *p* valor  $0,0406 < 0,05$  para tratamientos, es un resultado significativo (\*) para la variable de altura de planta, es decir que al menos uno de los tratamientos es diferente cuando se comparan los promedios al aplicarse diferentes dosis de *T. harzianum*.

Para bloques un *p* valor de  $0,5182 > 0,05$  el cual indica un resultado no significativo.

**Cuadro 13. Análisis de varianza Altura de planta (cm)**

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft ( $\alpha=5\%$ )	
Bloque	2	4,09	2,05	0,78	0,5182	NS
Tratamiento	2	41,67	20,84	7,92	0,0406	*
Error	4	10,52	2,63			
Total	8	56,29				

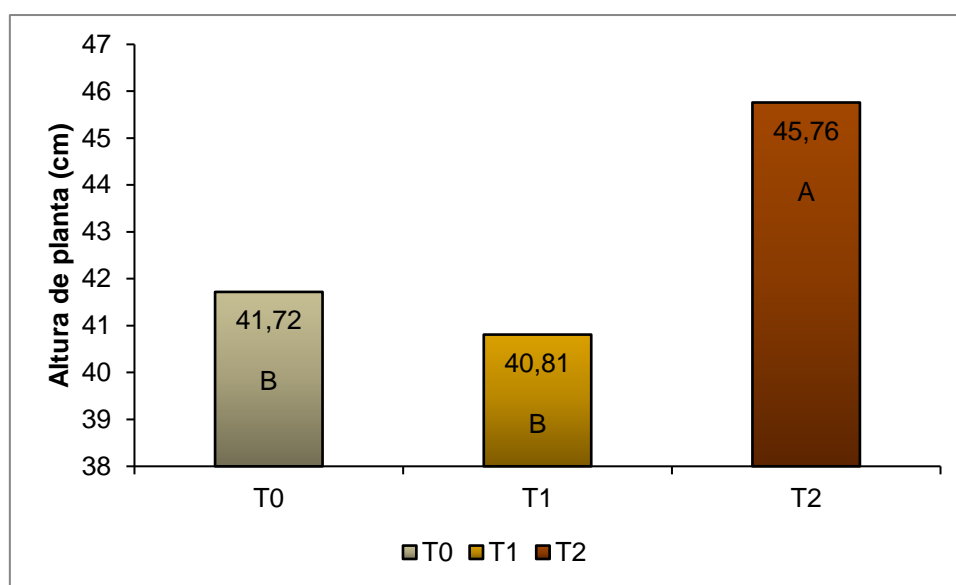
CV = 3,79

Un coeficiente de variación (CV) con un valor de 3,79 % indica que en los resultados experimentales son confiables y se tuvo un buen manejo de las Unidades Experimentales (UE).

De acuerdo a la comparación de medias por el test de Duncan ( $\alpha=5\%$ ), como se

observa en la figura 4, el tratamiento (T2) con la aplicación de *T. harzianum* al 130%, equivalente a una dosis de  $13\text{gL}^{-1}$  presentó mayor altura de planta con un promedio de 45,76 cm en comparación a los tratamientos (T1) 40,81cm con la aplicación de *T. harzianum* 100% ( $10\text{gL}^{-1}$ ) y (T0) 41,72cm 0% respectivamente.

**Figura 7. Altura de planta (cm)**



Fuente: Elaboración propia

Jun et al., (2021) mencionan que los *Trichoderma* son hongos ampliamente utilizados como promotores del crecimiento vegetal, en combinación con fertilizantes orgánicos. También (Ezziyyani et al., 2004) demostraron que semillas de pimiento inoculadas con *T. harzianum* en un medio PDB en ensayos in vivo tuvieron un peso seco superior, además de tener un crecimiento radicular mayor en comparación a las plantas no tratadas.

Esto indica que *T. harzianum* es un promotor de crecimiento vegetal. Mientras que (Ortuño et al., 2013) menciona que *Trichoderma* produce metabolitos secundarios, entre ellos se encuentra el ácido-3-indolacético (AIA) una hormona inductora del crecimiento.

Entonces el incremento de altura de planta a mayor aplicación de *T. harzianum* se debe a que este hongo benéfico produce Ácido indol-3-acético (AIA) cuya función fisiológica es el alargamiento y división celular, diferenciación de tejido, fototropismo,

gravitropismo y en respuestas defensivas, destacando un importante rol en la formación de xilema y la raíz; por lo cual está involucrado en el crecimiento de las plantas.

Así mismo, la mayoría de las especies de *Trichoderma* producen la enzima 1-aminociclopropano-1-carboxilato (ACC) desaminasa, el cual es un mecanismo utilizado por algunos microorganismos para promover el crecimiento de plantas influenciadas por el estrés ambiental, trayendo ventajas importantes como la disminución de concentraciones de etileno en la planta y el incremento de la disponibilidad de amonio en la rizósfera (Quispe et al., 2022).

Puesto que *T. harzianum* promueve la producción de fitohormonas, también facilita la disponibilidad de nutrientes para el metabolismo de la planta, influyendo de este modo el incremento de altura en las plantas.

### 6.1.8 Número de flores

El cuadro 14 presenta un *p* valor  $0,5877 > 0,05$  para tratamientos, un resultado no significativo (NS) para la variable de número de flores, es decir que los tres tratamientos (T0, T1 y T2), presentaron similar cantidad de flores en las plantas.

En cuanto a bloques, *p* valor  $0,5016 > 0,05$  el resultado no significativo, muestra que el gradiente de terreno no fue determinante para esta variable, ya que los datos en los tres bloques son homogéneos.

**Cuadro 14. Análisis de varianza para número de flores**

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft ( $\alpha=5\%$ )	
Bloque	2	1,44	0,72	0,82	0,5016	NS
Tratamiento	2	1,06	0,53	0,61	0,5877	NS
Error	4	3,49	0,87			
Total	8	5,99				

CV = 16,64

El coeficiente de variación (CV) con un valor de 16,64 % indica que hubo un buen manejo de las unidades experimentales, se encuentra en el rango aceptable para condiciones de cultivo a campo abierto y que los resultados son confiables

Vidal, (2017) menciona que, para la aparición de la primera flor en el cultivo de pimiento, el TTA estimado es de  $1169 \pm 117^{\circ}\text{C}$  día. Asimismo, como un valor promedio, se requieren  $30^{\circ}\text{C}$  día para formar una flor. Este autor hace referencia que un factor de suma importancia para la formación de flores, son las condiciones de temperatura ambiental.

Reche (2010) como se citó en Figueredo (2021) menciona que la temperatura óptima para la germinación del polen esta entre  $20$  y  $25^{\circ}\text{C}$  en dicha temperatura el polen permanece viable durante un par de días, la maduración del polen se da por la absorción de agua por su protoplasma.

Entonces otro factor determinante para el número de flores es la disponibilidad de humedad en el suelo, más las condiciones óptimas de temperatura ambiental.

Cuando las temperaturas diurnas superan los  $35^{\circ}\text{C}$  durante la floración se produce caída de flores, lo cual, sumado a baja humedad, reduce la viabilidad del polen y la fecundación. Por otra parte, bajas temperaturas durante el desarrollo del botón floral (entre  $15$  y  $10^{\circ}\text{C}$ ) da lugar a la formación de flores con anomalías (Álvarez & Pino, 2018).

Dado que la temperatura ambiental fue similar para todos los tratamientos, se justifica un resultado no significativo ya que todas las plantas se encontraban en la misma zona de cultivo.

De acuerdo al monitoreo constante se observó la presencia de pulgones (*Myzus persicae*) en la etapa de floración en grado leve a moderado y que tampoco influyó en esta variable.

## **6.2 Variables respecto al comportamiento del patógeno**

### **6.2.1 Porcentaje de incidencia**

Al observar el cuadro 15 los resultados arrojan un p valor de  $0,0023 < 0,05$  para tratamientos, que indica un resultado significativo; es decir que al menos uno de los tratamientos es diferente cuando se analiza la variable (%) de incidencia al aplicarse diferentes dosis de *T. harzianum*.

Un resultado significativo para bloques con un p valor de 0,0031 <0,05 indica que el gradiente de terreno fue un factor de influencia para esta variable.

**Cuadro 15. Análisis de varianza porcentaje de Incidencia (%)**

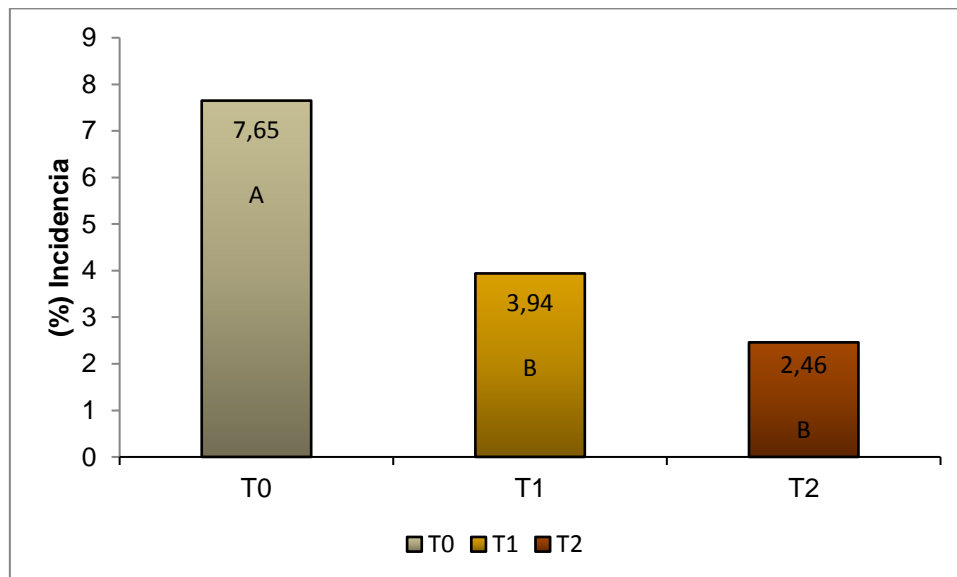
Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft ( $\alpha=5\%$ )	
Bloque	2	36,36	18,18	33,7	0,0031	*
Tratamiento	2	42,86	21,43	39,73	0,0023	*
Error	4	2,16	0,54			
Total	8	81,38				

CV = 15,68

El coeficiente de variabilidad de 15,68% indica que hubo buen manejo de las unidades experimentales, y que los datos son confiables.

Los promedios observados en la figura 4, según el test de Duncan ( $\alpha=5\%$ ), el T0 supera a los tratamientos con un promedio de 7,65% T1 con 3,9% y T2 2,46%. Es decir que la aplicación de *T. harzianum* fue favorable para el cultivo de pimiento, al demostrar menor incidencia de *P. capsici* en los tratamientos en que se aplicaron *Trichoderma*.

**Figura 8. Porcentaje de Incidencia (%)**



Fuente: Elaboración propia

Chacón & Yvanosky, (2022) afirman que *T. harzianum* origina cambios estructurales a nivel celular, tales como vacuolización, granulación, desintegración del citoplasma y lisis celular, sobre los organismos controlados; comprobando que aplicaciones de *Trichoderma* previene y controla patógenos como *Fusarium*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Sclerotium*.

Mientras que (Huallanca & Giraldo, 2014) muestran en sus resultados que luego de tratar *Phytophthora capsici* con fungicidas, fertilizantes y biocontroladores mencionan que el fungicida Metalaxyl + Mancozeb previno totalmente la aparición de pudriciones de cuello y raíces en pimientos causada por *P. capsici*, mientras que el Fosfonato de potasio, el Sulfato de cobre, *T. viride*, *T. harzianum* y *B. subtilis*, no fueron efectivos para prevenir la pudrición de las raíces causada por *P. capsici* en pimientos.

Quispe et al., (2022) proponen que *Trichoderma* puede llegar a controlar eficazmente el fitopatógeno junto a otros microorganismos benéficos tales como los *Bacillus*, que pueden producir sustancias antimicrobianas. Por su parte, *Pseudomonas* produce el antibiótico G26A, y *Streptomyces* induce los genes ACCO que sintetiza la enzima ACC oxidasa.

Respecto a lo que estos autores mencionan, en la presente investigación tampoco se pudo observar la total desaparición del patógeno; sin embargo, los fungicidas convencionales reducen también los hongos antagónicos y microorganismos benéficos presentes en el suelo.

La acción de *Trichoderma* como hiperparásito competitivo se sustenta en la producción de metabolitos antifúngicos y enzimas hidrolíticas. Entonces la aplicación de *T. harzianum* tuvo un efecto positivo en cuanto a la variable porcentaje de incidencia.

### **6.2.2 Porcentaje de severidad en raíz**

En el cuadro 16 se verifican los resultados p valor de  $0,0069 < 0,05$  el cual es un resultado significativo para tratamientos, es decir que al menos el promedio de uno de los tratamientos es diferente en el porcentaje de severidad en raíz cuando se aplican diferentes dosis de *T. harzianum* al cultivo de pimiento.



En cuanto a bloques el resultado del análisis de varianza arroja un p valor de 0,0221 < 0,05 siendo un resultado significativo, mostrando que el gradiente de terreno fue un factor de influencia para la variable de porcentaje de severidad en raíz de pimiento

**Cuadro 16. Análisis de la varianza (%) de severidad en raíz**

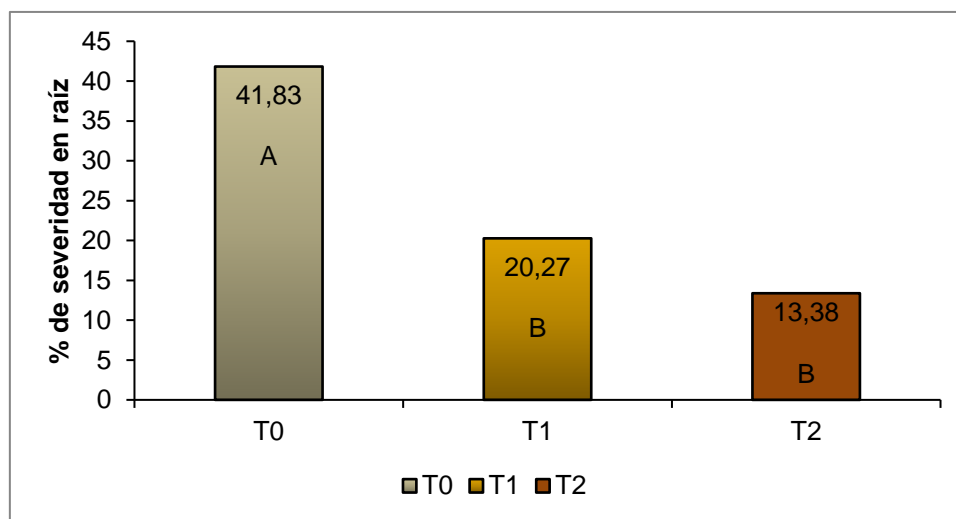
Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft ( $\alpha=5\%$ )	
Bloque	2	686,12	343,06	11,46	0,0221	*
Tratamiento	2	1322,28	661,14	22,08	0,0069	*
Error	4	119,77	29,94			
Total	8	2128,17				

CV=21,75

Un coeficiente de variabilidad de 21,75% demuestra que los resultados son confiables y se tuvo un buen manejo de las unidades experimentales.

Al observar la figura 7, luego de haber realizado el test de Duncan ( $\alpha=5\%$ ) se verifica que el (T0) presentó mayor porcentaje de severidad en raíz alcanzando un promedio de 41,83 %, tratamiento en que no se aplicó dosis alguna de *Trichoderma*, en comparación con los tratamientos (T1) 20,27 y (T2) 13,38% en los que si se aplicaron *Trichoderma* desde el momento de siembra en el almaciguero.

**Figura 9. (%) Severidad en raíz**



Fuente: Elaboración propia

*Trichoderma harzianum* como agente de control biológico, tiene la habilidad de producir enzimas que atacan e inhiben hongos fitopatógenos. En efecto, incorporados al sustrato o al terreno de cultivo antes de la siembra resulta muy beneficioso Chacón & Yvanosky, (2022).

Como lo mencionan (Quispe et al, 2022) *Trichoderma* puede reducir progresivamente a *P. capsici* en un sustrato infestado a lo largo del tiempo, hasta en 76% de la pudrición de raíz de pimiento.

Quispe et al, (2022) demostraron que el exceso de nitrógeno y calcio en el suelo incrementa la «Tristeza» causada por *P. capsici*; mientras que el exceso de potasio la reduce. El hongo es igualmente afectado negativamente por pH ácidos, aunque en este último punto parece ser un factor decisivo la inhibición del hongo por los iones de aluminio liberados a pH bajos.

Si un pH ácido reduce la propagación de *P. capsici* entonces *T. harzianum* demuestra ser un agente de control químico biológico al producir ácidos orgánicos como el ácido glucónico, fumárico y cítrico (Hernández et al., 2019).

Cabe mencionar que el sistema radicular del cultivo está directamente influenciado por las condiciones edáficas, según el análisis de suelo el pH del sustrato fue de 5,82 (ligeramente ácido) y más los ácidos que de *Trichoderma* produjo al medio, los tratamientos T1 y T2 mostraron resultados favorables en cuanto a esta variable de respuesta.

*Trichoderma* toma nutrientes de los hongos que parasita y de materiales orgánicos, ayudando a su descomposición, por lo cual las incorporaciones de materia orgánica y compostas favorecen su proliferación (Ramos et al., 2008 como fue citado en Hernández, 2019).

Las especies de *Trichoderma* son biocontroladores eficaces, ya que colonizan el sustrato, espacio donde se desarrolla la raíz, brindando de esta manera protección a la planta.

### 6.2.3 Porcentaje de severidad en follaje

En el cuadro 17 los resultados de análisis de varianza arrojan un p valor de  $0,0275 < 0,05$  para tratamientos, que indica un resultado significativo (\*); es decir que al menos uno de los tratamientos es diferente cuando se analiza la variable (%) de severidad en follaje al aplicarse diferentes dosis de *T. harzianum*.

Un resultado significativo (\*) para bloques con un p valor de  $0,0041 < 0,05$  indica que el gradiente de terreno fue un factor de influencia para esta variable.

**Cuadro 17. Análisis de la varianza (%) de severidad en follaje**

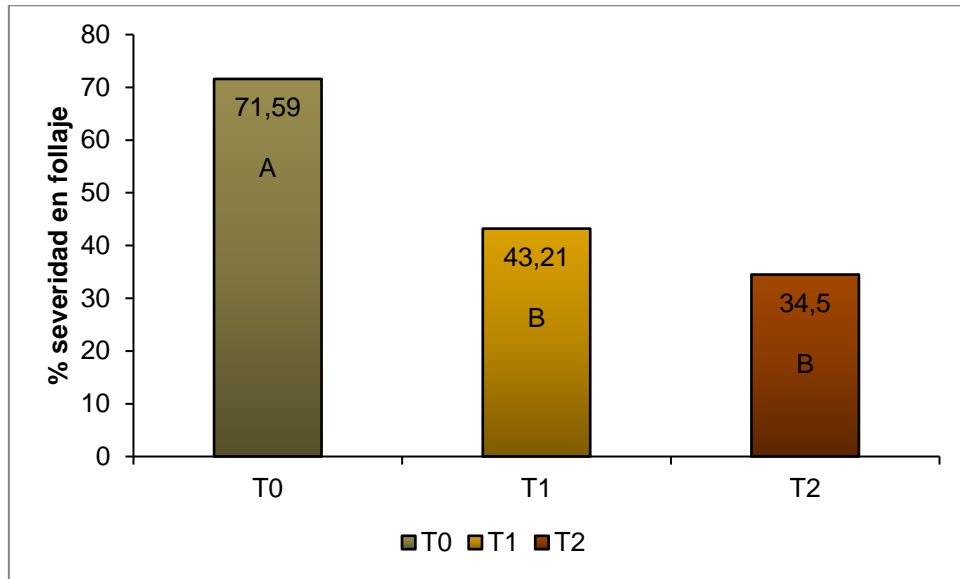
Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft ( $\alpha=5\%$ )	
Bloque	2	6588,39	3294,19	29,36	0,0041	*
Tratamiento	2	2257,39	1128,7	10,06	0,0275	*
Error	4	448,78	112,2			
Total	8	9294,56				

CV=21,28

El coeficiente de variabilidad de 21, 28% indica que hubo buen manejo de las unidades experimentales, y que los datos son confiables ya que dicha cifra se encuentra dentro de los rangos aceptables.

Al observar la figura 9 luego de haber realizado la prueba Duncan ( $\alpha=5\%$ ) la inducción de resistencia sistémica a la planta a causa de la aplicación de *T. harzianum* en el cultivo de pimiento, favoreció en el menor porcentaje de severidad causada por *P. capsici* en los tratamientos (T1) 43,21 y (T2) 34,5 a comparación del tratamiento testigo (T0) en el que el grado de severidad en follaje en promedio alcanzó hasta 71,59%.

**Figura 10. Severidad en follaje (%)**



Fuente: Elaboración propia

Savando et al., (2017) menciona que las diferentes especies de *Trichoderma* pueden mostrar efecto fungistático, competencia por los nutrientes (capacidad de movilizarse y absorber los nutrientes del suelo en comparación con otros microorganismos), antibiosis (supresión de un organismo por otro debido a la liberación de sustancias tóxicas/metabolitos en el medio ambiente), micoparasitismo y estimulación de la respuesta de defensa del huésped.

Hernández, (2017) declara que especies de *Trichoderma* producen también enzimas extracelulares, sustancias antibióticas de naturaleza volátil y no volátil y compuestos antifúngicos que promueven el crecimiento de las plantas e inducen la resistencia sistémica en éstas.

Entonces dicha propiedad de acción sistémica en la planta favoreció que la severidad en follaje sea menor en plantas que se aplicaron *Trichoderma* en comparación al tratamiento testigo.

### **6.3 Variables de rendimiento**

#### **6.3.1 Número de frutos**

En el cuadro 18 se obtuvieron resultados de análisis de varianza que arrojan un p valor

de  $0,0182 < 0,05$  para tratamientos, que indica un resultado significativo (\*); es decir que al menos uno de los tratamientos es diferente cuando se analiza la variable número de frutos al aplicarse diferentes dosis de *T. harzianum*.

Un resultado no significativo (NS) para bloques con un p valor de  $0,3666 > 0,05$  indica que el gradiente de terreno no fue un factor de influencia para esta variable.

**Cuadro 18. Análisis de la varianza de número de frutos**

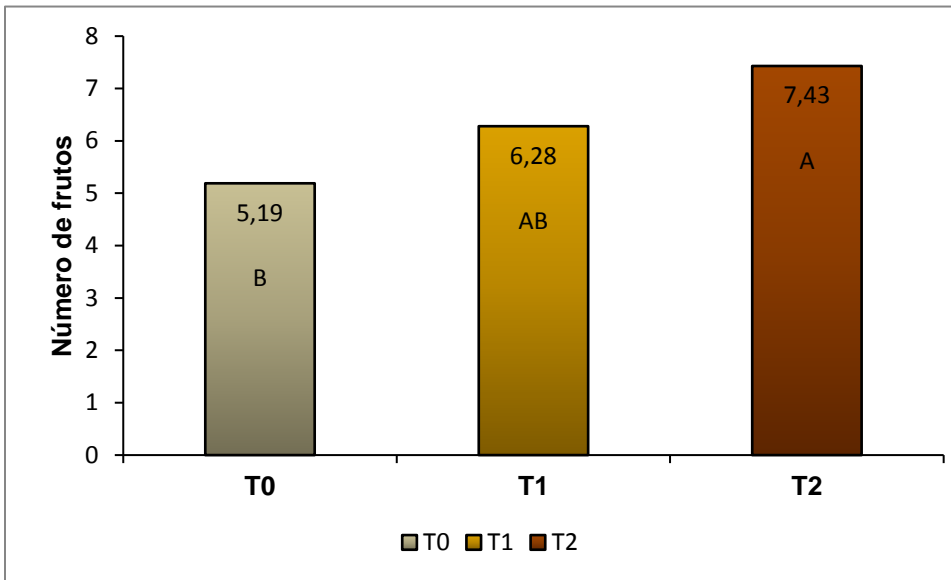
Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft ( $\alpha=5\%$ )	
Bloque	2	0,76	0,38	1,3	0,3666	NS
Tratamiento	2	7,53	3,76	12,83	0,0182	*
Error	4	1,17	0,29			
Total	8	9,47				

CV=8,6

El coeficiente de variabilidad de 8,6% indica que hubo buen manejo de las unidades experimentales, y que los datos son confiables ya que dicha cifra se encuentra dentro de los rangos aceptables.

Una vez realizada la prueba Duncan ( $\alpha=5\%$ ) para los promedios de los tres tratamientos el tratamiento (T2) muestra 7, 43 frutos por planta en promedio, el tratamiento (T1) es indiferente dando un resultado de 6,28 frutos por planta y el tratamiento (T0) con 5,19 frutos por planta en promedio

**Figura 11. Número de frutos**



Fuente: Elaboración propia

Figueredo, (2021) en la investigación que realizó en Lipari La Paz con las variedades de pimiento Mercury, Yolo wonder y California wonder obtuvo un resultado de 2 a 5 frutos por planta en condiciones de cultivo a campo abierto, y de 10 a 14 frutos por planta en invernadero.

En la investigación realizada el cultivo fue establecido a campo abierto, por lo cual los resultados son casi similares ya que el T0 en que no se aplicó *Trichoderma* alcanzó un promedio de 5,19 frutos por planta.

En consecuencia (Elizondo & Monge, 2017) en los resultados de la investigación que realizaron obtuvieron en promedio 14,5 y 26,51 frutos por planta de los genotipos XPPAD-286 Y XC-425 respectivamente, esto en invernadero.

Se puede afirmar entonces que los resultados obtenidos están entre las cifras esperadas y que las condiciones de campo abierto e invernadero son diferentes además del material genético de las plantas.

*Trichoderma* promueve el crecimiento y desarrollo de las plantas mediante la producción de fitohormonas como auxinas, giberelinas, incluso ácidos orgánicos (glucónico, fumárico y cítrico) los cuales disminuyen el pH del suelo y propician la

solubilización de fosfatos, hierro y magnesio para el metabolismo de la planta. (Quispe et al., 2022).

Los resultados indican entonces que a mayor porcentaje de *T. harzianum* aplicado al cultivo de pimiento, se obtendrá mayor número de frutos por planta; esto debido a que Trichoderma favoreció el metabolismo de las plantas gracias a la solubilización de nutrientes como el fósforo, hierro y magnesio. Estos elementos son de vital importancia en la producción de glucosa por su acción en el proceso fotosintético, por consiguiente, se obtuvo mayor número de frutos en los tratamientos T1 y T2.

### 6.3.2 Peso de frutos

En el cuadro 19 los resultados de análisis de varianza arrojan un p valor de  $0,0134 < 0,05$  para tratamientos, que indica un resultado significativo (\*); es decir que al menos uno de los tratamientos es diferente cuando se analiza la variable peso de frutos en kg por planta al aplicarse diferentes dosis de *T. harzianum*.

Un resultado significativo (NS) para bloques con un p valor de  $0,4499 > 0,05$  indica que el gradiente de terreno fue un factor de influencia para esta variable.

**Cuadro 19. Análisis de varianza para peso de frutos**

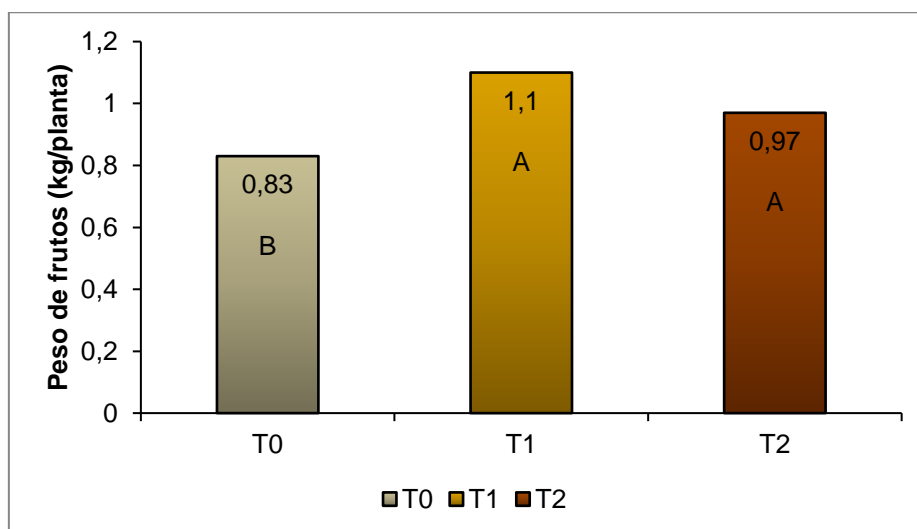
Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft ( $\alpha=5\%$ )	
Bloque	2	0,01	3,6	0,98	0,4499	NS
Tratamiento	2	0,11	0,06	15,25	0,0134	*
Error	4	0,01	3,7			
Total	8	0,13				

CV =6,26

El coeficiente de variabilidad de 6,26% indica que hubo buen manejo de las unidades experimentales, y que los datos son confiables ya que dicha cifra se encuentra dentro de los rangos aceptables para condiciones de cultivo a campo abierto.

Los tratamientos T2 y T1 son estadísticamente iguales mostrando valores de 1,10 y 0,97 kg por planta, superando significativamente al T0 que tuvo menor promedio en cuanto al peso de frutos por planta alcanzando a 0,83 kg por planta. Se demuestra entonces que la aplicación de *T. harzianum* tuvo un efecto positivo para esta variable.

**Figura 12. Peso de frutos**



Fuente: Elaboración propia

Según (Elizondo y Monge, 2017) el peso de frutos por planta en los genotipos XC-425 y XPPAD-286 fueron de 3,48 y 2,22 kg/planta respectivamente, esto en invernadero, en que el cultivo se manejó mediante poda española, que consistió dejar las plantas a libre crecimiento para una densidad de plantación de 25.974 plantas/ha, la distancia entre hileras fue de 1,54m y entre plantas de 0,25m.

Las cifras de peso por planta de la presente investigación son muy diferentes a la referencia citada, se puede asumir que la misma se debe al genotipo, a la densidad de plantación y que dicha investigación se realizó en invernadero y no a campo abierto. El número de plantas de la presente investigación fue de 86.439 plantas/ha cifra que casi cuadruplica la referencia citada.

Sin embargo, Figueredo (2021) obtuvo un resultado de 1,18 kg de peso de fruto por planta en invernadero y 0,29 kg en un ambiente a campo abierto.

Cabe aclarar que la investigadora trabajó con la misma especie, pero las variedades que usó fueron de pulpa delgada, mientras que en la presente investigación se trabajó con la variedad Capistrano que en sus características el grosor de pulpa incluso se duplica al comparar con las variedades de Mercury y Yolo wonder. Se llega a afirmar entonces que el peso de fruto por planta también tiene que ver con la variedad del pimiento.



### 6.3.3 Rendimiento (t ha<sup>-1</sup>)

En el cuadro 20 se verifican los resultados p valor de 0,0143 < 0,05 el cual es un resultado significativo para tratamientos, es decir que al menos el promedio de uno de los tratamientos es diferente en el porcentaje de severidad en raíz cuando se aplican diferentes dosis de *T. harzianum* al cultivo de pimiento.

En cuanto a bloques el resultado del análisis de varianza arroja un p valor de 0,4662 > 0,05 siendo un resultado no significativo, mostrando que el gradiente de terreno no fue un factor de influencia para esta variable.

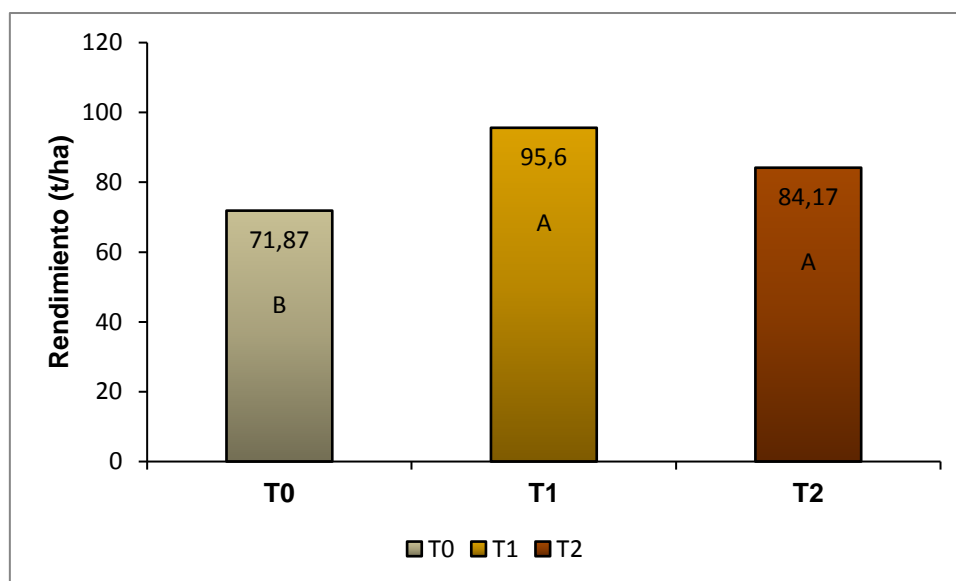
**Cuadro 20. Análisis de varianza para rendimiento**

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft ( $\alpha=5\%$ )	
Bloque	2	53,27	26,63	0,93	0,4662	NS
Tratamiento	2	845,28	422,64	14,74	0,0143	*
Error	4	114,66	28,67			
Total	8	1013,22				

CV=6,38

Un coeficiente de variabilidad de 6,38% demuestra que los resultados son confiables y se tuvo un buen manejo de las unidades experimentales.

**Figura 13. Rendimiento**



Fuente: Elaboración propia

Savando et al., (2017) mencionan que la liberación de auxinas dentro de la rizósfera, pequeños péptidos, metabolitos volátiles y otros activos, al aplicar *T. harzianum* promueven la ramificación de la raíz y la capacidad de absorción de nutrientes, impulsando así un mejor rendimiento en el cultivo.

Jaimes, (2023) en su calidad de Coordinador de Hortalizas de la Institución Pública Desconcentrada – Soberanía Alimentaria (IPDSA) de Bolivia en una entrevista personal en su despacho mencionó que el país solo está priorizando cinco hortalizas de mayor importancia, entre ellos papa, tomate, cebolla, zanahoria y arveja; que la institución no cuenta con datos de rendimiento del pimentón.

A ello se debe que la comparación de rendimiento no se realizará con la media nacional sino con otras investigaciones referentes a este cultivo.

Alejo, (2016) en la investigación que realizó en Warisata, Provincia Omasuyos del Departamento de La Paz; trabajó con dos variedades de pimiento en ambientes atemperados y sus resultados de rendimiento fueron 3,1  $\text{tha}^{-1}$  para la variedad Mercury y 2,35  $\text{tha}^{-1}$  para la variedad California wonder.

Los datos climáticos de dicha localidad son: Temperatura media anual de 9°C con una mínima de -2,9°C y una precipitación anual de 480 mm/año a una altitud 3.823 m.s.n.m.

Estos resultados son muy mínimos en comparación a los de la presente investigación, por ello el menor rendimiento se puede atribuir a las condiciones climáticas.

Entre tanto, Elizondo y Monge (2017) señalan que el rendimiento depende del genotipo del cultivar a esto se suman diversas variables ambientales (temperatura, humedad relativa, lluvia, luminosidad) y agronómicas (sustrato, riego, tutorado, poda, fertilizantes plagas, enfermedades); además si toma en cuenta la tecnología de producción.

En ambientes protegidos el rendimiento oscila entre 30 – 150  $\text{tha}^{-1}$  a comparación de la producción a campo abierto que varía entre 8 a 43  $\text{tha}^{-1}$ . En la investigación que ellos realizaron en Costa Rica con 15 genotipos de *Capsicum annuum L.* el genotipo XC-425 alcanzó un rendimiento de 90,45  $\text{tha}^{-1}$  y el genotipo XPPAD-286 tuvo un rendimiento de 55,13  $\text{tha}^{-1}$ , esto en invernadero (Elizondo y Monge, 2017).

En el presente trabajo de investigación los rendimientos superan a la referencia citada anteriormente, efecto que se puede atribuir al material genético del pimiento que se utilizó, la aplicación de *T. harzianum* y también a la densidad de plantación, se tuvo 86.439 plantas/ha cifra que casi cuadruplica la referencia citada que fue de solo 25.974 plantas/ha, la distancia entre hileras fue de 1,54m y entre plantas de 0,25m.

Posterior a las precipitaciones pluviales se observó la presencia de (***Botrytis cinerea***), debido a la mayor altura de plantas del T2 se puede intuir que incrementó la humedad y esto causó la caída y pudrición de los frutos y en mayor porcentaje en el T2 a comparación del T1. A consecuencia de lo mencionado los resultados se presentan de la siguiente manera T1 95, 6; T2 84,17 y T0 71,87 t $\text{ha}^{-1}$  por lo observado la aplicación de *T. harzianum* incrementa el rendimiento en el cultivo de pimiento de 12,3 hasta un 23,7 % con referencia al tratamiento T0 en que no se aplicó dosis alguna de *T. harzianum*.

#### **6.3.4 Rentabilidad**

Se presenta el siguiente costo de producción para trabajo de investigación realizado. (Ver anexo 10.2)

Se presenta el siguiente cuadro de beneficio costo para los tres tratamientos

**Cuadro 21. Rendimiento y beneficio costo para los tratamientos con precios de 2022**

ITEM	SIGLA	T0	T1	T2
<i>Costo de producción (Bs/ha)</i>	CP	243105,2	252809,3	248075,6
<i>Rendimiento (tn/ha)</i>	R	71,87	95,6	84,17
<i>Precio del producto (Bs/kg)</i>	PP	5,4	5,4	5,4
<i>Ingreso bruto (Bs/ha)</i>	IB	388780,4	517147,7	455317,2
<i>Ingreso neto (Bs/ha)</i>	IN	145675,2	264338,4	207241,6
<i>Beneficio costo</i>	B/C	1,6	2,0	1,8

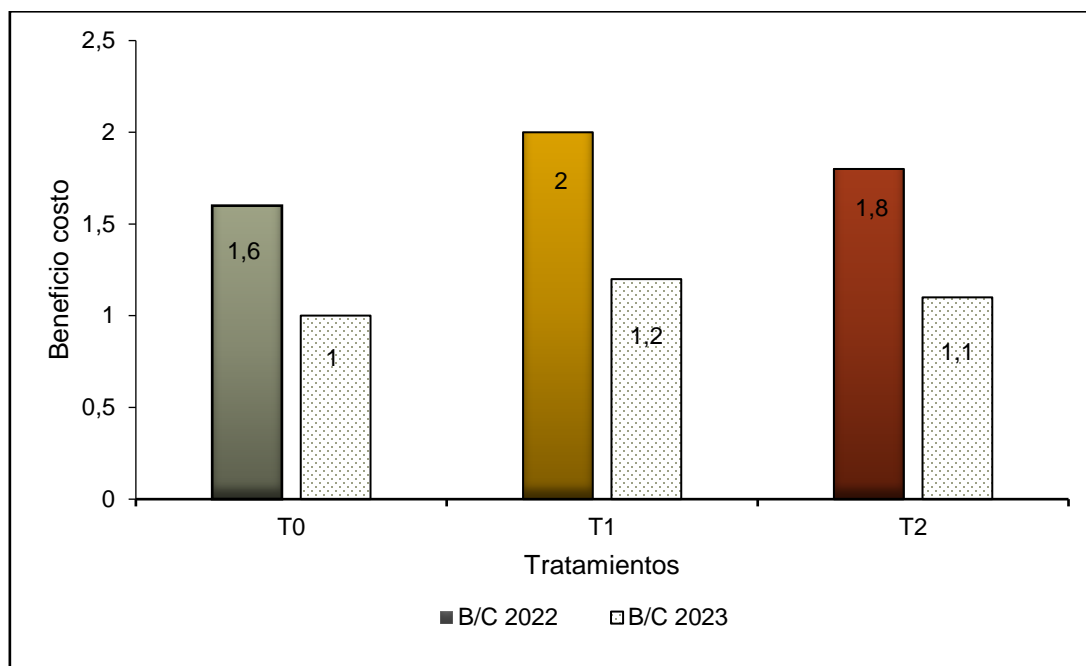
Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 22. Rendimiento y beneficio costo para los tratamientos con precios del 2023**

ITEM	SIGLA	T0	T1	T2
<i>Costo de producción (Bs/ha)</i>	CP	235925,4	245866,3	241132,5
<i>Rendimiento (tn/ha)</i>	R	71,87	95,6	84,17
<i>Precio del producto (Bs/kg)</i>	PP	3,1	3,1	3,1
<i>Ingreso bruto (Bs/ha)</i>	IB	224205,0	298245,0	262590,0
<i>Ingreso neto (Bs/ha)</i>	IN	-11720,4	52378,7	21457,5
<i>Beneficio costo</i>	B/C	1,0	1,2	1,1

Fuente: Elaboración propia

**Figura 14. Cuadro comparativo de beneficio costo**



Fuente: Elaboración propia

Para el tratamiento T0 por cada Bs invertido se obtuvo una ganancia de Bs 0,6; T1 refleja que por cada boliviano invertido se obtuvo la ganancia de Bs 1 y para el T2 por cada boliviano invertido se obtendrá una ganancia de Bs 0,8.

También se realiza una comparación con los precios de producto del año 2023; con lo mencionado se tendría 1 para T0, 1,2 para T1 y finalmente 1,1 para el T2.

Figueredo (2021) señala que el beneficio costo de las variedades Yolo wonder y Mercury fueron de 1,16 y 0,70 respectivamente, esto para cultivo a campo abierto.

A mayor cantidad de aplicación de *T. harzianum* se obtiene mejores rendimientos, para la variable de rendimiento, el T1 fue el óptimo y recomendable. Entonces a mayor rendimiento del producto, mayor también será la rentabilidad.

## 7. CONCLUSIONES

Al evaluar la incidencia de *Phytophthora capsici* en el cultivo de pimentón se redujo la incidencia de la “tristeza del pimiento” en los tratamientos que fueron inoculados con *T. harzianum*; en un 48,5% con el T1 y de un 67% con el T2 en comparación con el T0

El porcentaje de severidad de *Phytophthora capsici* tuvo una disminución considerable de 68 % en raíz y de 51 % en plantas inoculadas con *T. harzianum* en comparación con el tratamiento testigo.

Los mejores rendimientos se obtuvieron en los tratamientos en que aplicaron *Trichoderma* siendo el tratamiento (T1) con 95, 6; (T2) 84,17 y (T0) 71,87  $\text{tha}^{-1}$  respectivamente.

Al cuantificar la rentabilidad del cultivo del pimentón, se obtuvo mayor utilidad con los tratamientos que se aplicó *T. harzianum* tomando como un indicador de rentabilidad la relación de beneficio costo (T1) 2; (T2) 1,8 a comparación del tratamiento en que no se aplicó *Trichoderma* (T0)1,6.

Entonces se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula siendo que existe diferencia significativa en la incidencia y severidad de la tristeza del pimiento cuando se aplican diferentes dosis de *T. harzianum* al cultivo de pimiento.

## 8. RECOMENDACIONES

Para un control efectivo de *P. capsici* en el cultivo de pimiento se recomienda la aplicación de *T. harzianum* a una dosis de 130% es decir  $5,46 \times 10^8 \text{ UFCg}^{-1}$ , como fue empleado en el T2 del presente trabajo de investigación, como también cuando se quiere obtener mayor productividad del cultivo; además realizar un ajuste de la densidad de plantación para este tratamiento.

Aplicar *T. harzianum* juntamente a *Pseudomonas spp.* y *Bacillus spp.* y *Streptomyces spp.*; bacterias que inducen defensa contra patógenos en las plantas y son amigables con el ecosistema.

Realizar un trabajo de investigación que cuantifique la calidad de fruto comercializable de pimiento por categorías y los frutos de descarte por diversas causas.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Agrios, G. (2005). Patología de planta. Departamento de Fitopatología Universidad de Florida. 5ª edición.

AgriSolver, (2019) La marchitez del chile: Manejo Integrado de *Phytophthora capsici*. Soluciones para la Agricultura en Latinoamérica.

<https://www.agrisolver.com/blog/la-marchitez-del-chile-manejo-integrado-de-phytophthora-capsici>

AgriExpo, (2023). United Genetics. Semillas e insumos agrícolas En línea visitado el 30 de enero de 2023 en:

<https://www.agriexpo.online/es/prod/unitedgenetics/product-184575-76167.html>

Ahmed, A. S., Sánchez, C. P., & Candela, M. E. (2000). Evaluación de la inducción de resistencia sistémica en plantas de pimiento (*Capsicum annuum*) a *Phytophthora capsici* utilizando *Trichoderma harzianum* y su relación con la acumulación de capsidiol. Revista Europea de Patología Vegetal, 106(9), 817-824.

<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1008780022925>

Alejo, J.P. (2016) Evaluación del comportamiento agronómico de dos variedades de Pimenton (*Capsicum Annuum L.*) En tres densidades de siembra bajo ambientes atemperados en el E.S.F.M. “Warisata” [Tesis de Licenciatura, Universidad Mayor de San Andrés], La Paz– Bolivia.

<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/6818/T-2196.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Álvarez, A. V. (2012) Evaluación de rendimiento en tres variedades de pimiento morrón (*Capsicum annuum L.*) bajo condiciones de invernadero. [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Navarro], Saltillo, Coahuilla – México. p. 27

- Álvarez, F., & Pino, M. T. (2018). Aspectos generales del manejo agronómico del pimiento en Chile. Pimientos para la industria de alimentos e ingredientes, 41-58.
- ArcGis, (2021) Cree su propio mapa con AQUÍ: mapas personalizados con datos de ubicación (3.x). [Software].
- <http://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-desktop/overview>
- Artavia, S., L. Uribe, F. Saborío, L.F. Arauz, y L. Castro. (2010). Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la supresión de *Pythium myriotylum* en plantas de tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium*). Agron. Costarricense 34(1):17-29.
- Aryantha, I.P., R. Cross, y D.I. Guest. (2000). Supresión de *Phytophthora cinnamomi* en mezclas para macetas enmendadas con estiércol animal sin compostar y compostado. Fitopatología 90:775-782.
- Asran, A. Moustafa, S. Sabet, K. El Banna, O. (2010). Antagonismo in vitro de hongos de plántulas de algodón y caracterización de actividades de isoenzimas de quitinasa en *Trichoderma harzianum*. Revista Saudita de Ciencias Biológicas, 17, 153.
- Barzegar, A.R., A. Yousefi, y A. Daryashenas. (2002). El efecto de la adición de diferentes cantidades y tipos de materiales orgánicos sobre las propiedades físicas del suelo y el rendimiento del trigo. Suelo vegetal 247:295-301.
- BAYER, (2017) ¿Cómo ataca la Phytophthora? En línea visitado el 31 de julio de 2021 en:
- <https://www.seminis.mx/blog-como-ataca-la-phytophthora/#:~:text=Phytophthora%20capsici&text=La%20enfermedad%20se%20distingue%20porque,infecci%C3%B3n%20ocurre%20en%20los%20semilleros.>
- Bonanomi, G., V. Antignani, M. Capodilupo, y F. Scala. (2010). Identificar las características de las enmiendas orgánicas del suelo que suprimen las enfermedades de las plantas transmitidas por el suelo. Biol. del suelo Bioquímica 42:136-144.



- Carpio, O. C. M., Gutiérrez, M. M. V., Pino, P. L. M., Guillermo, C. D. Á., & Álvarez, R. M. B. (2021). Aislamiento, caracterización molecular, antagonismo y producción óptima de esporas de *Trichoderma harzianum* por fermentación sólida aplicando un subproducto de *Oryza sativa* (arroz) como sustrato. *Veritas*, 22(1), 83-93
- Cervantes, P. R., & Herrera, A. A. P. (2016). Comportamiento con diferentes enmiendas orgánicas del nematodo del nódulo *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White, 1919), Chitwood 1949, en Pimiento Paprika (*Capsicum annum L.*). In *Anales científicos* (Vol. 77, No. 2, pp. 212-217). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Chacón, V., & Yvanosky J. (2022). *Trichoderma harzianum*. Consultado el 13 de octubre de 2022. Recuperado de: [Trichoderma harzianum: qué es, características, morfología, aplicaciones \(lifeder.com\)](https://www.lifeder.com/trichoderma-harzianum-que-es-caracteristicas-morfologia-aplicaciones/)
- Corrales, O., E. Vargas, y M.A. Moreira. (1990). Efecto de la materia orgánica en el combate de la pudrición basal del chile dulce (*Capsicum annum*) causada por *Phytophthora capsici*. *Agron. Costarricense* 14(1):9- 14.
- DANE, (2015). Boletín mensual Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria, el cultivo del Pimentón (*Capsicum annum L.*) bajo invernadero.
- Deker Cerruffo, L. I. (2011). Adaptación de cinco híbridos de pimiento (*Capsicum annum L.*) en la zona de Catarama, cantón Urdaneta provincia de los Ríos. [Tesis de licenciatura, Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Agrarias]. Guayaquil – Ecuador.
- Ezziyyani, M., Sánchez, C. P., Ahmed, A. S., Requena, M. E., & Castillo, M. E. C. (2004). *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el biocontrol de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annum L.*). In *Anales de biología* (No. 26, pp. 35-45). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia.
- <https://revistas.um.es/analesbio/article/view/30441>

- Elizondo-Cabalaceta, E., & Monge-Pérez, J. E. (2017). Evaluación de rendimiento y calidad de 15 genotipos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 3-14.
- FAO, (2011). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Semillas en emergencia. Manual técnico. Estudio de protección y producción vegetal.
- Figueredo, M.M. (2021) Comportamiento agronómico de tres variedades del cultivo del pimentón (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero y a campo abierto, Lipari – La Paz. [Tesis de Licenciatura, Universidad Mayor de San Andrés], La Paz– Bolivia. P61
- García-Espejo, C.N., M.M. Mamani-Mamani, G.A. Chávez-Lizárraga, y M.T. Álvarez-Aliaga. (2016). Evaluación de la actividad enzimática del *Trichoderma inhamatum* (BOL-12 QD) como posible biocontrolador. *Revista de la Sociedad de Investigación de la Selva Andina* 7(1):20-32.
- Hermosa, MR. (2000). Caracterización molecular e identificación de aislamientos de biocontrol de *Trichoderma spp.* *Aplicación Environ Microbiol.*
- Hernández de Jesus, D. (2017). Efecto de *Trichoderma sp* en el desarrollo de plántulas de chile pimiento (*Capsicum annuum* L.) y su capacidad protectora contra *Fusarium*.
- Hernández, R. y Baptista, P. (2014) *Metodología de la investigación* 6ta edición. Santa Fe, Mexico:McGraw-HILL
- Hernández-Melchor, D. J., Ferrera-Cerrato, R., & Alarcón, A. (2019). *Trichoderma*: importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. *Revista Chilena de Ciencias Agrícolas y Animales*, 35(1), 98-112.
- Huallanca, C. A., & Giraldo, C. A. C. (2014). Control de *Phytophthora capsici* Leonian en *Capsicum annuum* cv. Papri king con fungicidas, fertilizantes y biocontroladores. En *Anales Científicos* (Vol. 75, No. 1, pp. 130-137). Universidad Nacional Agraria La Molina.

Huifang, N., Shuli, X., Ruixiang, Ch. y Hongren, Y. (2010). Detección de la capacidad antagonista de las cepas de *Trichoderma* contra hongos fitopatógenos en el suelo de Taiwán. *Investigación agrícola de Taiwán*, 59 (1), 29-41.

<https://www.airitilibrary.com/Publication/alDetailedMesh?docid=00224847-201003-201004160136-201004160136-29-41>

Jaimes, R. (2023). Las cinco hortalizas de mayor importancia en Bolivia. (Comunicación personal, 10 de enero de 2023).

Jaramillo, J., Aguilar, P., Espítia, E., Tamayo, P., & Guzmán, A. (2014). Modelo productivo del cultivo de pimentón (*Capsicum annuum* L.) Bajo condiciones protegidas en el oriente antioqueño. Antioquia: Consultado el 22 de agosto de 2022. Recuperado de:

<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13748>

Jiménez Salgado, P. A. (2018). Identificación del agente causal (s) de la pudrición radicular en pimiento (*Capsicum annuum* L.) en Tumbaco (Tesis de licenciatura, Quito: UCE).

Jun, Hdong, W.LIU, C.xue, L.xu, H.LI, R.rong, Q. (2021). Producción de esporas en la fermentación en estado sólido de residuos de stevia por *Trichoderma guizhouense* y sus efectos sobre el crecimiento del maíz. *Revista de Agricultura Integrativa*, 20, 1147.

Kim, H.S., M.K. Sang, Y.C. Jeun, B.K. Hwang, y K.D. Kim. (2008). Selección secuencial y eficacia de rizobacterias antagónicas para el control del tizón del pimiento por *Phytophthora*. *Protección de cultivos* 27:436-443.

Kugler, W. (2016). Propuestas de escalas para la evaluación, a campo y en laboratorio, del “tizón foliar” y la “mancha púrpura de la semilla”, causadas por *Cercospora kikuchii*, en soja. INTA-Estación Experimental Agropecuaria Pergamino UNNOVA.

- Mamani Mamani, M. M. (2018). Estrategias bioquímicas para la producción de compuestos con actividad biológica inhibitoria del crecimiento de fitopatógenos que afectan a cultivos del mango en la Región de la Plazuela, Irupana La Paz. [Tesis De Maestría, Universidad Mayor de San Andrés]. Pág. 9
- <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/17589/TM-1929.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Marcello, C.M., A.S. Steindorff, S.P. Silva, R.N. Silva, L.A.M. Bataus, and C.J. Ulhoa. (2010). Análisis de expresión de la exo- $\beta$ -1,3-glucanasa del hongo micoparásito *Trichoderma asperellum*. Investigación microbiológica 165:75-81.
- Monsalve Rojas, M., & Rosado Álvarez, M. M. (2020). Estudio fenológico de 3 variedades de Pimentón (*Capsicum annuum* L.) en el municipio de Valledupar departamento del Cesar.
- Moreno, G. A. L., Zapata, M. J. P., Faura, R. F., Bojacá, C., Fuentes, L., Niño, N., ... & Pulido, S. P. (2012). *Manual para el cultivo de hortalizas*. Produmedios.
- Moreno, E., Mora, R., Sánchez del Castillo, F., & García, V. (2010). Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento Morrón (*Capsicum annuum* L.) Cultivados en hidroponía. Consultado el 22 de agosto de 2022. Recuperado de: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1027-152X2011000500002](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2011000500002)
- Muñoz Jáuregui, A. M., Gómez Mendoza, J., Ignacio Cconchoy, F., Barriga Rodríguez, D., Portugal Melgar, A., & Baquerizo Sedano, L. (2020). Nutrición e inmunidad: salud en tiempos del COVID-19.
- Ntougias, S., K.K. Papadopoulou, G.I. Zervakis, N. Kavroulakis, y C. Ehaliotis. (2008). Supresión de patógenos del tomate transmitidos por el suelo mediante compost derivados de residuos agroindustriales abundantes en las regiones mediterráneas. Biol Suelos Fértiles 44:1081-1090.
- Ortuño, N., Miranda, C., & Claros, M. (2013). Selección de cepas de *Trichoderma* spp. generadoras de metabolitos secundarios de interés para su uso como promotor de crecimiento en plantas cultivadas. *Revista de la Biosfera de la Selva Andina*,

1(1), 16-32.

PTDI (2020) Plan Territorial de Desarrollo Integral Municipio de Cairoma (2016 - 2020). [Archivo PDF]. Pág. 20-23.

Peruzzi, G., Silvestre, C., & Iezzi, A. (2012). Manual de monitoreo de plagas en pimiento. Ciudad de la Plata. Argentina. En línea visitado el 28 de julio de 2022 en:

[https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/19293/mod\\_resource/content/1/Manual%20de%20monitoreo%20plagas.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/19293/mod_resource/content/1/Manual%20de%20monitoreo%20plagas.pdf)

Pino, María T.; Campos, Arturo; Saavedra, Javier; Álvarez, Francisco; Salazar, Carolina; Hernández, Cristián; Soto, Sylvana; Estay, Patricia; Vitta, Nancy; Escaff, Moisés; Pabón, Carolina; Zamora, Olga. (2018). Pimientos para la industria de alimentos e ingredientes. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 360, 110 p.

Puño Ramon, T. E. (2011). Evaluación de la capacidad biocontroladora de metabolitos de *Trichoderma inhamatum* Bol12. *Revista de la Sociedad de Investigación Selva Andina. Bolivia. Pág. 26- 33*

Quiroz, Y.L. (2013) Comportamiento Agronómico de dos Variedades de Pimentón (*Capsicum annuum L.*) con podas de desarrollo bajo un sistema hidropónico en el Centro Experimental de Cota Cota [Tesis de Licenciatura, Universidad Mayor de San Andrés], La Paz– Bolivia. p.11

<https://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/4056>

Quispe-Quispe, E., Moreira-Morrillo, A. A., & Garcés-Fiallos, F. R. (2022). Una revisión sobre biocontroladores de *Phytophthora capsici* y su impacto en plantas de *Capsicum*: Una perspectiva desde el exterior al interior de la planta. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 275-289.

Ramírez-Delgado, E., Luna-Ruíz, J. D. J., Moreno-Rico, O., Quiroz-Velásquez, J. D. C., & Hernández-Mendoza, J. L. (2018) Efecto de *Trichoderma* sobre el

crecimiento y producción de esporangios de *Phytophthora capsici*. Revista de Ciencias Agrícolas, 10(6), 8-15.

Rojas C.E., (2019). Aplicación de *Trichoderma spp.* como controlador de *Phytophthora capsici* Leo en *Capsicum annuum* L. "ají paprika" var. PAPRI KING, bajo condiciones de vivero. [Tesis de maestría, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión], Huacho-Perú.

Romero-Cortes, T., P.A. López-Pérez, M. Ramírez Lepe, y J.A. Cuervo-Parra. (2016). Modelado cinético del micoparasitismo por *Trichoderma harzianum* contra *Cladosporium cladosporioides* aislado de frutos de cacao (*Theobroma cacao*). Revista Chilena de Ciencia Agropecuaria, ex Agro-Ciencia 31(3):32-45.

Sabando-Ávila, F., Molina-Atiencia, L. M., & Garcés-Fiallos, F. R. (2017). *Trichoderma harzianum* en pre-transplante aumenta el potencial agronómico del cultivo de piña. Revista Brasileira de Ciencias Agrarias, 12(4), 410-414.

Sandle, T. 2014. Trichoderma. En C.A. Batt y M.-L. Tortorello (eds.) Encyclopedia of Food Microbiology, Londres, Reino Unido.

Sánchez Chávez, E., Torres González, A., Flores Córdova, M. A., Preciado Rangel, P., & Márquez Quiroz, C. (2015). Uso de portainjerto sobre el rendimiento, calidad del fruto y resistencia a *Phytophthora capsici* Leonian en pimiento morrón. *Nova scientia*, 7(15), 227-244.

Silva, H., Fernandez, P., Góngora, C., Macías, B. y Ávila, G. (2009) Distribución Espacio Temporal de la marchitez del chile (*Capsicum annuum* L.) en Chihuahua e identificación del agente causal *Phytophthora capsici* Leo. [Archivo PDF].<https://www.scielo.org>

TodoAgro (2007). Pimiento para Pimentón: Una oportunidad para crecer en un nicho que tiene amplia demanda. Consultado el 22 de agosto de 2022. Recuperado de:

<https://www.todoagro.com.ar/pimiento-para-pimenton-una-oportunidad-para-crecer-en-un-nicho-que-tiene-amplia>



## 10. ANEXOS

### 10.1 Fotografías

#### 10.1.1 Fotos de la etapa de almaciguero en Diseño Completamente Aleatorio

(DCA)

Foto 1. Preparación de primer inóculo y siembra en almaciguero



Foto 2. Emergencia de plántulas



Foto 3. Almacigo día 55 y remojo de raíces en *Trichoderma* para el trasplante





### 10.1.2 Fotos de la etapa en terreno definitivo Diseño de Bloques al Azar (DBA)

Foto 4. Riego después del primer aporque



Foto 5. Preparado de solución de *T. harzianum* para las dosis de 100 y 130 %



Foto 6. Identificadores de plantas muestreadas



Foto 7. Fertilizantes (18-46-0) y (20-20-20).



Foto 8. Formación de botones florales y floración del pimiento



Foto 9. Fructificación



Foto 10. Porcentaje de severidad en follaje y raíz



Foto 11. Moho Gris (*Botrytis cinérea*)



Foto 12. Virus mosaico; necrosis y *Erwinia* sp.



Foto 13. Plantas y raíces infectadas con *P. capsici*



Foto 14. Peso de frutos por planta



Foto 15. Plena maduración de frutos y cosecha



Foto 16. Selección de frutos por categoría



Foto 17. Pesado de las sacañas para su posterior comercialización



## 10.2 Planilla de costos de producción

**Cuadro 23. Costos de producción para 169 m<sup>2</sup> el área de la Unidad Experimental**

	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	TOTAL
<b>1.</b>	<b>PREPARACIÓN DE TERRENO</b>				<b>370</b>
	Análisis de suelo	Muestra	1	185	185
	Roturado	hr tractor	0,25	500	125
	Arado	hr yunta	2	30	60
<b>2.</b>	<b>INSUMOS</b>				<b>702,478</b>
	Semilla	Lb	0,25	700	175
	Gallinaza	Bolsa	6	25	150
	Trichoderma	bolsa	6	20	120
	Fertilizante 20-20-20	Kg	6,354	7	44,478
	Fertilizante 18-46-0	Kg	7,2	10	72
	Insecticida	MI	10	3,6	36
	Adherente boil	MI	10	1,5	15
	Bolsas – yute	unidad	30	3	90
<b>3.</b>	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>1420</b>
<b>3.1</b>	<b><i>En semillero</i></b>				<b>370</b>
	Preparación de almaciguero	jornal	1	80	80
	Siembra	jornal	1	80	80
	Riego	jornal	2	80	160

	Aplicación de Trichoderma	hr jornalero	5	10	50
<b>3.2</b>	<b>En terreno definitivo</b>				<b>1050</b>
	Aplicación de gallinaza	hr jornalero	3	10	30
	Surcado y nivelado	jornal	1	80	80
	Riego	jornal	2	80	160
	Trasplante	jornal	1,5	80	120
	Aplicación de Trichoderma	hr jornalero	6	10	60
	Aporques 1, 2 y 3	jornal	4	80	320
	Desmalezado	jornal	2	80	160
	Aplicación de fertilizantes	hr jornalero	2	10	20
	Extracción de plantas enfermas	jornal	1	80	80
	Control fitosanitario	hr jornalero	2	10	20
<b>4.</b>	<b>COSECHA Y ACOPIO</b>				<b>1616</b>
	Recolección de frutos	jornal	8	80	640
	Selecccionado	jornal	4	80	320
	Pesado y embolsado	jornal	2	80	160
	Traslado en camion	carga	24,8	20	496
	<b>COSTO TOTAL (Bs)</b>	-	-	-	<b>4108,47</b>

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 24. Costos de producción para 169 m<sup>2</sup> en 2023**

	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT.	TOTAL
<b>1.</b>	<b>PREPARACIÓN DE TERRENO</b>				<b>185</b>
	Roturado	hr tractor	0,25	500	125
	Arado	hr yunta	2	30	60
<b>2.</b>	<b>INSUMOS</b>				<b>758,14</b>
	Semilla	Lb	0,25	700	175
	Gallinaza	bolsa	6	30	180
	Fertilizante 20-20-20	Kg	6,354	10	63,54
	Fertilizante 18-46-0	Kg	7,2	13	93,6
	Insecticida	ml	10	3,6	36
	Trichoderma	bolsa	6	20	120
	Bolsas – yute	unidad	30	3	90
<b>3.</b>	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>1420</b>
<b>3.1</b>	<b><i>En semillero</i></b>				<b>370</b>
	Preparación de almaciguero	jornal	1	80	80
	Siembra	jornal	1	80	80
	Riego	jornal	2	80	160
	Aplicación de Trichoderma	hr jornalero	5	10	50
<b>3.2</b>	<b><i>En terreno definitivo</i></b>				<b>1050</b>
	Aplicación de gallinaza	hr jornalero	3	10	30
	Surcado y nivelado	jornal	1	80	80
	Riego	jornal	2	80	160
	Trasplante	jornal	1,5	80	120
	Aplicación de Trichoderma	hr jornalero	6	10	60
	Aporques 1, 2 y 3	jornal	4	80	320
	Desmalezado	jornal	2	80	160
	Aplicación de fertilizantes	hr jornalero	2	10	20
	Extracción de plantas enfermas	jornal	1	80	80
	Control fitosanitario	hr jornalero	2	10	20
<b>4.</b>	<b>COSECHA Y ACOPIO</b>				<b>1720</b>
	Recolección de frutos	jornal	8	80	640
	Seleccionado	jornal	4	80	320
	Pesado y embolsado	jornal	2	80	160
	Traslado en camion	carga	30	20	600
	<b>COSTO TOTAL (Bs)</b>	-	-	-	<b>4083,14</b>

Fuente: Elaboración propia

### 10.3 Análisis de suelo



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

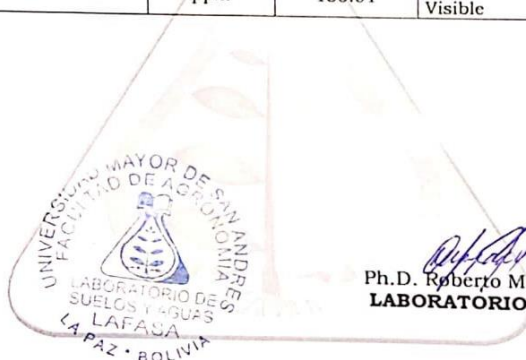


**RES: FAC.AGRO.LAB. N°202**

#### **ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS**

**INTERESADO:** Pahola Marisol Viracocha M. **SOLICITUD:** LAF 202\_21  
**PROCEDENCIA:** Departamento La Paz **FECHA DE ENTREGA:** 04/08/21  
Municipio Cairoma  
Provincia Loayza  
Comunidad Huerta Grande

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
pH en H <sub>2</sub> O relación 1:5	-	5.82	Potenciometría
Conductividad eléctrica en agua 1:5	mmho/cm	0.36	Potenciometría
Potasio intercambiable	meq/100g S.	0.63	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
Nitrógeno total	%	0.20	Kjendahl
Materia orgánica	%	3.21	Walkley y Black
Fósforo disponible	ppm	150.01	Espectrofotometría UV-Visible



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

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