



Efecto de los microorganismos en el cultivo de *Capsicum annuum* L. bajo acolchado plástico (Original).

Effect of microorganisms in the cultivation of *Capsicum annuum* L. under plastic mulch (Original).

Madeleine Nathaly Pulgarín Sánchez. *Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Machala. Machala. Ecuador.*

[mpulgarin2@utmachala.edu.ec] [<https://orcid.org/0009-0005-1404-6194>]

María Emilse Sánchez Rueda. *Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Machala. Machala. Ecuador.*

[msanchez12@utmachala.edu.ec] [<https://orcid.org/0009-0006-0600-8080>]

Angel Eduardo Luna-Romero. *Ingeniero Agrónomo. Magister Scientiae Recursos Hídricos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Machala. Machala. Ecuador.*

[aeluna@utmachala.edu.ec] [<https://orcid.org/0000-0002-4311-9445>]

Resumen

Los microorganismos tales como la *Trichoderma* y *Beauveria bassiana* tienen la capacidad de mitigar los problemas de agentes patógenos en distintos cultivos. Sin embargo, la aplicación de estos microorganismos como potenciadores en el desarrollo de plantas de pimiento, para aumentar su producción y rendimiento es limitada. Por lo tanto, esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto que tienen los microorganismos con respecto al cultivo de pimiento variedad Yolo Wonder. Se implementó un diseño por bloques completamente al azar (DBCA) con 4 tratamientos: T0 (control); T1 (*Trichoderma*); T2 (*Beauveria*); T3 (*Trichoderma-Beauveria*), y 3 repeticiones dando por cada unidad experimental 18 unidades muestrales, dando un total de 216 plantas de pimiento por todo el diseño experimental. La utilización de estos microorganismos en el cultivo de pimiento, podrían indicar que el uso de *Trichoderma* influyó de manera positiva en el desarrollo vegetativo: altura de planta (58,28 cm), fuste del tallo (12,18 mm), peso aéreo de la planta en fresco (210,49 g), peso aéreo de la planta en seco (51,92 g), largo de raíz (23,13 cm), peso de la raíz en fresco (19,55 g), peso de la raíz en seco (5,9 g), y productivo: número de frutos (3,91); peso del fruto (124,52 g), largo del fruto (10,25 cm),



diámetro del fruto (9,65 cm), grosor del pericarpio (6,05 mm) y ° BRIX (4,13 brix), en comparación con los demás tratamientos indicados.

Palabras claves: microorganismos; *trichoderma*; *beauveria bassiana*; pimiento

Abstract

Microorganisms such as *Trichoderma* and *Beauveria bassiana* have the ability to mitigate pathogen problems in different crops. However, the application of these microorganisms as enhancers in the development of bell pepper plants to increase their production and yield is limited in their documentation. Therefore, the objective of this research was to evaluate the effect that microorganisms have on the Yolo Wonder variety bell pepper crop: T0 (control); T1 (*Trichoderma*); T2 (*Beauveria*); T3 (*trichoderma-beauveria*), and 3 replications giving for each experimental unit 18 sample units, giving a total of 216 bell pepper plants for the whole experimental design. The use of these microorganisms in the cultivation of bell pepper, could indicate us that the use of *Trichoderma* influenced in a positive way in the vegetative development: plant height (58,28 cm), stem shaft (12,18 mm), aerial weight of the plant in fresh (210,49 g), aerial weight of the plant in dry (51,92 g), root length (23,13 cm), weight of the root in fresh (19,55 g), weight of the root in dry (5,9 g), and productive: fruit number (3.91); fruit weight (124.52 g), fruit length (10.25 cm), fruit diameter (9.65 cm), pericarp thickness (6.05 mm) and ° BRIX (4.13 brix), compared to the other treatments indicated.

Keywords: microorganismos; *trichoderma*; *beauveria bassiana*; bell pepper

Introducción

El pimiento (*Capsicum annuum* L.), al igual que otras hortalizas como el tomate, son ampliamente consumidas y por ende, se han convertido en una fuente de ingresos económicos considerable, además de elevar su importancia de consumo a nivel mundial (Cabrera & Tapuy,



2021). La producción mundial de pimiento fue de 36 136,99 kilos alcanzados en el año 2020, en una superficie de 2'069 990 hectáreas, según los informes de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAOSTAT (2020) según sus siglas en inglés, como aparecerá en lo adelante.

La producción de pimiento por hectáreas se ha incrementado con el pasar del tiempo en Ecuador, pero en el año 2018 dicha producción y las áreas cosechadas tuvieron una disminución, sin embargo, después de ese año sus valores han sido constantes. La producción de pimiento en el año 2020 fue de 8 075 toneladas en un área de 2 204 hectáreas, por lo cual se considera que el cultivo de pimiento en el Ecuador es de unos 3,66 t ha⁻¹ (Romero et al., 2022).

Una de las principales razones del porqué los fertilizantes químicos contaminan el ambiente es debido a la aplicación excesiva y al hecho de que los agricultores los usan en forma ineficiente (Gómez et al., 2012) , por lo que se podría asumir que el fertilizante en el cultivo no se asimila en su totalidad, lo cual causa un gran impacto al medio ambiente, específicamente en las aguas de superficie o subterráneas. Por ende, el desarrollo de agricultura sostenible requiere de la reducción del uso de agroquímicos y reemplazo por productos o procesos más ecológicos, eficientes y económicos (Beltrán & Bernal, 2022).

Asimismo, existen estrategias empleadas para implementar la agricultura sostenible; en los últimos años se ha incrementado el uso de microorganismos asociados a los cultivos, para contribuir a la reducción del uso de fertilizantes sintéticos y mitigar la contaminación ambiental causada por estos (Chávez et al., 2020). La implementación de una agricultura sustentable propicia que el medio ambiente no se vea afectado, que no sea perjudicial para la degradación del suelo.



Los microorganismos en el suelo inciden en el incremento de la vida en estos, ya que estos son los encargados de la ecología, modificación y desarrollo de los suelos (Patiño & Sanclemente, 2014).

Resultan bien documentadas las investigaciones acerca de la relevancia ecológica de las comunidades microbianas frente a los impactos del cambio climático, así como su potencial contribución a la gestión sostenible de los agroecosistemas. La utilización de biofertilizantes ofrece ventajas para incrementar la productividad de los cultivos y se presenta como una alternativa económicamente más viable para los productores, al mismo tiempo que fomenta la preservación de la diversidad biológica en el suelo (Rosabal et al., 2021).

Los microorganismos son los organismos más diversos y dominantes del planeta y son vitales para el funcionamiento de los ecosistemas. Sin embargo, la mayoría de ellos aún no se pueden cultivar en el laboratorio (Singh et al., 2010). Las interacciones entre plantas y microorganismos, que a menudo no son visibles a simple vista, ocurren de muchas maneras diferentes y en muchos niveles diferentes. Prácticamente todos los órganos de la planta interactúan con los microorganismos en una determinada etapa de su vida, y esta interacción no es necesariamente negativa para la planta. De hecho, hay muchas interacciones en las que la planta se beneficia a través de efectos directos o indirectos de los microorganismos asociados (Schirawski & Perlin, 2018).

Se ha demostrado que diversos grupos funcionales generan impactos beneficiosos en los cultivos, al mismo tiempo que desempeñan funciones esenciales en los procesos biogeoquímicos que sustentan la fertilidad del suelo. La intervención de consorcios microbianos puede conducir a una adaptación más efectiva de los microorganismos foráneos del suelo, en comparación con la aplicación individual de una cepa microbiana. No obstante, se destaca que la utilización de



microorganismos autóctonos presenta una mayor probabilidad de arraigo en las condiciones específicas de un suelo particular (Rosabal et al., 2021).

Las interacciones planta-microorganismos suelen ocurrir principalmente en tres lugares de la planta: filosfera, endosfera y rizosfera. La filosfera se relaciona con las partes aéreas (tallo, hojas y flores o frutos) y la endosfera con el sistema de transporte. La rizosfera, puede definirse como cualquier volumen de suelo influenciado por las raíces o en asociación con ellas y el material producido por la planta (Hinsinger et al., 2008).

Los microorganismos que residen en la rizosfera y desempeñan un papel crucial en el desarrollo saludable de las plantas son denominados microorganismos benéficos, eficientes o promotores del crecimiento vegetal. Estos comprenden los hongos y bacterias que desempeñan un papel fundamental en el óptimo crecimiento de las plantas, especialmente en situaciones de estrés ambiental (Beltrán & Bernal, 2022). La clasificación de los grupos funcionales es: celulolíticos; amilolíticos; proteolíticos; fijadores de nitrógeno (N), y, movilizadores y solubilizadores de fósforo (P) (Rosabal et al., 2021).

Si bien existe beneficio por parte de los microorganismos, también existen efectos adversos, donde los microorganismos presentes en el suelo pueden alterar diferentes rasgos morfofisiológicos de los tejidos vegetales, lo que resulta en una reducción en los rendimientos o la calidad del producto cultivado (Bezemer & van Dam, 2005).

La diversidad y la composición microbiana juegan un papel importante en múltiples funciones del suelo, como la mejora de la aptitud y fertilidad (Fuhrman, 2009). Casi todas las partes de la planta interactúan con los microorganismos durante el período de crecimiento y desarrollo, expulsan varios compuestos para alimentar y atraer a los microorganismos asociados. Los microorganismos también descargan diversas sustancias que favorecen las



funciones fisiológicas y morfológicas, incrementa el nivel de resistencia contra los patógenos y aumentan el vigor de las plantas, lo que les permite tolerar condiciones de estrés abiótico y biótico (Schirawski & Perlin, 2018).

Los microorganismos cumplen un rol fundamental en el desarrollo de diversos cultivos, tanto para prevenir enfermedades, como para elevar el rendimiento; por lo tanto, esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto que tienen los microorganismos *Trichoderma spp* y *Beauveria bassiana* en la fase vegetativa, calidad de frutos y rendimiento del cultivo de pimiento variedad Yolo Wonder, bajo acolchado plástico, en el cantón Machala, provincia El Oro.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en la Granja Experimental Santa Inés de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, perteneciente a la Universidad Técnica de Machala. Ubicada geográficamente en las coordenadas 3°15'52.29 S, y, 79°57'4.3 W en el cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador. El régimen de lluvias es unimodal con una marcada estacionalidad; con un periodo lluvioso de diciembre a mayo, una precipitación media anual de 1250 mm y una temperatura media anual que oscila entre 24 y 26°C (Luna-Romero et al., 2018). El clima se clasifica como tropical megatérmico seco a semihúmedo y el suelo pertenece al orden Inceptisol (Villaseñor et al., 2015).

Material Vegetal

Se utilizaron semillas de la variedad Yolo Wonder con un índice de pureza del 99 %, con una prueba de germinación del 85 %; las cuales fueron sembradas en bandejas germinadoras el 10 de agosto del 2023, para su posterior trasplante a campo el 9 de septiembre 2023.



Se realizó una poda a los 45 días después del trasplante (ddt) con una altura de 30 cm aproximadamente, al inicio de la etapa de floración, eliminando las ramificaciones bajas que no constituyen parte de la estructura principal de la planta; en las heridas ocasionadas por la poda se utilizó caldo bordelés para evitar el desarrollo de algún tipo de patógeno.

Preparación del área experimental

Para la preparación de la parcela experimental, se utilizó una moto-guadaña tanto en la limpieza inicial del terreno como en el control de maleza; la roturación del suelo se realizó de forma mecanizada con un motocultor, para luego realizar las camas o bloques de acuerdo con el diseño experimental. Por otro lado, en el control de malezas se utilizó cubierta plástica en cada unidad experimental; el área experimental contó con un riego subfoliar con aspersores tipo wobbler. El control de plagas se realizó con atrayentes de colores como parte de un control etológico.

Diseño Experimental

Se implementó un diseño por bloques completamente al azar (DBCA) con 4 tratamientos: T0 (control); T1 (*Trichoderma spp*); T2 (*Beauveria bassiana*); T3 (*trichoderma-beauveria*), y 3 repeticiones. Cada bloque tiene una medida de 1,40 m por 2,50 m, con una separación de 50 cm entre bloques, dispuestas entre filas a 35 cm y entre columnas a 30 cm sembradas a tres bolillos, cada unidad experimental contó con 18 unidades muestrales (plantas de pimiento), Figura 1.



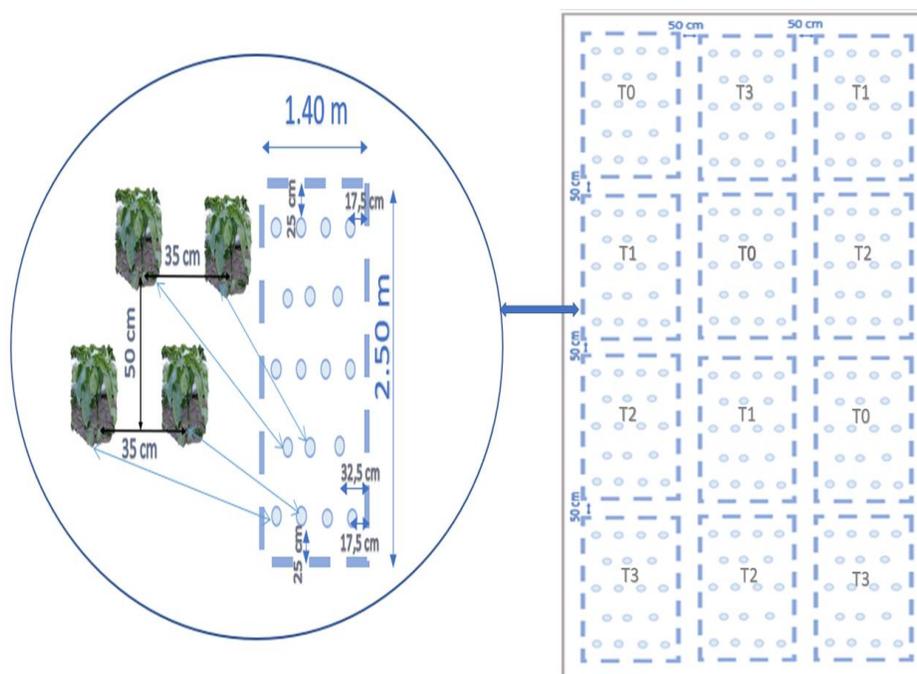


Figura. 1 Distribución de los diferentes tratamientos T0 (control); T1 (*Trichoderma spp*); T2 (*Beauveria*); T3 (*trichoderma spp-beauveria*) y sus repeticiones.

Para el T0 (control) no se aplicó ningún tipo de microorganismo; como cada unidad experimental (UE) o bloque, tiene un área de $3,5 \text{ m}^2$. Para el T1 (*Trichoderma spp.*) en las especificaciones se indica que se usa 8 g ha^{-1} transformándolo a mg m^{-2} nos da un valor de $0,8 \text{ mg}$ por cada m^2 , este valor se multiplica por el área de cada bloque dando un resultado de $2,8 \text{ mg}$ por cada UE; a su vez, se multiplicó por las tres repeticiones, obteniendo un resultado de $0,0084 \text{ g}$ de *Trichoderma spp.* para el T1; mientras que, para el T2 (*Beauveria*) las especificaciones eran de 2 g ha^{-1} se realizó el mismo proceso y se obtuvo un valor de $0,7 \text{ mg}$ por cada UE y $0,0021 \text{ g}$ de *Beauveria bassiana* para el T2 y para el T3 (*Trichoderma-Beauveria*) se aplicó la misma cantidad calculada $0,0084 \text{ g}$ de *Trichoderma* + $0,0021 \text{ g}$ de *Beauveria bassiana*. Se utilizó 70 cm^3 de agua por cada UE, es decir, por tratamiento 210 cm^3 , y 8 cm^3 de melaza junto a la cantidad de microorganismos ya detallados. Se realizaron tres aplicaciones mediante un atomizador.



VARIABLES EVALUADAS

Las variables fueron medidas con frecuencia de siete días después de la primera aplicación de los tratamientos. La altura de planta (AP) en cm con ayuda de una cinta métrica desde la base del tallo hasta el meristema apical y el fuste de tallo (Ft) en mm, el cual fue medido con un calibrador vernier digital, con una exactitud de 0,01 mm.

El peso aéreo de la planta en fresco (PAf), peso aéreo de la planta en seco (PAs), largo de raíz (LR), peso de la raíz en fresco (PRf), peso de la raíz en seco (PRs), son variables medidas una sola vez al finalizar la investigación. Se realizaron dos cosechas a los 68 y a los 78 días después del trasplante (ddt) de las cuales se realizó la medición de las siguientes variables: número de frutos (NF), peso del fruto (PF), largo del fruto (LF), diámetro del fruto (DF), grosor del pericarpio (GP) y °BRIX (BRIX).

Para la medición de las variables PAf y PRf, se separó la raíz de la parte aérea de la planta y con ayuda de una balanza gramera se pesó cada parte por separado; en cuanto a PAs y PRs, se las ubicó en la estufa a una temperatura de 105 °C por 24 horas (Martínez et al., 1989); para el LR con la ayuda de una cinta métrica se procedió a medir desde la base del tallo hasta el final de la raíz principal en cm.

Para el NF se realizó el conteo del total de frutos cosechados por tratamientos, para el PF nos ayudó la balanza gramera y se pesó en gramos (g), las variables LF y DF se las realizó con el calibrador digital en mm; luego se transformó a cm para el LF. En cuanto a la medición del GP y los °BRIX se escogieron cinco frutos al azar por cada repetición, en total 15 frutos por tratamiento, para medir el GP se tuvo que cortar el fruto por la parte que se pueda medir el grosor de la pared del fruto en mm con ayuda del calibrador digital. En cuanto a los °BRIX se cortó una



pequeña parte del pericarpio y con ayuda de un mortero se extrajo el líquido del fruto con la asistencia de un refractómetro digital se calculó el contenido de azúcares.

Análisis estadístico

Se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor para las variables que cumplen con los requisitos del modelo, como la distribución normal (evaluada con la prueba de Shapiro-Wilk) y la homogeneidad de varianzas (verificada mediante el test de Levene). Para la comparación de medias en grupos homogéneos se emplearon las pruebas Post-Hoc de Duncan. En el caso de las variables que no cumplieron con los supuestos del modelo, se optó por realizar pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis. Para todas las pruebas se utilizó un nivel de significancia $p < 0,05$. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software estadístico IBM SPSS Statistics 25.

Resultados y discusión

En la tabla 1, se detallan los diferentes valores de las siete tomas de datos con una frecuencia de siete días de la variable de altura de la planta (AP) en cm; para los días después del trasplante (ddt). El T1 obtuvo los mejores resultados en todas las mediciones (figura 2) terminando con una media de 58,28 cm a los 77 ddt. En cuanto los valores más bajos, se dieron en el T3 con 47,29 cm; es importante mencionar que el T0 que es el tratamiento control, mostró una mejor media a los 56, 63, 70, 77 ddt, en función de los datos (42,34; 47,84; 50,81 y 53,47 cm) por debajo del T1.

Para la variable fuste de tallo (Ft) en mm, también fue el T1 el de valores más altos en todas las mediciones obteniendo 12,18 mm a los 77 ddt, mientras que el de menor valor fue el T0 (10,66 mm) de acuerdo a los ddt mostrados en la tabla 2 y representado en la figura 3, respectivamente. Esto concuerda con Baños et al., (2010) lo cual indica en su trabajo de



investigación con efectos de enmiendas orgánicas y *Trichoderma spp.* en el cual obtuvo un efecto estimulante sobre parámetros morfológicos y fisiológicos en plantas de tomate con la utilización de *T. viride* (44.60) y *T. harzianum* (41.10) en cuanto a los datos de altura de planta en cm, mientras que para el diámetro de tallo fueron 1.18 cm y 1.20 cm.

Tabla 1. Resultados de la altura de planta (AP) en cm, para los tratamientos T3 (*Trichoderma-Beauveria*), T2 (*Beauveria*), T1 (*Trichoderma*) y T0 (control).

Tr	Días después del trasplante						
	35	42	49	56	63	70	77
T0	19,41 ab	27,51 a	36,52 a	42,34 ab	47,84 ab	50,81 ab	53,47 ab
T1	21,54 b	31,70 b	40,30 b	46,66 b	52,18 b	55,77 b	58,28 b
T2	20,69 ab	28,82 ab	37,02 ab	41,95 ab	47,18 a	49,67 ab	51,87 ab
T3	18,43 a	25,16 a	32,02 a	37,71 a	42,55 a	45,52 a	47,29 a

Tabla 2. Resultados del fuste del tallo (Ft) en mm. para los tratamientos T3 (*Trichoderma-Beauveria*), T2 (*Beauveria*), T1 (*Trichoderma*) y T0 (control).

Tr	Días después del trasplante						
	35	42	49	56	63	70	77
T0	5,07 a	6,03 a	7,59 a	8,38 a	9,11 a	9,85 a	10,66 a
T1	6,02 b	7,06 b	9,00 b	10,05b	10,88 b	11,58 b	12,18 b
T2	5,83 b	6,78 ab	8,58 ab	9,32ab	10,16 ab	11,09 b	11,86 ab
T3	5,55 ab	6,55 ab	8,53 ab	9,36 ab	10,09 ab	10,71 ab	11,41 ab

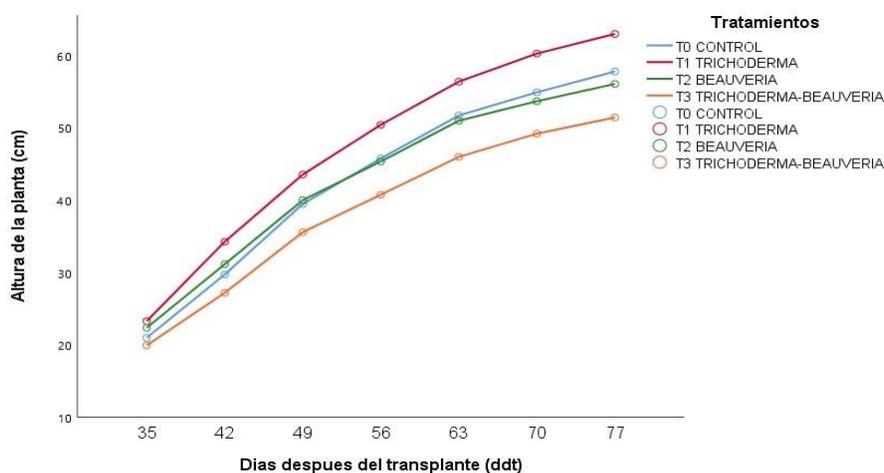


Figura 2. Comportamiento de la variable altura de planta (AP) durante los días después del trasplante (ddt).



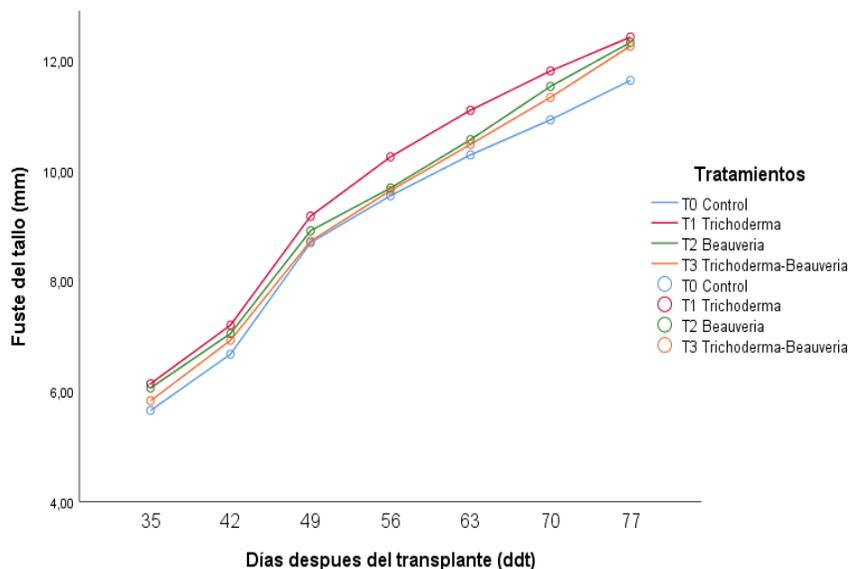


Figura 3. Comportamiento de la variable altura de planta (AP) durante los días después del trasplante (ddt)

Los resultados del T1 (*Trichoderma*) que se obtuvieron en las variables largo de raíz (LR) 23,13 cm, peso de raíz en seco (PRs) 5,9 g (figura 4), peso aéreo en seco (PAs) 51,92 g (figura 5) presentaron diferencias significativas en sus medias en comparación con los demás tratamientos, mientras que en las variables peso de raíz en fresco (PRf) 19,55 g, y peso aéreo fresco (PAf) 210,49 g, no se lograron diferencias significativas entre sus medias, pero siendo estos el de mayor media obtenida en comparación con los demás tratamientos (Tabla 3). De conformidad con Jiménez et al., (2011) el cual utilizó diferentes métodos de aplicaciones de *Trichoderma harzianum* y evaluó el efecto sobre el crecimiento de plantas de tomate detectando diferencias significativas en comparación con el testigo; hubo plantas con mayor longitud, masa aérea fresca y seca, longitud de raíces, masa radical fresca y densidad de raíces en los tratamientos con *Trichoderma*.



Tabla 3. Resultados de las variables largo de raíz (LR), peso raíz fresco (PRf), peso de raíz en seco (PRs), peso aéreo de la planta en fresco (PAf) y peso aéreo de la planta en seco (PAs) para los tratamientos T3 (*Trichoderma-Beauveria*), T2 (*Beauveria*), T1 (*Trichoderma*) y T0 (control), mediante la prueba paramétrica ANOVA y pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis.

Tr	Variables medidas				
	LR (cm)	PRf (g)	PRs (g)	PAf (g)	PAs (g)
T0	16,96 a	17,90 ns	4,58 a	192,66 ns	42,86 ab
T1	23,13 c	19,55 ns	5,9 b	210,49 ns	51,92 b
T2	21,21 b	18,26 ns	4,53 a	202,13 ns	35,85 a
T3	22,46 bc	17,93 ns	4,86 a	185,37 ns	39,21 a

Dentro de cada columna las letras minúsculas indican diferencia significativa entre las medias de los tratamientos ($p < 0,05$) por la prueba de Duncan; ns: indica que no hay diferencias significativas entre los subconjuntos homogéneos.

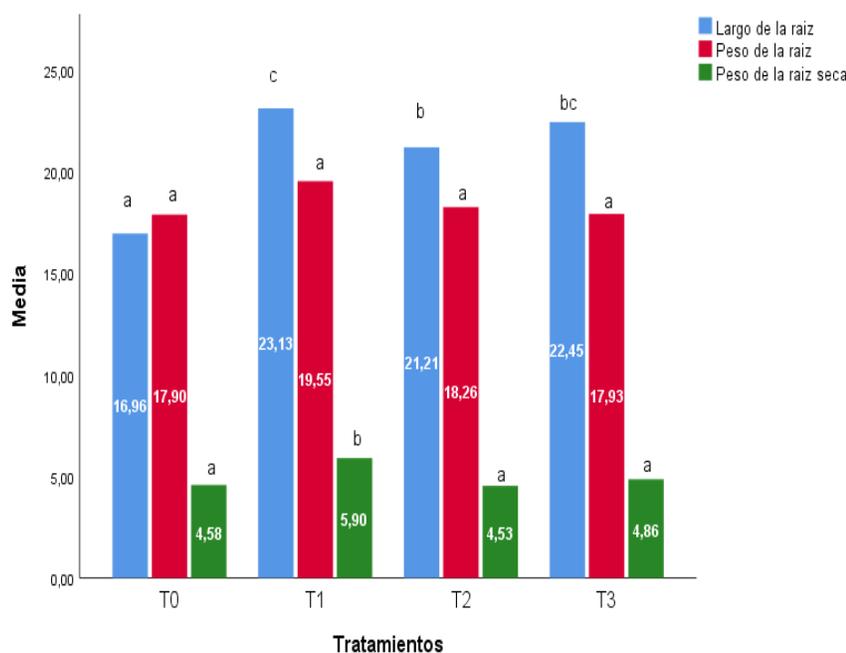


Figura 4. Comportamiento de las variables largo de raíz (LR), peso raíz fresco (PRf), peso de raíz en seco (PRs), para los tratamientos T3 (*Trichoderma-Beauveria*), T2 (*Beauveria*), T1 (*Trichoderma*) y T0 (control).



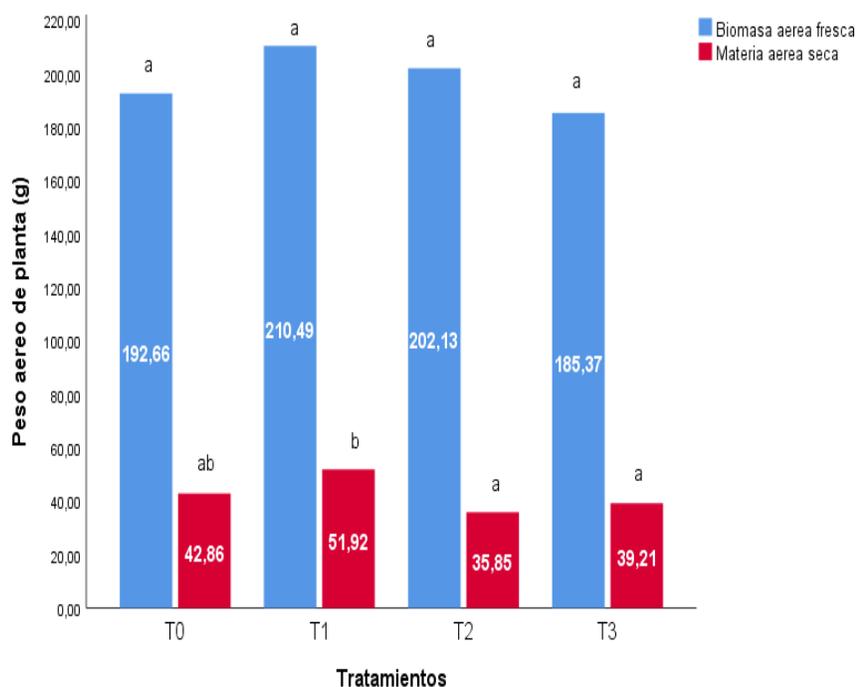


Figura 5. Comportamiento de las variables peso aéreo de la planta en fresco (PAf) y peso aéreo de la planta en seco (PAs), para los tratamientos T3 (*Trichoderma-Beauveria*), T2 (*Beauveria*), T1 (*Trichoderma*) y T0 (control).

Los valores indicados en la tabla 4, representan las medias de las variables de rendimiento del cultivo tales como: número de frutos (NF), peso del fruto (PF), largo del fruto (LF), y diámetro del fruto (DF); aunque no existieron diferencias significativas entre tratamientos en la variable NF, se obtuvo los valores más elevados en el T1 (*Trichoderma*) para dichas variables, NF(3,91), PF(124,52 g), LF (10,25 cm), y DF (9,65 cm), mientras el que denotó menor valor fue el T0 (control); NF (3,22), PF (90,68 g), LF (6,90 cm) y DF (6,73 cm) figura 6, 7, 8 y 9.

Los resultados obtenidos se relacionan con lo descrito por Viracocha (2023) en su investigación, quien demostró que a mayor aplicación de *T. harzianum* aplicado al cultivo de pimiento, se tiene un efecto positivo en las variables números de frutos (7, 43), peso de frutos por planta (1,10 kg), dando un aproximado de 157,14 g por cada fruto cosechado; debido a que



aumenta el metabolismo de la planta y la absorción de nutrientes como el fósforo, hierro y magnesio, elementos importantes en la producción de glucosa y por su acción en el proceso fotosintético, obteniendo así mejores rendimientos.

Tr	Variables medidas			
	NF	PF (g)	LF (cm)	DF (cm)
T0	3,22 ns	90,683 a	6,90 a	6,73 a
T1	3,91 ns	124,52 c	10,25 c	9,65 c
T2	3,70 ns	117,45 c	8,79 b	8,20 b
T3	3,30 ns	102,48 b	8,12 b	7,84 b

Tabla 4. Resultados de las variables número de frutos (NF), peso del fruto (PF), largo del fruto (LF), y diámetro del fruto (DF) para los tratamientos T3 (*Trichoderma-Beauveria*), T2 (*Beauveria*), T1 (*Trichoderma*) y T0 (control), mediante la prueba paramétrica ANOVA y pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis.

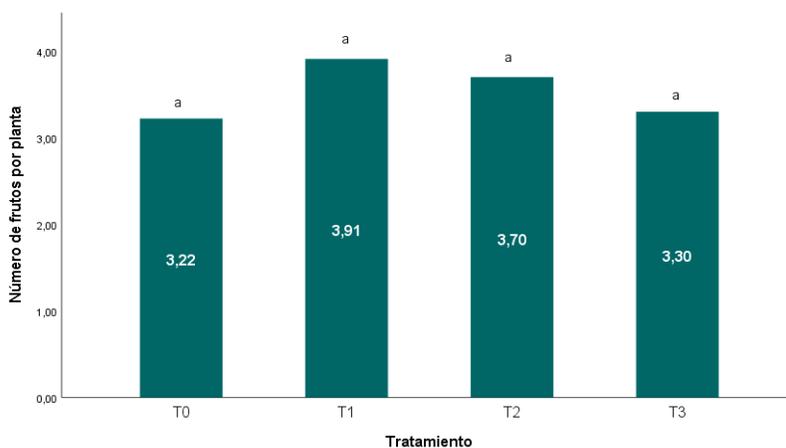


Figura 6. Comportamiento de la variable número de frutos (NF) por planta, para los tratamientos T3(*Trichoderma-Beauveria*), T2 (*Beauveria*), T1 (*Trichoderma*) y T0 (control).



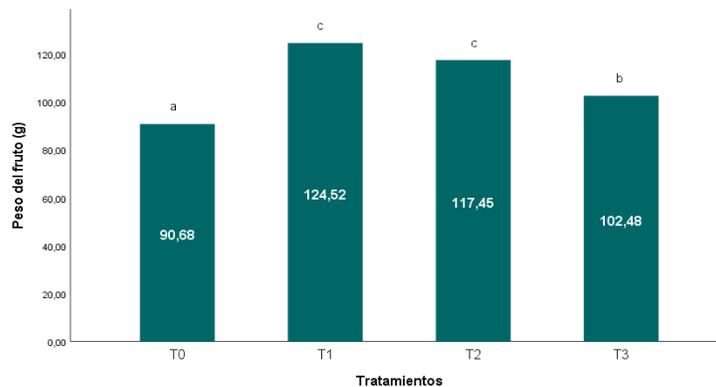


Figura 7. Comportamiento de la variable peso del fruto (PF) promedio, para los tratamientos T3(Trichoderma-Beauveria), T2 (Beauveria), T1 (Trichoderma) y T0 (control).

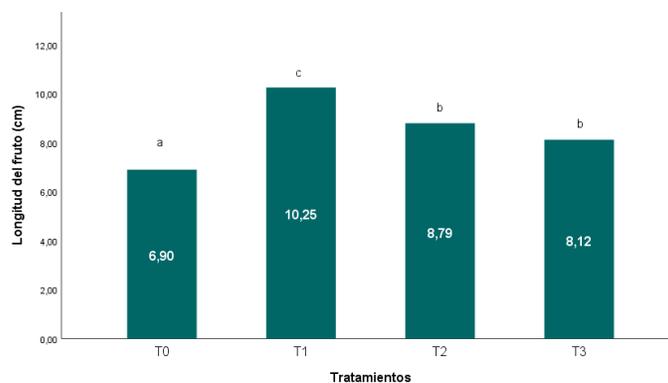


Figura 8. Comportamiento de la variable longitud del fruto (LF) promedio, para los tratamientos T3(Trichoderma-Beauveria), T2 (Beauveria), T1 (Trichoderma) y T0 (control).

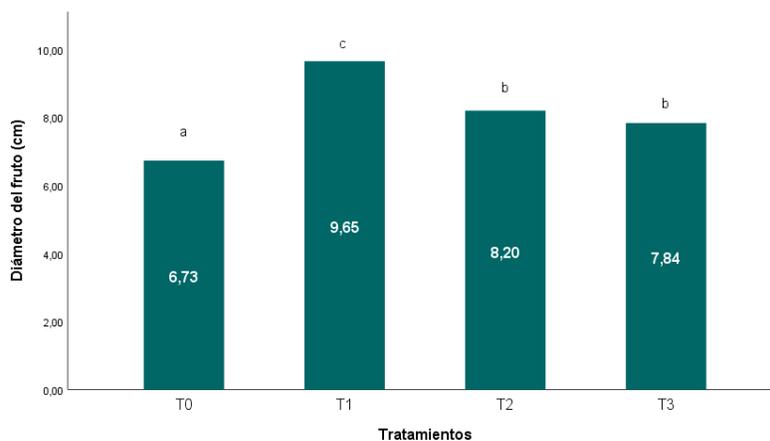


Figura 9. Comportamiento de la variable diámetro del fruto (DF) promedio, para los tratamientos T3(Trichoderma-Beauveria), T2 (Beauveria), T1 (Trichoderma) y T0 (control).



La tabla 4 detalla los resultados de las variables °BRIX, quien no presentó diferencia significativa, y grosor del pericarpio (GP), el cual tuvo diferencia significativa entre cada tratamiento evaluado, figura 10; siendo el T1 (*Trichoderma*) el que presentó mayor media tanto para °BRIX (4,13), como para GP (6,05 mm), mientras el de menor valor fue el tratamiento control (T0) con 3,84 y 3,69 mm respectivamente. Por tanto, se podría decir que el efecto de la *Trichoderma* infirió de manera positiva en cuanto a la calidad de los frutos ya que aumentó su grosor del pericarpio y aumentó los sólidos solubles en comparación con los demás tratamientos. De acuerdo con Merchán et al. (2014), hay incrementos significativos en el cultivo de *Fragaria sp* bajo cubierta plástica, en las variables calidad de los frutos de fresa, tanto en la masa y el color, lo que aumenta la calidad de las fresas al trabajar con *T. harzianum* y *T. lignorum*, por lo que recomienda la utilización de estos microorganismos benéficos para la obtención de frutos de buena calidad.

Tabla 4. Resultados de las variables Grados brix (BRIX), grosor del pericarpio (GP) para los tratamientos T3(*Trichoderma-Beauveria*), T2 (*Beauveria*), T1 (*Trichoderma*) y T0 (control), mediante la prueba paramétrica ANOVA.

Tr	Variables medidas	
	BRIX	GP (mm)
T0	3,84 ns ± 0,232	3,69 a ± 0,161
T1	4,13 ns ± 0,140	6,05 d ± 0,205
T2	4,09 ns ± 0,231	5,15 c ± 0,154
T3	3,97 ns ± 0,139	4,46 b ± 0,176

Dentro de cada columna las letras minúsculas indican diferencia significativa entre las medias de los tratamientos ($p < 0,05$) por la prueba de Duncan; ns: demuestra que no hay diferencias significativas entre los subconjuntos homogéneos.



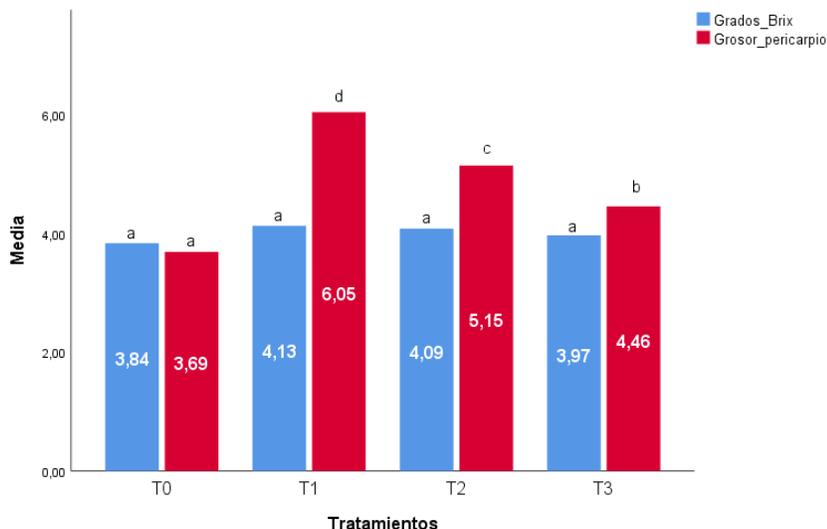


Figura 10. Comportamiento de las variables °BRIX (BRIX), grosor del pericarpio (GP), para los tratamientos T3 (*Trichoderma-Beauveria*), T2 (*Beauveria*), T1 (*Trichoderma*) y T0 (control).

Conclusiones

1. Se pudo concluir que, al evaluar el efecto de microorganismos T1 (*Trichoderma*), T2 (*Beauveria*) y T3 (*Trichoderma + Beauveria*) sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de pimiento variedad Yolo Wonder, el T1 (*Trichoderma*) tuvo un mejor comportamiento en cuanto a variables fenológicas tales como: altura de la planta (58,28 cm), fuste del tallo (12,18 mm), largo de raíz (23,13 cm), peso de raíz (fresco: 19,55 g y seco: 5,9 g), peso aéreo de la planta (fresco: 210,49 g y seco: 51,92 g), con respecto a los demás tratamientos y control. En cuanto al rendimiento y calidad de frutos; número de frutos (3,91), largo de frutos (10,25 cm), diámetro de fruto (9,65 cm), peso de fruto (124,52 g), °BRIX (4,13 brix) y grosor del pericarpio (6,05 mm). De igual forma se alcanzaron los valores más altos en el T1, por tanto, se podría decir que esta estimuló las características fenotípicas del cultivo como su calidad de frutos y rendimiento.

2. Finalmente, el tratamiento con *Trichoderma* actúa como catalizador o acelerador de tejidos meristemáticos, ya que ayudó a la altura, diámetro y raíz de la planta, produciendo un mejor desarrollo, y a su vez, una mayor absorción de nutrientes, mejorando así la producción y



calidad de los frutos de pimiento; es importante recalcar que la investigación se realizó bajo un acolchado plástico, el cual ayuda en la retención de humedad y el control de las arvenses.

Referencias bibliográficas

Baños, Y., Concepción, A., Lazo, R., González, I., & Morejón, L. (2010). Efecto de enmiendas orgánicas y *Trichoderma* spp. en el manejo de *Meloidogyne* spp. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 5(2), 224-233.

https://orgprints.org/id/eprint/24512/1/Ba%C3%B1os_Efecto.pdf

Beltrán, M., & Bernal, A. (2022). Biofertilizantes: alternativa biotecnológica para los agroecosistemas. *Revista Mutis*, 12(1). <https://doi.org/10.21789/22561498.1771>

Bezemer, T. M., & van Dam, N. M. (2005). Linking aboveground and belowground interactions via induced plant defenses. *Trends in ecology & evolution*, 20(11), 617-624. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.08.006>

Cabrera, G., & Tapuy, M. (2021). *Evaluación de tres dosis de micorrizas en el cultivo de pimiento (Capsicum annuum) en el cantón la Maná* [Universidad Técnica de Cotopaxi]. <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7296/1/UTC-PIM-000307.pdf>

Chávez, I., Zelaya, L., Iván, C., Cruz, C., Rojas, E., Ruíz, S., & De Los Santos, S. (2020). Consideraciones sobre el uso de biofertilizantes como alternativa agrobiotecnológica sostenible para la seguridad alimentaria en México. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1423-1436.

<https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v11n6/2007-0934-remexca-11-06-1423.pdf>

FAOSTAT. (2020). *FAOSTAT*. <https://www.fao.org/faostat/es/#country/58>



- Fuhrman, J. A. (2009). Microbial community structure and its functional implications. *Nature*, 459(7244), 193-199. <https://doi.org/10.1038/nature08058>
- Gómez, R., Morales, M., Alvarado, F., & Wu, S. (2012). *La agricultura orgánica: los beneficios de un sistema de producción sostenible* [Universidad del Pacífico]. <https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/421/DD1214.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hinsinger, P., Bravin, M. N., Devau, N., Gérard, F., Le Cadre, E., & Jaillard, B. (2008). *K-3 Soil-Root-Microbe Interactions in the Rhizosphere-A Key to Understanding and Predicting Nutrient Bioavailability to Plants*. 5th International Symposium ISMOM. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-27912008000400008
- Jiménez, C., Sanabria, N., Altuna, G., & Alcano, M. (2011). Efecto de *Trichoderma harzianum* (Rifai) sobre el crecimiento de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 28, 1-10. https://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/enero_marzo2011/v28n1a20111101.pdf
- Luna-Romero, A., Ramírez, I., Sánchez, C., Conde, J., Agurto, L., & Villaseñor, D. (2018). Spatio-temporal distribution of precipitation in the Jubones river basin, Ecuador: 1975-2013. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 63-70. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.07>
- Martínez, J., Ojeda, F., Yepes, I., & Jácome, I. (1989). Formas de secado en la determinación de la materia seca en el *Pennisetum purpureum* cv. Taiwan A-144. I. por ciento de materia seca. *Pastos y Forrajes*, 12(1), 59. <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1348-1-1705-1-10-20120528.pdf>



- Merchán, J., Ferrucho, R., & Álvarez, J. (2014). Efecto de dos cepas de *Trichoderma* en el control de *Botrytis cinerea* y la calidad del fruto en fresa (*Fragaria* sp.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(1), 44-56.
<http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v8n1/v8n1a05.pdf>
- Patiño, C., & Sanclemente, O. (2014). Los microorganismos solubilizadores de fósforo (MSF): una alternativa biotecnológica para una agricultura sostenible. *Ciencias Agrícolas*, 10(2), 288-297. <http://www.scielo.org.co/pdf/entra/v10n2/v10n2a18.pdf>
- Romero, W., Jaramillo, E., & Luna, Á. (2022). Evaluación morfológica del pimiento (*Capsicum annum* L.) bajo diferentes coberturas vegetales muertas, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 134-142. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>
- Rosabal, L., Macías, P., Maza, M., López, R., & Guevara, F. (2021). Microorganismos del suelo y sus usos potenciales en la agricultura frente al escenario del cambio climático. *Magna Scientia Uceva*, 1(1), 104-117.
<https://doi.org/10.54502/msuceva.v1n1a14>
- Schirawski, J., & Perlin, M. H. (2018). Plant–Microbe Interaction 2017—The Good, the Bad and the Diverse. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(5).
<https://doi.org/10.3390/ijms19051374>
- Singh, B. K., Bardgett, R. D., Smith, P., & Reay, D. S. (2010). Microorganisms and climate change: terrestrial feedbacks and mitigation options. *Nature Reviews Microbiology*, 8(11), 779-790. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2439>
- Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro. *Cumbres*, 1(2), 28-34.



<https://investigacion.utmachala.edu.ec/revistas/index.php/Cumbres/article/view/15/1>

3

Viracocha, P. (2023). *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* [Universidad Mayor de San Andrés].

<http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/32759>

