

## INCORPORACIÓN DE *Trichoderma harzianum* PARA LA REDUCCIÓN DEL ATAQUE DE LA TRISTEZA DEL PIMIENTO (*Phytophthora capsici*)

### Incorporation of *Trichoderma harzianum* for reduction of pepper tristeza attack (*Phytophthora capsici*)

Pahola Marisol Viracocha-Mamani<sup>1</sup>, Freddy Antonio Cadena-Miranda<sup>2</sup>

#### RESUMEN

Uno de los principales factores que limita la producción del cultivo de pimentón, es la tristeza o marchitez del pimiento, enfermedad causada por el hongo *Phytophthora capsici* la cual ocasiona pérdidas entre 10 y 100 % de la producción, para su control se emplean fungicidas extremadamente tóxicos para el medio ambiente, por lo que el objetivo del presente trabajo fue realizar el control de la tristeza del pimiento con la aplicación de *Trichoderma harzianum*, en el cultivo de pimentón en la comunidad de Huerta Grande. La investigación se realizó, en dos etapas; la primera en almaciguero, empleándose un diseño completamente aleatorio (DCA) con tres tratamientos y cuatro repeticiones. En la segunda etapa, las plántulas obtenidas fueron trasplantadas a terreno definitivo manteniendo los tres tratamientos; con tres repeticiones; empleado el diseño de bloques al azar (DBA). Los tratamientos tuvieron las siguientes especificaciones: T0 (tratamiento testigo); T1 (tratamiento con dosis de referencia que corresponde a una concentración de  $4.20 \times 10^8$  UFCg<sup>-1</sup> de *T. harzianum*) y T2 (tratamiento 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 95.60 t ha<sup>-1</sup> con el (T1); 84.17 t ha<sup>-1</sup> con (T2) y con el (T0) se obtuvo 71.87 t ha<sup>-1</sup>. La incidencia y severidad en los T1 y T2 causada por *P. capsici*, fue reducida en un porcentaje de 68 % con respecto al testigo favoreciendo los rendimientos. Concluyéndose finalmente 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.

**Palabras clave:** *Trichoderma harzianum*, biocontrolador, incidencia, severidad, fitopatógeno, pimiento.

#### ABSTRACT

One of the main factors that limits the production of paprika cultivation is the sadness or wilting of the pepper, a disease caused by the fungus *Phytophthora capsici* which causes losses between 10 and 100 % of the production, for its control extremely toxic fungicides are used for the environment, so the objective of this work was to control the sadness of the pepper with the application of *Trichoderma harzianum*, in the cultivation of paprika in the community of Huerta Grande. The research was carried out in two stages; the first in a warehouse, using a completely randomized design (DCA) with three treatments and four replications. In the second stage, the seedlings obtained were transplanted to the final soil, maintaining the three treatments; with three repetitions; using random block design (DBA). The treatments had the following specifications: T0 (control treatment); T1 (treatment with reference doses corresponding to a concentration of  $4.20 \times 10^8$  CFU g<sup>-1</sup> of *T. harzianum*) and T2 (treatment of  $5.46 \times 10^8$  CFU g<sup>-1</sup> of *T. harzianum*). The results obtained show that the application of *T. harzianum* favored the increase in yield, obtaining results of 95.60 t ha<sup>-1</sup> with (T1); 84.17 t ha<sup>-1</sup> with (T2) and with (T0) 71.87 t ha<sup>-1</sup> was obtained. The incidence and severity in T1 and T2 caused by *P. capsici* was reduced by 68 % with respect to the control, favoring yields. Finally, it was concluded that the application of *T. harzianum* at a concentration of  $4.2 \times 10^8$  CFU g<sup>-1</sup> decreases the attack of *P. capsici*, favoring the development and yields of paprika cultivation.

**Keywords:** *Trichoderma harzianum*, biocontroller, incidence, severity, phytopathogen, pepper.

<sup>1</sup> ✉ Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. ORCID: [0009-0003-9540-5720](https://orcid.org/0009-0003-9540-5720). [pmaliviracocha@gmail.com](mailto:pmaliviracocha@gmail.com)

<sup>2</sup> Docente Investigador, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. ORCID: [0000-0002-4010-4889](https://orcid.org/0000-0002-4010-4889). [cadkurmi@gmail.com](mailto:cadkurmi@gmail.com)

## INTRODUCCIÓN

El pimiento (*Phytophthora capsici*) es una hortaliza de fruto producido en los valles de Bolivia, es requerido en la culinaria de las familias por su apetecible sabor, además de poseer una rica fuente de vitamina C, vitamina A y carotenoides (Alejo, 2016). También es el sustento económico de muchos agricultores que lo cultivan a pequeña escala (Jaimes, 2023).

El principal factor que limita la producción de este cultivo, es la incidencia de la tristeza o 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 control de la enfermedad causada por *P. capsici*, 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).

Sin embargo, estudios previos realizados en Bolivia con el Instituto de Investigaciones Fármaco Bioquímicas (IIFB), con *Trichoderma harzianum* cepa Bol12 QD, concluyó que este microorganismo tiene efecto biocontrolador sobre los patógenos que afectan a los cultivos de tomate; 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).

Uribe (2014) mencionan que los síntomas del patógeno ocasionan la pudrición de las raíces de la planta, lesiones negras en el tallo; circulares, acuosas y de color café grisáceo en las hojas, los signos se manifiestan como cubiertas de esporangios blancos en los frutos. Las oosporas son la única fuente de inoculación primaria, y éstas pueden sobrevivir en el suelo por más de dos años; el principal daño ocurre en la etapa de floración, pues el daño afecta a raíces y tallo, la planta se marchita rápidamente y se seca (Uribe, 2014).

Para BAYER (2017) 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 en forma de Oosporas de resistencia (Agrios, 2005) el oomiceto de *Phytophthora capsici* se dispersa a través del movimiento superficial del agua de riego,

significa que en el primer foco de infección puede llegar de 2 hasta 4.5 m por el surco (Silva et al., 2009) la temperatura óptima de desarrollo del hongo oscila entre 21 y 31 °C, que el mayor número de infecciones se obtiene a 23 °C (Jiménez, 2018).

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), *T. harzianum* es capaz de reducir hasta un 65 % la «tristeza» causada por el patógeno *P. capsici* en plantas de pimiento (Ezziyyani 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, quitinasas y glucanasas (Marcello et al., 2010; García-Espejo et al., 2016) estas enzimas provocan la retracción de la membrana plasmática y la desorganización del citoplasma del patógeno. También inhiben la germinación de esporas y la elongación del tubo germinativo (Romero et al., 2016) *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 7.0 a 7.5 (Asran et al., 2010).

La presente investigación plantea reducir el ataque de la tristeza del pimentón por lo que se plantea el objetivo de evaluar el control de la tristeza del pimiento con la incorporación de *Trichoderma harzianum* desde la fase de almaciguera hasta el establecimiento definitivo del cultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación de la zona de estudio

La investigación fue 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).

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 383.0 a 415.9 mm, cuya humedad relativa media anual es de 52 % (PTDI- Cairoma, 2020).

## Metodología

### Material vegetal

Se utilizó semillas de pimentón de la variedad Capistrano mejorado y esporas de *Trichoderma harzianum* obtenidas del Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Agronomía UMSA. La investigación fue realizada en dos etapas, la primera en el almaciguero y la segunda etapa en el establecimiento definitivo del cultivo, ambos a campo abierto.

### Etapa 1. Almaciguero

Bajo un modelo estadístico de Diseño Completamente Aleatorio (DCA) con tres tratamientos y cuatro repeticiones en el que los tratamientos tuvieron las siguientes especificaciones.

Tratamientos: Dosis de *T. harzianum*

T0: Testigo

T1: 100 % ( $4.20 \times 10^8$  UFC  $g^{-1}$  *Trichoderma harzianum*)

T2: 130 % ( $5.46 \times 10^8$  UFC  $g^{-1}$  *Trichoderma harzianum*)

Un total de 12 Unidades Experimentales la dimensión para cada uno fue de 0.18 m<sup>2</sup>, la dimensión total del área experimental fue de 5.22 m<sup>2</sup>. En dicha etapa se evaluaron tres variables de respuesta como porcentaje de emergencia de plántulas, altura de planta y número de hojas.

Esta etapa tuvo una duración de 55 días tomando en cuenta desde el día de la siembra hasta el trasplante, comprendido entre los meses de agosto y octubre. La siembra se realizó de manera rústica y al boleto, se aplicó riego por inundación de acuerdo a criterios agronómicos para mantener la humedad de suelo a capacidad de campo.

La primera aplicación de inóculo fue el día de la siembra, para cada tratamiento, el suelo fue humedecido con la disolución de *T. harzianum* para los tratamientos T1 y T2, en las especificaciones correspondientes; en el T0 no se aplicó dosis alguna de *T. harzianum*, para la siembra el sustrato fue inundado con agua potable; el volumen para cada unidad Experimental fue de 5.4 L. Se aplicó una dosis de refuerzo a los 15 días, cuando las plantas iban emergiendo del sustrato, la dosis fue al 50 % de la concentración inicial. Esto para los tratamientos T1 y T2. La última aplicación 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.

### Etapa 2. Establecimiento definitivo del cultivo

Fue realizado bajo el modelo estadístico de un Diseño de Bloques al Azar (DBA) con tres tratamientos y tres repeticiones, con un total de nueve Unidades Experimentales, cada unidad experimental con una dimensión de 3 m<sup>2</sup> y se tomaron siete plantas muestras por Unidad Experimental, para su evaluación correspondiente, haciendo un total de 63 plantas en toda el área experimental. Para el factor de bloques se tomó en cuenta el gradiente del terreno y los tratamientos se conservaron en las mismas especificaciones de la Etapa 1.

En el momento de trasplante, las plantas extraídas del almaciguero fueron inoculadas con *T. harzianum* a las dosis especificadas para cada tratamiento en el que el volumen requerido para cada tratamiento fue de 2 L de disolución. Las raíces de las plántulas fueron sumergidas a la disolución de *Trichoderma* durante dos segundos, posteriormente llevadas para el trasplante respectivo. Luego de realizar el riego post trasplante se procedió a inocular el sustrato en el que las plantas fueron establecidas. El volumen de disolución de *T. harzianum* requerido fue de 2.8 L por Unidad Experimental. A los 15 días después del trasplante se aplicó una dosis de refuerzo al 50 % de la concentración inicial.

Las variables evaluadas en la primera fase de almaciguera fueron porcentaje de emergencia y en la segunda fase porcentaje de mortalidad hasta el primer aporque; altura de planta, incidencia de ataque del patógeno y severidad en raíz, fueron tomadas periódicamente y acentuadas desde la aparición de los primeros botones florales hasta la cosecha de manera periódica, cada 10 días. Los datos obtenidos se evaluaron con el programa INFOSTAT con la prueba de sensibilidad de Duncan al 5 %.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Etapa 1. Almaciguero

#### Porcentaje de emergencia

*Trichoderma* favoreció el porcentaje de emergencia, en semillas que fueron inoculadas en el momento de la siembra, se observa un incremento de 22 % en comparación con el tratamiento testigo.

La emergencia de las plántulas donde se aplicó *T. harzianum* se vio favorecida con un promedio de

19.62 % más de emergencia con respecto al testigo que solo obtuvo un 71.71 % de plántulas emergidas (Figura 1), estas plantas que no emergieron fueron infectadas por un fitopatógeno presentes en el sustrato o en las mismas semillas a lo que *T. harzianum* contrarrestó, por sus cualidades antagónicas. Otro porcentaje de semillas no llegó a emerger debido a su tasa de germinación, en este caso la especificación mencionada en el producto es del 90 %.

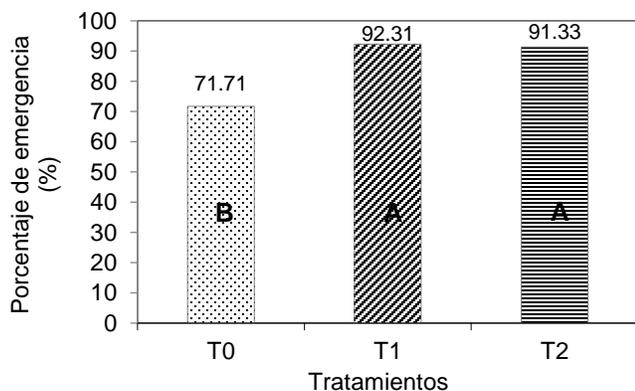


Figura 1. Porcentaje de emergencia de plántulas.

Chacón y 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.

## Etapa 2. Establecimiento definitivo del cultivo

### Porcentaje de mortalidad hasta el primer aporque

Luego de haber realizado un análisis de varianza se tuvo un resultado significativo para la variable de porcentaje de mortalidad, los datos fueron registrados a los 10 días después del trasplante. Al realizar la comparación de medias por Duncan se observa la Figura 2.

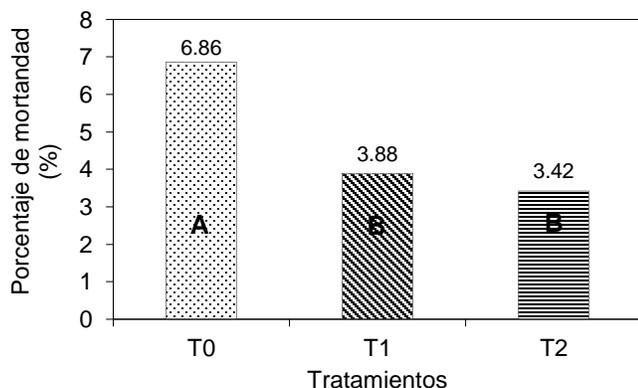


Figura 2. Porcentaje de mortalidad.

En la Figura 2 se observa que los tratamientos T2 y T1 redujeron el porcentaje de mortalidad en un 50 % en comparación al T0, considerando 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. También influyen otros organismos como algunas larvas de coleópteros u otros órdenes quienes atacan la zona radicular de la planta, a eso se añade los factores ambientales; ya que las plántulas fueron sometidas a un cambio brusco de hábitat desde el almaciguero al terreno definitivo, estos factores también fueron favorecidos por *Trichoderma* que es capaz de reducir los efectos de estrés ambiental causado por factores abióticos (Ortuño et al., 2013).

*Trichoderma* produce gran variedad de enzimas, como quitinasas, peroxidasa, fenilalanina amonio liasa, polifenol oxidasa,  $\beta$ -1,3-glucanasa y el contenido de fenoles que pueden romper la pared celular de fitopatógenos, a través de la deposición de calosa, e inducir mecanismos defensa en plantas, enzimas como las proteasas, pueden inactivar y descomponer enzimas hidrolíticas producidas por *P. capsici* (Quispe et al., 2022).

### Altura de planta

La mayor dosificación de *Trichoderma harzianum* dentro del T2 tuvo una fuerte influencia sobre el crecimiento de este pimentón, ya que el establecimiento del hongo en el suelo favoreció la disponibilidad de nutrientes necesarios para su desarrollo de la planta, siendo en esta cantidad más eficiente que el T1 el cual tardara más en establecerse en el suelo por la cantidad aplicada, lo que se muestra en la Figura 3.

El tratamiento T2 obtuvo mayor altura de planta y esto se debe a que los *Trichoderma* son hongos ampliamente utilizados como promotores del crecimiento vegetal, en combinación con fertilizantes orgánicos (Jun et al., 2021) *Trichoderma* produce metabolitos secundarios, entre ellos se encuentra el ácido-3-indolacético (AIA) una hormona inductora del crecimiento (Ortuño et al., 2013). 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, además favorecen el incremento de la disponibilidad de amonio en la rizosfera (Quispe et al., 2022).

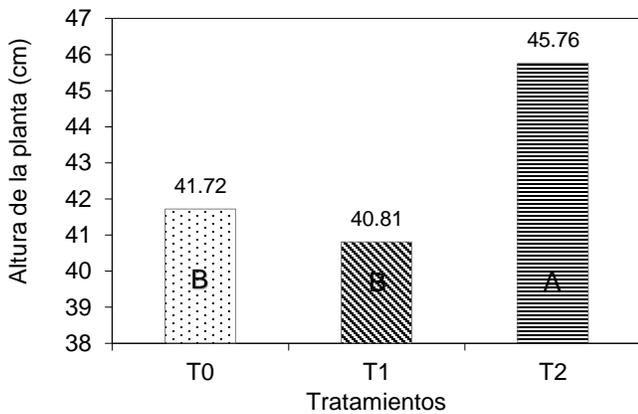


Figura 3. Altura de planta (cm).

### Porcentaje de incidencia de ataque del patógeno

Incidencia es el porcentaje o proporción de individuos enfermos en relación al total, se evalúa en cada individuo, la presencia o ausencia de enfermedad; este parámetro en el cultivo es particularmente útil para estudiar la velocidad y patrón de avance de las enfermedades (Kugler, 2016).

Al analizar los resultados, tomando en cuenta que la incidencia del testigo (7.65) es tomada como el 100 % de incidencia, el tratamiento T2 redujo la incidencia causada por *P. capsici* en 68 % en comparación al tratamiento testigo T0; y una reducción del 48.49% con el tratamiento T1 (Figura 4). Por tanto, se puede afirmar que *T. harzianum* es un biocontrolador efectivo ya que produce mecanismos de defensa para la planta e inhibe y destruye la estructura del patógeno a nivel celular.

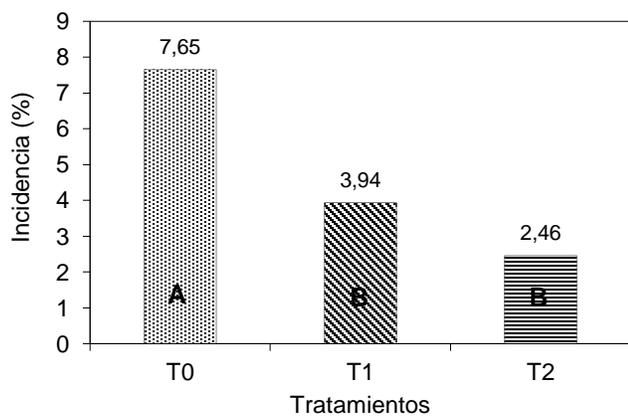


Figura 4. Porcentaje de incidencia.

*T. harzianum* origina cambios estructurales a nivel celular, tales como vacuolización, granulación, desintegración del citoplasma y lisis celular, sobre los organismos controlados, como *Fusarium*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Sclerotium* (Chacón y Yvanosky, 2022).

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 como policétidos PK y NRPs (péptidos de origen no ribosomal), además de HCN (cianuro de hidrógeno) y IAA. Por su parte, *Pseudomonas* produce el antibiótico G26A y *Streptomyces* induce los genes ACCO que sintetiza la enzima ACC oxidasa.

Si bien los fungicidas convencionales proponen reducir completamente al fitopatógeno, tienen alta peligrosidad en el sistema suelo – planta – ambiente; ya que también eliminan organismos benéficos. Huallanca y Giraldo (2014) luego de tratar *Phytophthora capsici* con fungicidas, fertilizantes y biocontroladores concluyó 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.

### Severidad en raíz

Severidad es el porcentaje de la superficie del órgano enfermo, afectado por la enfermedad y varía entre 0 y 100, es un parámetro que refleja con precisión la relación de la enfermedad con el daño provocado al cultivo (Kugler, 2016). Para evaluar dicho porcentaje se realizó de acuerdo a la siguiente escala propuesta por Uribe (2014) (Figura 5).



Figura 5. Escala de severidad del ataque *P. capsici* en la raíz de plantas de pimiento. Fuente: Uribe (2014).

Los síntomas más conspicuos de *P. capsici* se dan por el ataque de zoosporas que ingresan por el suelo y luego se establecen en el cuello de la planta conduciendo en ataques severos a la muerte de la planta, debido a esto se tomó la severidad del ataque en las raíces de las plantas según la escala propuesta por Uribe (2014), mismos que se muestran en la Figura 6.

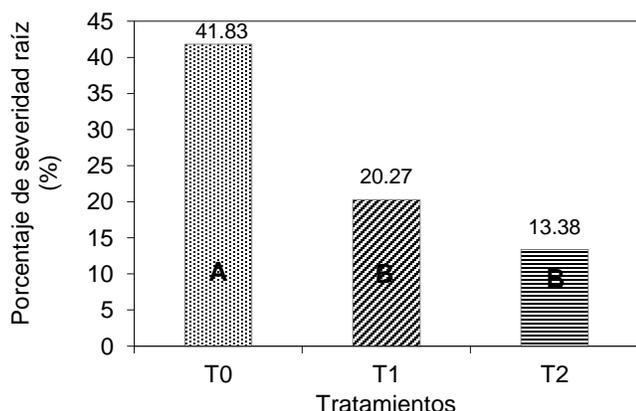


Figura 6. Porcentaje de severidad en raíz.

La Figura 6 muestra un buen control de la severidad, considerando un 100 % de severidad al valor de 41.83 resultado obtenido con el tratamiento T0 muestra que se redujo la severidad en 51.54 % dentro del T1 (20.27) con respecto a el T0 y T2 (13.38) se redujo la severidad en 68 %, lo que demuestra que las zoosporas dentro del suelo fueron controlados por *T. harzianum*, evitando infecciones en las plantas tratadas. *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) compuestos que reducen el pH de la rizósfera y favorecen la inhibición del fitopatógeno.

*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; 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 afectado negativamente por pH ácidos (Quispe et al., 2022).

### Rendimiento

*Trichoderma* favoreció el metabolismo de la planta, además de brindar protección del fitopatógeno *P. capsici*; se observó mayor número de frutos por planta y por ello el peso de fruto por planta superó a las plantas que no fueron inoculadas con *T. harzianum*.

El rendimiento en pimentones formados se refleja en la Figura 7, donde el T1 obtuvo los mejores rendimientos, seguido del T2 lo que puede explicarse al considerar la baja severidad de ataque de *P. capsici* en las raíces, siendo estimuladas también por la disponibilidad de nutrientes que puso *T. harzianum* como promotor de crecimiento, infiriendo que T1 dispuso de mayores nutrientes al momento de la floración explicándose de esta manera su mayor rendimiento con relación a T2.

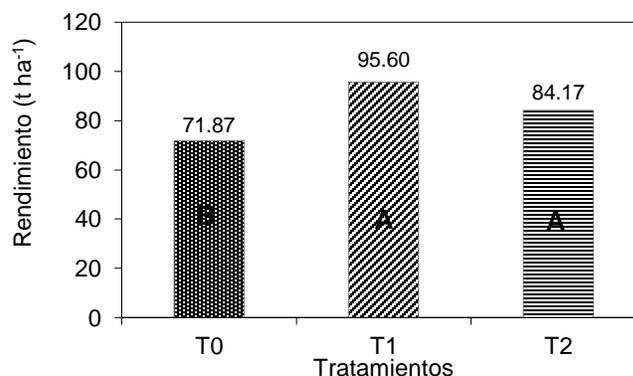


Figura 7. Rendimiento del pimentón (t ha<sup>-1</sup>).

*Trichoderma* aparte de su acción antagonista también promueve un metabolismo óptimo en las plantas, a ello se atribuye el incremento del 25 % del rendimiento en plantas inoculadas con *T. harzianum* en comparación al tratamiento testigo. El buen rendimiento, es el resultado de plantas bien adaptadas al medio, la genética y la salud vegetal, además del buen manejo agronómico. Hace más de un siglo que *P. capsici* fue reportado por primera vez y sigue siendo un factor limitante para la producción del pimiento. Principalmente porque el fitopatógeno ocasiona mayor mortandad de las plantas, al inicio de la fructificación.

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 (Savando et al., 2017).

*Trichoderma* produce fitohormonas como auxinas, giberelinas e incluso ácidos orgánicos; los cuales disminuyen el pH del suelo y propician la solubilización de fosfatos, hierro y magnesio (Quispe et al., 2022) es decir que facilita la disponibilidad de absorción de nutrientes en la rizósfera mejorando el metabolismo de la planta. Entre tanto, el rendimiento depende del genotipo del cultivar a esto se suman diversas variables ambientales y agronómicas; además si toma en cuenta la tecnología de producción (Elizondo y Monge, 2017).

## CONCLUSIONES

*Trichoderma harzianum* fue efectivo en el control biológico de la “tristeza del pimiento”, enfermedad causada por *Phytophthora capsici*. Se obtuvo una reducción de la incidencia de la enfermedad de 48 a 68 % en comparación con el tratamiento testigo T0, en cual no fue aplicada dosis alguna de *Trichoderma* desde el almácigo hasta la cosecha.

La severidad de la enfermedad en las raíces se logró reducir hasta en un 68 % con respecto al testigo, lo que muestra una alta eficiencia de control del patógeno en condiciones de campo. Se observa un incremento en el rendimiento del cultivo en un 25 % en los tratamientos cuyo sustrato fue inoculadas con *T. harzianum*, obteniendo 95.60  $\text{tha}^{-1}$  con el (T1); 84.17  $\text{tha}^{-1}$  con el (T2), comparadas con el testigo que solo obtuvo 71.87  $\text{tha}^{-1}$  de rendimiento. Los resultados obtenidos dan una alternativa de control biológico

eficiente además de ser amigable con el medio ambiente y la flora microbiana del suelo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alejo, JP. 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” (en línea). Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Consultado 12 feb. 2022. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/6818/T-2196.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Agrios, G. 2005. Patología de planta. Departamento de Fitopatología Universidad de Florida. 5ª edición.
- ArcGis. 2021. Cree su propio mapa con AQUÍ: mapas personalizados con datos de ubicación (3.x) (en línea). [Software]. Consultado 16 abr. 2022. Disponible en <http://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-desktop/overview>
- 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* (en línea). Revista Saudita de Ciencias Biológicas 17:153. Consultado 12 dic. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2010.02.009>
- BAYER. 2017 ¿Cómo ataca la Phytophthora? (en línea) Consultado 31 jul. 2022. Disponible en [https://www.bing.com/videos/riverview/relatedvideo?q=BAYER,%20\(2017\)%20C2%BFC%C3%B3mo%20ataca%20la%20Phytophthora&mid=C02800233128F7B0198CC02800233128F7B0198C&ajaxhist=0](https://www.bing.com/videos/riverview/relatedvideo?q=BAYER,%20(2017)%20C2%BFC%C3%B3mo%20ataca%20la%20Phytophthora&mid=C02800233128F7B0198CC02800233128F7B0198C&ajaxhist=0)
- Chacón, V; Yvanosky J. 2022. *Trichoderma harzianum*. Ed. Mexico. 140 p.
- Ezziyyani, M; Sánchez, CP; Ahmed, AS; Requena, ME; Castillo, MEC. 2004. *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el biocontrol de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) (en línea). Anales de biología (26):35-45. Consultado 11 dic. 2022. Disponible en <https://revistas.um.es/analesbio/article/view/30441>
- Elizondo, E; Monge, JE. 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.
- García-Espejo, CN; Mamani-Mamani, MM; Chávez-Lizárraga, GA; Álvarez-Aliaga, MT. 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.
- Caracterización molecular e identificación de aislados de biocontrol de *Trichoderma harzianum* del distrito de Embu, Kenia (en línea). Agroecosistemas tropicales y subtropicales 13(1):81-90. Consultado 15 abr. 2022. Disponible en

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-04622011000400013](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000400013)

- Hernández, DJ; 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, CA; Giraldo, CAC. 2014. Control de Phytophthora capsici Leonian en Capsicum annum cv. Papri king con fungicidas, fertilizantes y biocontroladores. En Anales Científicos 75(1):130-137. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Jaimes, R. 2023. Las cinco hortalizas de mayor importancia en Bolivia. (Comunicación personal, 10 de enero de 2023).
- Jiménez, PA. 2018. Identificación del agente causal (s) de la pudrición radicular en pimiento (*Capsicum annum* L.) en Tumbaco. Tesis Lic. Quito, Ecuador. Universidad Central del Ecuador. 140 p.
- Jun, A; Hdong, WL; Cue, X; Xu, L; Rong; H. 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.
- 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. 87 p.
- Marcello, CM; Steindorff, SP; Silva, RN; Silva, LAM; Ulhoa, CJ. 2010. Análisis de expresión de la exo- $\beta$ -1,3-glucanasa del hongo micoparásito *Trichoderma asperellum*. Investigación microbiológica 165:75-81.
- 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). pp 20-23.
- Puño, R, TE. 2011. Evaluación de la capacidad biocontroladora de metabolitos de *Trichoderma inhamatum* Bol12. Revista de la Sociedad de Investigación Selva Andina. Bolivia. p. 26- 33.
- Quispe, E; Moreira-Morrillo, AA; Garcés-Fiallos, FR. 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. Ciencia Agropecuaria, 13(3):275-289.
- Romero-Cortes, T; López-Pérez, PA; Ramírez, M; Cuervo-Parra, JA. 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, F; Molina, LM; Garcés, FR. 2017. Trichoderma harzianum en pre-transplante aumenta el potencial agronómico del cultivo de piña. Revista Brasileira de Ciencias Agrarias, 12(4):410-414.
- Sánchez, E; Torres, A; Flores, MA; Preciado, P; Márquez, 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; Ávila, G. 2009. Distribución Espacio Temporal de la marchitez del chile (*Capsicum annum* L.) (en línea). Revista Fitotecnia Mexicana 40(3). Consultado 21 mar. 2022. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/610/61050549013/html/>
- Uribe, L. 2014. Pudrición basal causada por (*Phytophthora capsici*) en plantas de chile tratadas con vermicompost. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. Agron. Mesoam. 25(2):243-253. 2014. ISSN:2215-3608. San José, Costa Rica.

Artículo recibido en: 18 de junio del 2023

Aceptado en: 11 de diciembre del 2023