

## Efecto de aplicaciones de *Trichoderma harzianum* Rifai sobre la bioproductividad y crecimiento de una variedad de ají dulce (*Capsicum chinense* Jacq)

### Effect of *Trichoderma harzianum* Rifai applications on the bioproductivity and growth of a sweet pepper variety (*Capsicum chinense* Jacq)

Juan Vicente Reggeti\* y Dayana Pérez<sup>1\*\*</sup>

\*Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Apdo. 4579. Maracay 2101, Aragua, Venezuela

\*\*Instituto de Botánica Agrícola. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Apdo. 4579. Maracay 2101, Aragua, Venezuela

#### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de aplicaciones de *T. harzianum* Rifai sobre la bioproductividad y crecimiento de una variedad de ají dulce (*Capsicum chinense*) bajo condiciones de umbráculo, se establecieron plántulas de ají variedad Llanerón en las cuales se evaluaron dos tratamientos; tratamiento 1: aplicación de *T. harzianum* a dosis comercial 1 x UFC/gramo cada diez días a partir del trasplante, entre 10-20 ml por planta y tratamiento 2: plantas con fertilización convencional (10-20-20), sin aplicación del hongo, aplicando 0,3 g por planta 7 días después del trasplante y 0,20 g al inicio de la floración; y la misma cantidad de agua cada vez que se aplicó el tratamiento 1. Se realizaron muestreos cada siete días después de la primera aplicación del producto comercial para un total de ocho muestreos no destructivos para evaluar las variables morfofisiológicas e índice de clorofila; para las variables de crecimiento se realizaron cinco muestreos destructivos, se utilizaron seis plantas seleccionadas al azar de cada tratamiento. Se realizó un análisis de varianza y a las variables que resultaron con

#### ABSTRACT

To evaluate the effect of *T. harzianum* Rifai applications on the bioproductivity and growth of a sweet pepper variety under shade house conditions, Llanerón pepper seedlings were established. Two treatments were evaluated: treatment 1: application of *T. harzianum* at a commercial dose of 1 x 10<sup>11</sup> CFU/gram every ten days after transplanting, between 10-20 ml per plant; and treatment 2: plants with conventional fertilization (10-20-20), without application of the fungus, applying 0.3 g per plant, 7 days after transplanting and 0.20 g at the beginning of flowering phase and the same amount of water each time that treatment 1 was applied. Sampling was carried out every seven days after the first application of the commercial product, for a total of eight non-destructive samplings to evaluate morphophysiological variables and chlorophyll index. For growth variables, five destructive samplings were carried out, using six randomly selected plants from each treatment. An analysis of variance was performed, and the variables with significant differences were tested

Autor de correspondencia: Dayana Pérez  
E-mail: dayanaperez@gmail.com; Telf: +58 0414 3439007  
ORCID: <sup>1</sup> 0002-3286-0975

Recepción: 01-07-2024  
Aceptado: 02-05-2025  
Publicado: julio, 2025

Esta Revista se publica bajo el auspicio del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, UCV

diferencias significativas se les aplicó la prueba de Tukey al 5%. Todas las variables de crecimiento reflejaron un mayor peso y desarrollo en todas las plantas tratadas con el hongo. Las aplicaciones semanales de *T. harzianum* generaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) aumentando el rendimiento tanto en número de frutos como en su peso en comparación a las plantas tratadas con fertilizante. La presente investigación ratificó el efecto del hongo en cuando a mayor peso y desarrollo de las plantas tratadas, en comparación con aquellas que solo recibieron fertilización química.

**Palabras clave:** bioestimulante, crecimiento, Solanaceae, rendimiento.

## INTRODUCCIÓN

El ají dulce (*Capsicum chinense* Jacq) es una hortaliza que en el país tiene un uso fundamental como condimento de consumo en forma fresca. Además, se utiliza en la elaboración de salsas envasadas y potencialmente es un producto que se puede deshidratar o moler para aprovecharse como condimento en polvo (Montaño, 2000).

El uso de estimuladores de crecimiento suele ser una opción para mantener la producción con un menor impacto ambiental. Los biofertilizantes son insumos formulados con uno o varios micro-organismos, los cuales, de una forma u otra, proveen o mejoran la disponibilidad de nutrientes presentes en el sustrato, cuando se aplican a los cultivos (Hermosa *et al.*, 2012; Pedrero *et al.*, 2021). Las especies de *Trichoderma* han sido reconocidas por su capacidad para aumentar el crecimiento y desarrollo de las plantas (Kumar *et al.*, 2018).

El hongo *Trichoderma* sp. es considerado un promotor del crecimiento vegetal, actuando como bioestimulador y con su potencial fijación biológica de fósforo, logra disminuir la incidencia de enfermedades en los cultivos en más del 60% y estimula el desarrollo vegetativo observándose mayor vigor, abundante follaje y mejor crecimiento radical, pudiendo utilizarse como alternativa para mejorar la productividad y rendimiento del cultivo en el país (Neyra *et al.*, 2013; Woo *et al.*, 2023).

Así mismo, se han observado que los beneficios obtenidos por la aplicación de *T. harzianum* varían según las condiciones ambientales y con la asociación

with the 5% Tukey test. All growth variables showed greater weight and development in all plants treated with the fungus. Weekly applications of *T. harzianum* generated significant differences ( $P < 0.05$ ), increasing yield in both number of fruits and weight compared to plants treated with fertilizer. This study confirmed the effect of the fungus on greater weight and development of treated plants compared to those that only received chemical fertilization.

**Key words:** biostimulant, growth, Solanaceae, yield.

particular de las especies involucradas. Este hongo puede estimular el crecimiento de plantas cultivadas (González *et al.*, 2019; Rabeendran *et al.*, 2000); existiendo algunos reportes en arroz (Bacusoy y Fiencho, 2023), caraota (Martínez, 2014), maíz (Mota, 2016), lechuga, tabaco, auyama, entre otras (Pérez *et al.*, 2009; Woo *et al.*, 2014).

La producción de ácido indolacético estimulada por el hongo *T. harzianum*, favorece el alargamiento de las raíces, lo que permite una mejor absorción de nutrientes, transformación de la materia orgánica del suelo y solubilizar fosfatos orgánicos e inorgánicos, todo esto contribuye a una mejor nutrición vegetal (Cubillos *et al.*, 2009).

Andrade, (2012), evaluando el efecto de la aplicación del *Trichoderma* en el cultivo del maíz, determinó que se requería menos fertilizante nitrogenado en comparación con el maíz no tratado; lo cual implicó un ahorro del 35 al 40% de fertilizante.

En este sentido, los productos a base de *Trichoderma* constituyen una alternativa ecosostenible para reducir la dependencia agrícola de los agroquímicos, particularmente de los fertilizantes nitrogenados; considerando sus impactos ambientales nocivos, sin afectar las tasas de producción, así como ayudar a la planta a superar condiciones ambientales adversas (Silletti *et al.*, 2021). Por lo tanto, para innovar con un modelo fundamentado en el desarrollo sustentable, se realizó esta investigación con la finalidad de determinar el efecto de *T. harzianum* como biofertilizante sobre el desarrollo y crecimiento de plantas de una accesión de ají dulce, para dar a conocer su uso a los productores, y contribuir a la disminución de la contaminación ambiental de suelos y aguas por el uso irracional de agroquímicos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en el umbráculo de Fisiología Vegetal del Instituto de Botánica Agrícola de la Facultad de Agronomía-Universidad Central de Venezuela (FAGRO-UCV) Maracay.

Las plántulas de ají dulce variedad Llanerón, fueron transplantadas sobre un sustrato compuesto por tierra y aserrín de coco en proporción 2:1 contenido en bolsas de polietileno de 5 kg de capacidad. Se colocó una plántula por bolsa. El ensayo tuvo una duración de 100 días después del trasplante (ddt).

Se utilizó *Trichoderma harzianum* Rifai a dosis 1 x UFC/gramo, se evaluaron dos tratamientos, se utilizó un diseño completamente aleatorizado. En el tratamiento 1 ( $T_1$ ) se realizó la aplicación del producto a dosis comercial 1 x UFC/gramo cada diez días, tomando como base la investigación de Martínez (2014), a razón de 10-20 ml por planta y en el tratamiento 2 ( $T_2$ ), las plantas fueron manejadas con fertilización convencional (10-20-20), sin aplicación del hongo; aplicando 0,3 g por planta a los 7 días después del trasplante y 0,2 g por planta al inicio de la floración y la misma cantidad de agua cada vez que se aplicó el  $T_1$ .

**Variables morfológicas de órganos vegetativos:** Se realizaron muestreos no destructivos cada siete días después de la primera aplicación del producto comercial. Se utilizaron seis repeticiones con tres plantas seleccionadas al azar de cada tratamiento en cada muestreo, durante todo el ensayo, las plantas fueron marcadas para tal fin.

- **Altura de planta:** se midió con una cinta métrica desde el cuello de la planta hasta el ápice del tallo principal (cm).
- **Diámetro del tallo principal:** se midió con un vernier de lectura directa a 1 cm de la base del tallo.
- **Número de hojas totales:** se contó el número total de hojas fotosintéticas, totalmente expandidas de cada planta.
- **Índice de clorofila (unidades Spad):** se utilizó un medidor de clorofila (SPAD 502 Plus, Minolta) y se evaluaron en tres hojas recientemente maduras, por tratamiento y por repetición.

**Variables de crecimiento:** Se realizaron muestreos destructivos cada 15 días después de la primera aplicación del producto comercial (dda) hasta que se alcanzó la cosecha. En cada muestreo, se tomaron seis repeticiones con tres plantas al azar por tratamiento, se les eliminó el sustrato con cuidado de no dañar las raíces, se lavaron, se separaron las estructuras (hojas, tallos, raíz, flores y frutos) y se llevaron al Laboratorio de Morfoanatomía Vegetal del Instituto de Botánica Agrícola de la FAGRO-UCV, Maracay, estado Aragua para realizar las siguientes determinaciones:

- **Área foliar AF ( $\text{cm}^2$ ):** para calcular el área foliar total por planta, se procedió a realizar una sumatoria del AF de hojas individuales, a las cuales se midió largo por ancho ( $\text{cm}^2$ ).
- **Peso seco de las hojas (g):** una vez contadas las hojas, se procedió a colocarlas en una estufa Memert, Mod. U40 a 30°C por 24 h para determinar el peso seco utilizándose una balanza analítica Marca Ainsworth, modelo 300.
- **Peso seco de la parte aérea (g):** una vez separadas las hojas, se procedió a colocar los tallos y ramas en una estufa Memert, Mod. U40 a 30°C por 24 h para determinar el peso seco utilizándose una balanza analítica Marca Ainsworth, modelo 300.
- **Peso seco de las raíces (g):** se procedió a cortar las raíces desde el cuello de la planta y se colocaron en una estufa Memert, Mod. U40 a 70°C por 72 horas para determinar el peso seco utilizándose una balanza analítica Marca Ainsworth, modelo 300.
- **Peso seco total (g):** para la determinación del peso seco total se realizó la sumatoria del peso seco de las hojas más el peso de las otras estructuras (raíz, tallo, hojas y frutos).

**Variables de Rendimiento:** Durante la cosecha, a los 75 días después de la aplicación de los tratamientos; se evaluaron las variables asociadas al rendimiento: número de frutos y peso de frutos.

**Análisis Estadístico:** Los datos que cumplieron con los supuestos de análisis de varianza se les realizó un ANAVAR; y las que resultaron con diferencias significativas se le aplicó la prueba de medias de Tukey al 5% con el programa Statistix 8.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efecto de aplicaciones de *T. harzianum* sobre variables morfofisiológicas de plantas de una variedad de ají dulce creciendo bajo condiciones de umbráculo

#### Altura de planta

A lo largo de todo el ensayo la variable altura de la planta presentó una tendencia ascendente constante para los dos tratamientos evaluados.

En el Cuadro 1, se presentan los promedios de altura de la planta por tratamiento y semana (muestreo). Durante los muestreos, se presentaron diferencias significativas, siendo las plantas de  $T_1$  las que mostraron una mayor altura a diferencia del tratamiento  $T_2$ .

Las plantas tratadas con el hongo visualmente presentaron una mayor ramificación que las que sólo se les aplicó fertilización completa; coincidiendo con lo evaluado por Harman *et al.* (2004), quienes demostraron que las plantas tratadas con *Trichoderma* tenían una mayor absorción de nutrientes y un mayor número de brotes. Además, Guigón y González (2004), reportaron que la aplicación de cepas de *Trichoderma* spp. en invernadero, promovieron un mejor crecimiento y desarrollo de plantas de ají; la cepa TC74 a una concentración de  $26 \times 10^7$  conidios. $\text{ml}^{-1}$  produjo plantas hasta un 30% más altas.

De igual manera, en el cultivo de maíz, López *et al.* (2010), evaluaron la aplicación de este hongo y señalaron que las plantas tratadas presentaron una altura de 90 cm en comparación con el testigo de sólo 51,08 cm. Así mismo, Martínez (2014), reportó que existió un efecto de la aplicación de *T. harzianum* sobre la altura de plantas de caraota.

#### Número de Hojas

Evaluando esta variable de manera individual por muestreos se encontraron diferencias significativas durante los primeros 4 muestreos (36 dda) en los cuales las plantas de  $T_1$  presentaron mayor número de hojas en comparación con  $T_2$ . El pico máximo de número de hojas fue de 160 en  $T_1$ ,

a los 64 días después de la primera aplicación del hongo con un total de 8 aplicaciones de *T. harzianum* y 151 hojas para  $T_2$  (Cuadro 1).

El número de hojas es una característica fenológica de cada cultivar o especie, genéticamente presenta un crecimiento sigmoidal que se ve reflejado en una producción acelerada de hojas durante el crecimiento del cultivo y a medida que transcurre el tiempo, la energía es destinada a la producción de botones florales y luego al llenado de frutos (Mendoza, 2017). Por lo tanto, durante los primeros muestreos con un total de 4 aplicaciones de *T. harzianum*, se observó un efecto en cuanto al aumento visible de esta variable.

#### Diámetro del tallo

Se observaron diferencias significativas para esta variable durante todos los muestreos. Se observó el incremento en el diámetro del tallo para el  $T_1$  con un aumento notorio hasta los 64 dda (Cuadro 1). La presente investigación demuestra una relación directa entre el diámetro de tallo y la aplicación del hongo *T. harzianum*, el cual influye en el desarrollo de este órgano de la planta al bifurcarse gradualmente a partir de la producción de hojas, después que el brote ha terminado por una flor o vástago floral (botón floral). A medida que la planta crece, ambas ramas se subramifican, después que el crecimiento del brote ha producido un número específico de órganos florales, vuelve a iniciarse una continuación vegetativa del proceso (Mendoza, 2017).

#### Índice de clorofila

En relación a la variable índice de clorofila no existió diferencia significativa entre los tratamientos en ninguno de los muestreos durante todo el ensayo. Se ha demostrado que la aplicación del hongo mejora el verdor en hojas de maíz (Harman, 2000), sin embargo, en el presente análisis es probable que el número de muestreos efectuados y la frecuencia de muestreos no fueron suficientes para demostrar una diferencia relevante.

Akladious y Abbas (2012), encontraron resultados que mostraron diferencias significativas en el contenido de pigmentos con aplicaciones del hongo; lo que se traduce en una planta con mayor crecimiento, más energía y más eficiente.



**Cuadro 1.** Valores promedio de altura, Número de hojas, diámetro del tallo e índice de clorofila promedio de las plantas de ají dulce durante los ocho muestreos no destructivos evaluados.

Altura de la planta (cm) media ± DE								
	15 dda <sup>y</sup>	22 dda	29 dda	36 dda	43 dda	50 dda	57 dda	64 dda
T <sub>1</sub>	22,80± 0,95a	24,67±1,40a	26,73± 2,01a	28,08± 3,58a	29,72± 3,61a	31,17±7,91a	31,52± 7,57a	32,03± 6,60a
T <sub>2</sub>	19,08±1,75b	20,83±2,25b	21,70± 1,88b	23,08± 1,16b	25,53± 3,45b	27,98± 6,88b	28,50± 6,98b	28,80 ±4,38b
Número de hojas media ± DE								
T <sub>1</sub>	46±18a	49±18a	56±14a	82±13a	108±14a	154±69a	159± 30a	160± 00a
T <sub>2</sub>	24±5b	28±6b	36±8b	64 ±13b	101± 16a	143 ±29a	144± 33a	151± 26a
T*	Diámetro del tallo (mm) media ± DE							
T <sub>1</sub>	0,93± 0,23a	1,05± 0,10a	1,22± 0,17a	1,30± 0,17a	1,32± 0,17a	1,38± 0,20a	1,40± 0,10a	1,42±0,20a
T <sub>2</sub>	0,75± 0,20b	0,87± 0,16b	0,92± 0,14b	0,93± 0,16b	0,95± 1,19b	0,98±0,17b	0,99± 0,10b	1,07± 0,14b

**Tratamientos:** T1 (con *T. harzianum* sin fertilizante); T2 (con fertilizante sin *T. harzianum*) y dda: días después de la aplicación. Letras diferentes en la misma columna, indican diferencias estadísticamente significativas según prueba de medias Tukey (P<0,05). DE: Desviación Estándar.

### Caracterización del crecimiento de las plantas de ají dulce desde el trasplante hasta la cosecha, tratadas con *T. harzianum*, mediante mediciones de acumulación de peso seco y área foliar

#### Área Foliar (AF)

A partir del segundo muestreo se refleja un incremento en el área foliar en las plantas del T<sub>1</sub> con diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en todos los muestreos en relación al T<sub>2</sub> (Cuadro 2). El aumento acelerado en el AF para las plantas del tratamiento 1 a partir de los 30 días después de la primera aplicación concluye con un área total obtenida por plantas de 4826,9±779 cm<sup>2</sup> a los 75 dda. Los mayores valores se reflejaron en el cuarto y quinto muestreo, los cuales van asociados con el mayor crecimiento vegetativo del cultivo cuando las plantas fueron tratadas 6 y 7 veces (aplicaciones) con el hongo respectivamente.

En este sentido, Guigón y González (2004), observaron en plantas de ají tratadas con aplicaciones de *Trichoderma*, en dosis de 250 ml a una concentración de 26 x 10<sup>7</sup> conidios.ml<sup>-1</sup>, diferencias de hasta 250 cm<sup>2</sup> en comparación al testigo.

Estudios anteriores presentaron resultados similares a los obtenidos en esta investigación, los cuales demuestran de manera general que las plantas que recibieron aplicaciones de *T. harzianum* fueron las que mostraron mayor tamaño y como consecuencia un área foliar mayor en comparación a las no tratadas con el hongo, lo que deriva en una estimación de la capacidad de captación de energía solar del dosel vegetal que puede ser absorbida y convertida en biomasa (Azofeifa y Moreira, 2004).

#### Peso seco de hojas

Se observó el efecto del hongo con una mayor producción de materia seca en las hojas en comparación a las plantas de T<sub>2</sub>. Las plantas del T<sub>1</sub> presentaron valores más altos de peso seco de hojas en el último muestreo. El incremento de peso entre el tercer y cuarto muestreo (45 dda y 60 dda, respectivamente) fue el más alto; a partir de este punto hay una coincidencia con el periodo de floración, lo que deriva en la movilización de fotoasimilados a la formación de flores y frutos de la planta.

Estos resultados concuerdan con lo demostrado por Akladios y Abbas (2012), en el cultivo de maíz, quienes observaron un incremento en algunas

variables de crecimiento, entre ellas, peso de las hojas de las plantas tratadas con *T. harzianum*, en comparación al tratamiento control, además al aumentar las concentraciones del hongo en las aplicaciones, se incrementan diferentes parámetros de crecimiento.

### Peso seco de la raíz

En el Cuadro 2, se presentan los promedios de peso seco de las raíces por tratamiento y muestreo. Tomando como referencia los valores de todo el ciclo, las plantas del T<sub>1</sub>, mostraron mejor comportamiento en relación a esta variable con respecto al T<sub>2</sub> en la mayoría de los muestreos, obteniendo una diferencia significativa de 2,02 g entre muestreos a los 75 días después de la primera aplicación (dda) y con un total de 7 aplicaciones del hongo.

Partiendo del segundo muestreo ya el efecto del bioestimulante se refleja en los valores del T<sub>1</sub> al aumentar de manera significativa y superar incluso en las siguientes evaluaciones al T<sub>2</sub>. En el cuarto muestreo (60 dda) se evidenció el mayor aumento de

esta variable al alcanzar los 2,95 g en comparación al muestreo anterior (45 dda) en el caso de las tratadas con el hongo, presentando la misma tendencia de otras variables evaluadas. Lo anterior se corresponde con las características del cultivo de ají, el cual a pesar de formar hojas verdaderas sigue desarrollando un sistema radical, alargando y profundizando la raíz pivotante y algunas raíces secundarias laterales (Mendoza, 2017).

Existen reportes de investigaciones que evidencian el efecto de aplicaciones del *T. harzianum* sobre el peso seco de la raíz, como el caso de López *et al.* (2010), quienes indicaron que plantas de maíz que no fueron tratadas con *Trichoderma* sp. presentaron un desarrollo radical menor que las tratadas con el hongo.

### Peso seco del tallo

En el Cuadro 2, se muestran los promedios de peso seco del tallo por tratamiento y muestreos, notándose que durante el primer mes (30 dda) no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

**Cuadro 2.** Valores promedios de Área foliar, Peso seco de hojas, de raíz, tallo y peso seco total promedio de las plantas de ají dulce durante los cinco muestreos destructivos evaluados.

Área foliar (cm <sup>2</sup> ) media ± DE					
	15 dda <sup>y</sup>	30 dda	45 dda	60 dda	75 dda
T <sub>1</sub>	395,9±32,39a	992,3±321a	1615,4±108,52a	3155,6±205,8a	4826,9±779a
T <sub>2</sub>	339,79±68,34a	489,2±186,2b	1015,8±189,2b	2010,7±399,1b	350,90±165,3b
PSH (g) media ± DE					
T <sub>1</sub>	0,72±0,12a	2,61±0,75a	5,91±1,49a	10,56±1,34a	12,83±3,06a
T <sub>2</sub>	0,65±0,23a	1,46±0,38b	3,50±0,80b	9,28±1,8a	9,50±0,94b
PSR (g) media ± DE					
T <sub>1</sub>	0,15±0,05a	1,03±0,45a	3,30±1,18a	6,25±1,40a	7,18±0,64a
T <sub>2</sub>	0,43±0,13b	0,75±0,35a	1,73±0,27b	4,43±1,19b	5,16±0,88b
PST (g) media ± DE					
T <sub>1</sub>	0,16±0,07a	1,51±0,63a	4,38±1,15a	9,50±3,23a	14,13±2,91a
T <sub>2</sub>	0,18±0,02a	1,00±0,26a	3,15±0,55b	7,06±2,06a	7,76±1,71b
Peso seco total (g) media ± DE					
T <sub>1</sub>	1,03±0,17a	5,16±1,69	13,60±3,38a	27,35±4,71a	41,10±5,23a
T <sub>2</sub>	1,27±0,28a	3,21±0,81b	8,38±1,37b	20,78±3,53a	24,41±3,04b

**Tratamientos:** T1 (con *T. harzianum* sin fertilizante); T2 (con fertilizante sin *T. harzianum*) y dda: días después de la aplicación. Letras diferentes en la misma columna, indican diferencias estadísticamente significativas según prueba de medias Tukey (P<0,05). DE: Desviación Estándar

Al cumplir los 45 dda y realizado el tercer muestreo, fue cuando se evidenció una tendencia diferente a las primeras tres, obteniendo valores en el  $T_1$  de 4,38 g en diferencia del  $T_2$  con 3,15 g, lo cual arroja una diferencia entre tratamientos de 1,23 g para ese muestreo. En el cuarto muestreo se repite la tendencia del primer mes de muestreo al no presentar diferencias significativas entre ambos tratamientos.

El aumento del peso seco del tallo fue más evidente a partir del cuarto muestreo, el cual coincide con la fase de crecimiento en la que el tallo se incrementa y bifurca debido a que la planta necesita obtener de manera acelerada un mayor número de fotoasimilados para empezar el llenado de frutos. Santander (2013), aplicando *Trichoderma* ( $106 \text{ con.ml}^{-1}$ ) a plantas de pimentón, observó que las plantas tratadas fueron superiores al testigo, presentando una diferencia de 2,38 g con respecto a este último, aproximándose a los resultados obtenidos en esta investigación respecto a la variable de peso seco de tallo.

### Peso seco total

En el Cuadro 2, se muestran los resultados obtenidos, los cuales indican que en las plantas del  $T_1$  presentaron una diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ) en comparación con el  $T_2$  de 16,69 g entre las plantas de ají dulce. Al analizar individualmente cada muestreo, se puede observar que solo en el primero, la fertilización convencional está por encima de las que recibieron bioestimulante con una diferencia de 0,24 g la cual no representa una diferencia significativa.

### Efecto de aplicaciones de *T. harzianum* sobre el rendimiento de peso de frutos de plantas de una variedad de ají dulce creciendo bajo condiciones de umbráculo

Con base en los resultados obtenidos, en el análisis de la varianza, se observa que existen diferencias significativas entre tratamientos. En el Cuadro 3, se aprecia el efecto del tratamiento al cual fue sometido el cultivo y que influyó en la variable número de frutos y peso de frutos frescos.

Analizando la variable número de frutos, se encuentran diferencias significativas entre tratamientos, las plantas evaluadas en el  $T_1$  presentaron un incremento en la producción de frutos en las plantas evaluadas con un aproximado

de 150 frutos, en estas 6 plantas seleccionadas para el rendimiento. Por su parte, el  $T_2$  refleja una diferencia con respecto a  $T_1$  de 18 frutos.

Pérez *et al.* (2009), aplicando *T. harzianum* de manera foliar sobre el cultivo de arroz con una frecuencia de 12 días a diferentes dosis encontraron que a una dosis alta de  $5 \text{ kg.ha}^{-1}$  se lograron los valores más altos en cuanto al peso seco total con una diferencia de 23,51 g con el testigo.

En cuanto al peso fresco de frutos, la tendencia fue similar a la variable anterior debido a que las plantas tratadas con fertilización química convencional arrojaron valores con una tendencia más baja, en comparación a las plantas tratadas con el *T. harzianum*. Es importante destacar que durante el ensayo se observó que las plantas tratadas con el hongo presentaron una floración más temprana que las tratadas con fertilizantes químicos, por ende, la fructificación fue mucho más efectiva logrando los resultados previos en cuanto a variables de rendimiento. Estos resultados concuerdan con lo señalado por Melgar (2007), quien en ají dulce con aplicaciones de *T. harzianum* a dosis de  $430 \text{ g.ha}^{-1}$  aplicado en semillero y trasplante obtuvo hasta  $4,32 \text{ Mg.ha}^{-1}$  de diferencia en relación al testigo. También Gravel *et al.* (2006), en un ensayo con el cultivo de tomate bajo condiciones controladas, luego de la inoculación de *T. atroviride*, reportaron que aumentó el rendimiento de frutos comerciales en comparación con las plantas testigos.

**Cuadro 3.** Rendimiento de las plantas de ají dulce en número de frutos (NF) y peso fresco del fruto (PFF) (g) a los 90 días después de la primera aplicación de los tratamientos.

	Rendimiento media $\pm$ DE	
	NF	PFF
$T_1$	25,33 $\pm$ 4,80a	301,22 $\pm$ 111,4a
$T_2$	7,16 $\pm$ 3,18b	86,70 $\pm$ 59,11b

**Tratamientos:**  $T_1$  (con *T. harzianum* sin fertilizante);  $T_2$  (con fertilizante sin *T. harzianum*) y dda: días después de la aplicación. Letras diferentes en la misma columna, indican diferencias estadísticamente significativas según prueba de medias Tukey ( $P < 0,05$ ). DE: Desviación Estándar

## CONCLUSIONES

1. En condiciones de umbráculo, las aplicaciones del hongo *T. harzianum* generaron un incremento significativo en las variables diámetro de tallo y altura de la planta, registrándose un mayor número de ramificaciones en las plantas tratadas con el hongo.
2. Se evidenció un mayor desarrollo en todas las variables de crecimiento en las plantas tratadas con el hongo, mostrando una producción mejorada por el bioestimulante.
3. Las aplicaciones semanales de *T. harzianum* generaron diferencias significativas en el rendimiento de las plantas de ají dulce bajo condiciones de umbráculo a los 90 días de aplicación del tratamiento, aumentando el rendimiento tanto en número de frutos como en peso en comparación a las plantas tratadas con fertilización química convencional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Akladios, S.; S. Abbas. 2012. Application of *Trichoderma harzianum* T22 as a biofertilizer supporting maize growth. African Journal of Biotechnology 11 (35): 8672-8683.
- Andrade, C. 2012. Evaluación del efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma atroviride* para el control de marchitez en mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) en el cantón Pillaro, provincia de Tungurahua. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica, Riobamba, Ecuador. pp. 25-26.
- Azofeifa, A.; M. Moreira. 2004. Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. Hot), en Alajuela, Costa Rica. Revista Agronomía Costarricense. (1): 57-67.
- Bacusoy, J.; A. Fienko. 2023. *Trichoderma harzianum* como biofertilizante en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) para una producción ecosostenible. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(1), 9762-9776. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.5089](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5089)
- Cubillos, J.; N. Valero; L. Mejía. 2009. *Trichoderma harzianum* como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var. Flavicarpa Degener). Agronomía Colombiana 27(1): 81-86.
- González, B.; G. Domínguez; R. García. 2019. *Trichoderma*: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura. Biotecnología Vegetal, 19(4): 237-248.
- Gravel, V.; H. Antoun; R. Tweddell. 2006. Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: Possible role of indole acetic acid (IAA). Soil Biology & Biochemistry 39: 1968–1977.
- Guigón, C.; P. González. 2004. Selección de cepas nativa de *Trichoderma* spp. con actividad sobre *Phytophthora capsici* Leonian y promotoras de crecimiento en el cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.). Revista Mexicana de Fitopatología 22 (1): 117-124.
- Harman, G. 2000. *Trichoderma* spp., Including *T. harzianum*, *T. viride*, *T. koningii*, *T. hamatum* and other Spp. Deuteromycetes, Moniliales (Asexual Classification System). Plant Disease 84:377-393
- Harman, G.; R. Petzoldt; A. Comis; J. Chen. 2004. Interactions between *Trichoderma harzianum* strain T22 and maize inbred line Mo17 and effects of these interactions on diseases caused by *Pythium ultimum* and *Colletotrichum graminicola*. Biological Control. (EEUU) 94(2): 147-153.
- Hermosa, R.; A. Viterbo; L. Chet; E. Monte. 2012. Plant beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. Microbiology 158: 17-25.
- Kumar, R, V. Athisayam; Y. Singh; V. Kumar. 2018. *Trichoderma*: a Most Common Biofertilizer with Multiple Roles in Agriculture. Biomed J Sci & Tech Res, 4(5), 4136-4137. doi: DOI: 10.26717/BJSTR.2018.04.001107
- López, Y.; J. Pineda; A. Hernández; D. Ulacio. 2010. Efecto diferencial de seis aislamientos de *Trichoderma* sobre la severidad de *Rhizoctonia solani*, desarrollo radical y crecimiento de plantas de maíz. Bioagro 22(1): 37-42.



- Martínez, E. 2014. Efecto de aplicaciones de *Trichoderma harzianum* Rifai sobre el desarrollo y crecimiento de una línea de *Phaseolus vulgaris* L. en condiciones controladas. Trabajo de Grado. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. 63 p.
- Melgar, J. 2007. Evaluación del efecto de *Trichoderma* sp. y *Glomus* spp. en la incidencia y severidad de enfermedades del suelo y en el rendimiento de tomate, chile dulce y pepino. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). Honduras. 12: 4-9.
- Mendoza, Y. 2017. Implementación de 5 000 m<sup>2</sup> del cultivo de ají dulce (*Capsicum annuum* L.) variedad criolla como modelo demostrativo agrícola en el Municipio de Monte Líbano-Córdoba. Trabajo de Grado. Universidad La Salle. Facultad de Ciencias Agropecuarias e Ingeniería Agronómica. Colombia. 62 p.
- Mota, M. 2016. Efecto de dos métodos de aplicación de *Trichoderma harzianum* Rifai como biofertilizante sobre el crecimiento de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones controladas. Trabajo Grado Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía Maracay, 56 p.
- Neyra, S.; L. Terrones; L. Toro; B. Zarate; B. Soriano. 2013. Efecto de la inoculación de *Rhizobium etli* y *Trichoderma atroviride* sobre el crecimiento aéreo y radicular de *Capsicum annum* var. longum. Rebiolest. Revista Científica de Estudiantes Facultad de Ciencias Biológicas-Universidad Nacional de Trujillo. Perú. 135-137 p.
- Pedrero, A.; H. Insuasti; C. Neagu; T. Illescas; M. Rubio; M. Monte. 2021. Why is the correct selection of *Trichoderma* strains important? The case of wheat endophytic strains of *T. harzianum* and *T. simmonsii*. J. Fungi 7:1087. doi: 10.3390/jof7121087
- Pérez, E.; P. Milanés; N. Rodríguez; G. García; O. Torres; H. Martínez; R. Viamontes; Y. Tamayo; E. Pérez; Y. Prada. 2009. Acción de *Trichoderma harzianum* Rifai en el incremento de biomasa en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). Rev. Prod. Anim. 21 (2): 127-130.
- Rabeendran, N.; D. Moo; E. Jones; A. Stewart. 2000. Consistent growth promotion of cabbage and lettuce from *Trichoderma* isolates. Conference Proceedings of The New Zealand Plant Protection Society Incorporated. U.S.A. 53(1):143-146.
- Santander, G. 2013. Evaluación de aislamientos de *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. para el control de *Phytophthora capsici* Leonian causante de la marchitez del pimentón. Trabajo de Grado de Maestría. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Maracay, Venezuela. Pp. 64-66.
- Silletti, S.; E. Di Stasio; M. Van Oosten; V. Ventorino; O. Pepe; M. Napolitano. 2021. Biostimulant activity of *Azotobacter chroococcum* and *Trichoderma harzianum* in durum wheat under water and nitrogen deficiency. Agronomy 11:380. doi: 10.3390/agronomy11020380
- Woo, S.; R. Hermosa; M. Lorito; E. Monte. 2023. *Trichoderma*: a multipurpose, plant beneficial microorganism for eco-sustainable agriculture. Nat. Rev. Microbiol. 21, 321–326. doi: 10.1038/s41579-022-00819-5
- Woo, S.; M. Ruocco; F. Vinale; M. Nigro; R. Marra; N. Lombardi. 2014. *Trichoderma* based products and their widespread use in Agriculture. Open Mycology J. 8, 71–126. doi:10.2174/1874437001408010071