



Potencial de aislados de *Trichoderma* spp como promotor de crecimiento en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*)

Potential of *Trichoderma* spp isolates as a growth promoter in tomato seedlings (*Solanum lycopersicum*)

María Delfina Sánchez Miranda

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-león. Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinaria.
León, Nicaragua.

delfina.sanchez@ev.unanleon.edu.ni

(recibido / received: 28-septiembre-2022; aceptado/accepted: 15-noviembre-2022)

RESUMEN

Debido a la necesidad de producir alimentos sanos y de calidad, los sistemas agroproductivos actuales están incursionando en el uso de métodos sostenibles e inocuos para el control de plagas y mejora de la nutrición vegetal. Entre estas opciones ha sido estudiado *Trichoderma* spp., como promotor de crecimiento vegetal, sin embargo, en Nicaragua existen pocos estudios sobre este tema. El presente estudio pretende identificar y cuantificar el potencial de aislados nativos de *Trichoderma* spp., como promotores de crecimiento y peso en el tomate. La solución de *Trichoderma* sp. utilizada se obtuvo de una solución madre diluida a una concentración de 10^8 conidias /ml, utilizando 1 ml de dicha solución en el sustrato de siembra. Los tratamientos evaluados fueron T1: *T. harzianum*; T12: *T. asperelloide*; T11c: *T. viride*; T8: *T. songyi*; F2TG-11: *T. breve*; T3: *T. asperellum*; CIXD-07: *T. virens*. Al tratamiento testigo (sin inocular) sólo se le agregó 1 mL de agua destilada estéril. Todas las bandejas se mantuvieron en oscuridad a $28 \pm 2^\circ\text{C}$. Las variables a medir fueron altura, peso, longitud de las raíces de las plántulas, realizándose la medición a los 25 días después de la emergencia. Los resultados muestran que, al compararse con el testigo, los aislados de *T. harzianum* y *T. viride* presentaron el mayor potencial promotor de crecimiento obteniéndose una ganancia de 38.8% y 22.6% en altura, 72% y 46.3% en peso y 70% y 36.3% en longitud de raíces respectivamente.

Palabras claves: Promotor de crecimiento, *Trichoderma*, Tomate, Biocontrol.

ABSTRACT

Due to the need to produce healthy and high-quality food, current agricultural production systems are venturing into the use of sustainable and safer methods for pest control and improvement of plant nutrition. Among these methods, the use of the microbial biocontrol fungus *Trichoderma* spp. has been widely studied as a promoter of plant growth. However, in Nicaragua there are few studies on this genus. The present study aims to identify and quantify the potential of native isolates of *Trichoderma* spp., as promoters of growth and weight in tomato plantings. The conidia solution of

Trichoderma spp. used during this study, was obtained from a diluted stock solution at a concentration of 10^8 conidia/ml, using 1 ml of solution in the seed substrate. Treatments evaluated were T1: *T. harzianum*; T12: *T. asperelloide*; T11c: *T. viride*; T8: *T. songyi*; F2TG-11: *T. brevis*; T3: *T. asperellum*; CIXD-07: *T. virens*. One milliliter of sterile distilled water was added to the control treatment (without inoculation). All trays were kept in the dark at $28\pm 2^\circ\text{C}$. The variables to be measured were height, weight, length of the roots of seedlings, the measurement was made 25 days after emergence. Results demonstrate that, when compared with control treatment, the isolates of *T. harzianum* and *T. viride* show highest growth promoting potential, obtaining a gain of 38.8% and 22.6% in height, 72% and 46.3% in weight and 70% and 36.3% in root length, respectively.

Keywords: Growth promotor, *Trichoderma*, Tomato, Biocontrol

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales desafíos de la agricultura es satisfacer la demanda de alimentos a una creciente población mundial que actualmente crece a un ritmo acelerado. Aspectos relacionados a la productividad, rendimientos y calidad alimenticia se ven afectados por diferentes factores entre los que destacan los problemas de enfermedades de origen fitopatológico. Con el propósito de afrontar estas dificultades se han empleado diversos microorganismos que generan diversos beneficios a las plantas tales como mejora en la nutrición de la planta al fijar nitrógeno atmosférico para ser absorbidos más fácilmente por la planta (Carrillo *et al.*, 2000), hay también organismos capaces de inducir en las plantas la capacidad de resistir sistemáticamente las enfermedades (Pieterse *et al.*, 2014).

Otro grupo de organismos altamente importante son los capaces de promover el crecimiento de las plantas, los cuales, al ser aplicados a las semillas, plantas o al suelo colonizan la rizosfera estimulando el crecimiento y la tolerancia enfermedades abióticas Khan *et al.*, 2020. Estos beneficios han generado diversos estudios que señalan al género *Trichoderma* spp., como organismos capaces de incrementar significativamente la altura de las plantas (Lorito 2006), así como también el peso de estas (Contreras *et al* 2014). Otros beneficios atribuidos al género *Trichodema* spp son que favorece la germinación, diámetro del tallo, peso de la planta y peso de raíz en plántulas de (Santana, *et al.*, 2016).

A pesar de la importancia que representa para la agricultura el género *Trichoderma* sp, existen pocos estudios relacionados a las potencialidades que este organismo tiene para la agricultura nicaragüense (Sánchez, MD. 2022). Por lo antes mencionado y en consecuencia con los beneficios que este organismo representa a los sistemas agroproductivos, el presente estudio pretende identificar y cuantificar el potencial de aislados nativos de *Trichoderma* spp., como promotores de crecimiento y peso en plántulas de tomate.

2. METODOLOGÍA

2.1 Evaluación del potencial como promotor de crecimiento de *Trichoderma* spp. sobre el cultivo de tomate.

En el presente estudio se evaluó el potencial de siete razas del hongo *Trichoderma* spp., como promotor de crecimiento de plántulas de tomate, las cuales fueron obtenidas de diferentes zonas y cultivos de nuestro país. Estas especies fueron identificadas morfológicamente y molecularmente en un estudio previo realizado por Sánchez *et al.* (2021).

2.2 Preparación de inóculo y sustrato de siembra.

El inóculo se preparó siguiendo la metodología propuesta por Cárdenas, (2013), quien sugiere la preparación de una solución madre utilizando 10 mL de agua destilada, retirándose de la solución madre 1 mL con una micropipeta, que se depositará en una Cámara Neubauer y con la ayuda del microscopio compuesto en el lente de 40 X, se determinó el número de UFC/mL y mediante diluciones se ajustó a la concentración de 10^8 conidios/mL.

Para la realización del presente ensayo en la etapa de plántulas se utilizaron bandejas marca protek de uso liviano de polipropileno de 105 celdas, rellenas con sustrato estéril Peat Moss: (Lambert Peat Moss Inc., Quebec, Canadá), el cual está compuesto por un conjunto de especies de musgos pertenecientes al género *Sphagnum* spp, también llamados musgos de turbera. Este sustrato es muy utilizado por productores hortícolas y ha sido aplicado en estudios como sustrato para evaluar la efectividad de *Trichoderma* spp. como promotor de crecimiento en el cultivo del tomate (Ruiz, *et al.*, 2018).

2.3 Proceso de inoculación y siembra

Se depositó 1mL de la suspensión de conidias en cada una de las celdas previamente llenas con el sustrato, posteriormente se colocaron dos semillas en cada celda las cuales se sembraron a 1 cm de profundidad, posterior a la germinación se dejó solamente una planta por celda, para un total de 105 plántulas por cada bandeja. Este procedimiento se realizó para cada uno de los siete aislados de *Trichoderma* spp. seleccionados para evaluar su potencial como promotor de crecimiento, siendo estos T1: *T.harzianum*; T12: *T. asperelloide*; T11c: *T. viride*; T8: *T. songyi*; F2TG-11: *T. breve*; T3: *T.asperellum*; CIXD-07: *T.virens*. Al tratamiento testigo (sin inocular) sólo se le agregó 1 mL de agua destilada estéril. Todas las bandejas se mantuvieron en oscuridad a $28\pm 2^\circ\text{C}$.

Las plántulas fueron regadas dos veces al día, asegurándose que el suelo quedara a capacidad de campo. Las variables a medir fueron altura, peso de las plántulas y longitud de raíces. La medición de la altura de las plantas se realizó utilizando una regla milimétrica, midiendo desde la base de la planta hasta el meristemo apical de la planta. El peso de plántulas (peso fresco) se realizó mediante la extracción de las plántulas, realizándose un lavado de las raíces para eliminar el sustrato y posteriormente pesándolas, utilizando una balanza analítica, los resultados fueron expresados en miligramos. La longitud de raíces se realizó extrayendo las plántulas y realizándose un lavado para eliminar el sustrato y posteriormente se midió la longitud de las raíces, los resultados se registraron en milímetros. La medición de estas variables se realizó 25 días después de emergidas las plantas, debido que es a esa edad que las plantas son evaluadas agrónomicamente para decidir si están en condiciones o no de ser trasplantadas a campo, dicha medición se realizó de conformidad con lo recomendado por otros autores en la evaluación del género *Trichoderma* spp. como promotor de crecimiento en plántulas de tomate (Santana, *et al.*, 2016).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la presente evaluación se cuantificó el potencial de los siete aislados de *Trichoderma* spp, como promotores de crecimiento vegetal, seleccionando a los aislados que presentaron los mejores resultados en la confrontación de *Trichoderma* spp. versus *Fusarium* spp. a continuación, se detallan los resultados obtenidos para evaluar el potencial de *Trichoderma* spp.

3.1 Altura de plántulas de tomate bajo la influencia de aislados de *Trichoderma* spp.

La evaluación realizada a diferentes aislados de *Trichoderma* spp., demostró que fueron efectivos como inductores del crecimiento de las plantas pudiéndose demostrar que dos aislados

correspondientes a *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride*, presentaron los más altos niveles de promoción del crecimiento con una altura de 12.93 y 11.42 cm respectivamente. Estos datos son congruentes con lo reportado por Santana Baños, *et al.*, (2016) quienes, al medir altura de plántulas de tomate de 25 días de germinados, obtuvieron alturas promedio de 12.28 cm en las plantas inoculadas con *Trichoderma harzianum*. Otros autores han evaluado la eficacia de *T. harzianum* sobre el crecimiento de plántulas de maracuyá, berenjena, arveja, frijol y especies forestales obteniendo un crecimiento de plántulas que superan a sus contrapartes sin inocular (Dandurand y Knudsen, 1993) y (Cubillos, *et al.*, 2009). En el caso de *Trichoderma viride* se ha demostrado su potencial como promotor de crecimiento, Shanmugaiah, *et al.*, (2009) evaluó la utilidad de *Trichoderma viride* como promotor de crecimiento en plántulas de algodón, encontrando que las plantas inoculadas con este hongo presentaron alturas promedias de 16.87 cm superando en 75% a plantas de algodón sin inocular. El análisis estadístico realizado demuestra que *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* presentaron mayores promedios de altura que el resto de tratamientos, presentando 12.93 y 11.42 cm de crecimiento en promedio, superando a su correspondiente testigo absoluto en un 38.8 % y 22.6% respectivamente (Ver Tabla 1, Figuras 1).

Como se puede apreciar en la Tabla 1, el tratamiento correspondiente a *Trichoderma songyi*, se ubicó en tercer lugar presentando una altura promedio de 10.42 cm, superando al testigo en un 11.90%. El resto de tratamientos evaluados presentaron promedios de estimulación del crecimiento que oscilaron entre 0.3% y 6.30%, estadísticamente todos los tratamientos incluyendo al testigo fueron clasificados en un mismo grupo lo que indica que no presentaron diferencias significativas. Sin embargo, se pudo observar la tendencia que en todos los tratamientos utilizados se obtuvo mayor altura con respecto al testigo (Ver Tabla 1, Figuras 1). Esta ganancia en altura de 11.90% obtenida en el tratamiento inoculado con *Trichoderma songyi*, son comparables con lo reportado por Ozbay and Newman (2004), quienes de igual manera reportaron un incremento significativo 18.9% de incremento en la altura de plántulas de tomate en comparación con plántulas sin inocular con *Trichoderma* spp.

Lorito, (2006) reporta que la ganancia de altura, para el caso de *Trichoderma* spp. se debe a que estos liberan en el suelo ácidos orgánicos tales como el ácido glucónico, ácido cítrico y el ácido fumárico, estos ácidos se incorporan al suelo y lo acidifican, logrando una más eficiente solubilización de fosfatos, micronutrientes y trazas minerales (hierro, manganeso y magnesio. Paudel, (2018) reportó que estos nutrientes son conocidos por ser de baja solubilidad, por lo que al volverse más solubles por el efecto de *Trichoderma* spp. se incrementa el crecimiento del follaje y longitud de las raíces. Otros investigadores (Contreras, *et al.*, 2014) evaluaron la eficacia de inoculación de *Trichoderma harzianum* sobre plántulas de tomate y encontraron que plantas inoculadas con conidias de este hongo incrementaron su altura al compararla con plántulas sin inoculación.

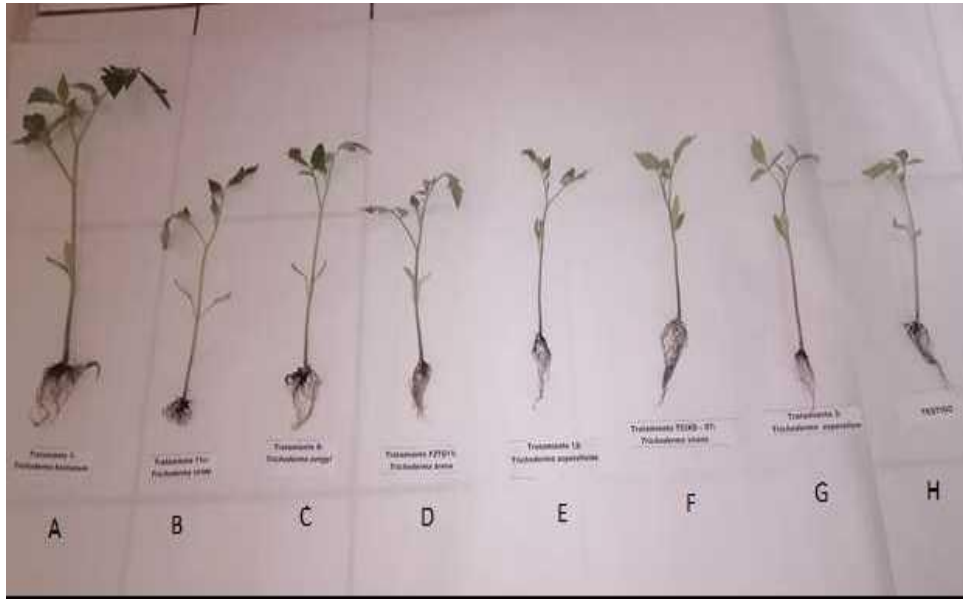


Figura 1. Se representa la estimulación del crecimiento individual provocado por la acción de cada uno de los siguientes *Trichoderma* spp., frente a su testigo. **A.** *Trichoderma harzianum*, **B.** *T. viride*, **C.** *T. songyi*, **D.** *T. breve*, **E.** *T. asperelloide*, **F.** *T. virens*, **G.** *T. asperellum*, **H.** Testigo. (Fuente propia).

Tabla 1. Altura promedio de plántulas de tomate con respecto al testigo (Fuente propia).

Microorganismos	N° de muestras	Altura (cm)	% de estimulación
<i>Trichoderma harzianum</i>	50	12.930a	38.8
<i>Trichoderma viride</i>	50	11.420b	22.6
<i>Trichoderma songyi</i>	50	10.420b	11.9
<i>Trichoderma asperelloide</i>	50	9.900c	6.3
<i>Trichoderma virens</i>	50	9.860c	5.9
<i>Trichoderma asperellum</i>	50	9.758c	4.8
<i>Trichoderma breve</i>	50	9.340c	0.3
Testigo	50	9.310c	---

Los promedios con letras iguales no son significativamente diferentes dentro de una columna de acuerdo con la Prueba de Separación de medias realizada según Duncan.

La capacidad de promover el crecimiento de plántulas por parte de *Trichoderma* spp. puede ser a que las plantas inoculadas mejoran su vigor y su capacidad para tolerar factores adversos abióticos o bióticos lo que explica su mejor crecimiento y desarrollo Paudel, *et al.*, (2018). De igual manera Jaroszuk-Ścisiel, (2019), señala que este hongo sintetiza hormonas de crecimiento como el etileno, auxinas y giberelinas, lo que explicaría el rápido crecimiento de las plantas al ser inoculadas por este hongo. Otro mecanismo de acción de *Trichoderma* spp. que beneficia a las plantas es la solubilización de nutrientes como el fósforo, esto lo logra mediante la producción ácidos orgánicos tales como ácido

glucónico, fumárico y cítricos, los cuales disminuyen el pH del suelo y permiten la solubilización de fosfatos y otros micro y macronutrientes como el manganeso y el magnesio (Paudel, *et al.*, 2018).

Los datos obtenidos de la variable altura de las plantas fueron analizados mediante la Prueba de homogeneidad de varianzas obteniéndose diferencia significativa ($P < 0.05$) por lo que se concluye que los datos se distribuyen de forma normal. Posteriormente, se realizó análisis de varianza de un factor obteniéndose una significancia de ($P < 0.05$) existiendo diferencias significativas entre algunos de los tratamientos evaluados.

3.2 Peso de plántulas de tomate bajo la influencia de aislados de *Trichoderma* spp.

La prueba de homogeneidad de varianza realizada a los promedios de peso de plántulas de tomate sometidas a diferentes aislados de *Trichoderma* spp., demuestran que estos datos están distribuidos normalmente, obteniéndose una diferencia significativa ($P < 0.05$). Asimismo, se realizó a los mismos datos un análisis de varianza de un factor obteniéndose una significancia de ($P < 0.05$) por lo que se deduce que efectivamente los tratamientos presentan diferencias significativas entre sí. Esto significa que al menos uno de los tratamientos evaluados superó al resto de los tratamientos en relación con el peso promedio de las plántulas.

En la Tabla 2, se observa que los aislados de *Trichoderma* spp. correspondientes a las especies *harzianum* y *viride* presentaron los mayores promedios de peso al compararse con el resto de los tratamientos presentando 1.4 g -1.19g, de peso respectivamente, lo que significó un incremento en el peso de las plantas de 72% y 46.3% respectivamente, al compararse con el testigo que obtuvo un peso promedio de 0.81g. Esto demuestra que existe una respuesta significativa del crecimiento de las plántulas de tomate ante la presencia de ambas especies de *Trichoderma* spp, que no está presente en el testigo. El tratamiento inoculado con *Trichoderma asperellum* se ubicó en tercer lugar con un peso promedio de 1 g, superando al testigo que presentó un peso promedio de 0.80 gramos y presentando una ganancia en peso de 27.4% si lo comparamos con el testigo que fue evaluado sin haber sido inoculado con *Trichoderma* spp. (Ver Tabla 2).

El aislado correspondiente a *Trichoderma breve* presentó un promedio de peso de 0.83g superando levemente al Testigo que presentó 0.80 gramos de peso, lo que representa una ganancia de peso de un 2.3% para el tratamiento *Trichoderma breve*. Finalmente, se ubicaron tres tratamientos que son *Trichoderma asperelloide*, *Trichoderma virens*, y *Trichoderma songyi*, los cuales presentaron peso promedio de 0.717 g, 0.75 g y 0.77 g, ninguno de estos tratamientos superó al testigo que tuvo un peso promedio de 0.80, sin embargo, al realizar separaciones de medias según Duncan (Ver tabla 2), se obtuvo que ninguno de estos cuatro promedios de peso es estadísticamente diferentes entre sí. Por lo cual se puede afirmar que el testigo, *Trichoderma asperelloide*, *Trichoderma virens*, y *Trichoderma songyi* tuvieron un comportamiento similar, ninguno de los tres tratamientos con *Trichoderma* spp. experimentaron ganancia de peso en comparación con el testigo, por el contrario, se observó que presentaron disminución de peso en un -12.1%, - 7.2%, y -5% al compararse con el peso del testigo. Esta disminución de peso de las plántulas al ser inoculadas puede estar asociada a efectos inhibitorios en el crecimiento y desarrollo que ha sido reportado cuando se asocian determinados cultivos con determinadas especies de hongos (Páramo y Hernández, 2017)

Estos resultados coinciden con lo reportado por Contreras, *et al.*, (2014) quienes desarrollaron estudios sobre la respuesta de plántulas de tomate a aplicaciones de conidias de *Trichoderma harzianum*, los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que efectivamente las plántulas de tomate inoculadas incrementaron su peso en comparación con plantas no inoculadas. Otros autores como (Naseby, *et al.*, 2000) quienes evaluaron la eficacia de diferentes aislados de *Trichoderma* spp. sobre

el incremento del peso de plántulas de guisantes, coinciden con el presente estudio en que las plántulas inoculadas con *Trichoderma* spp. incrementan el peso de las plántulas al compararlas con plantas no inoculadas. Sin embargo, estos últimos investigadores obtienen, hasta un 62% de ganancia de peso, siendo superados por los resultados del presente estudio donde obtuvimos hasta un 72% de ganancia de peso en el caso de *Trichoderma harzianum*. A diferencia con lo reportado por Naseby, *et al.*, (2000) en este estudio tres especies de *Trichoderma* spp. como son *Trichoderma asperelloide*, *Trichoderma virens*, y *Trichoderma songyi*, no promovieron el peso de las plántulas y tuvieron un peso similar al testigo sin inoculación.

Esta propiedad de *Trichoderma harzianum* de promover el crecimiento y desarrollo de las plantas ha sido reportada en cultivos como la Maracuyá (Cubillos, *et al.*, 2009), también se ha reportado que favorece la germinación, diámetro del tallo, peso de la planta y peso de raíz en tomate por Santana, *et al.*, (2016). Otros autores han comprobado que la inoculación de *T. harzianum* aporta beneficios a las plantas a través de la descomposición de materia orgánica, liberando nutrientes en formas disponibles y favoreciendo la actividad solubilizadora de fosfatos (Azarmi, *et al.*, 2011).

Tabla 2. Peso promedio de plántulas de tomate inoculadas con aislados de *Trichoderma* spp.

Microorganismos	N° de muestras	Peso (g)	% de estimulación
<i>Trichoderma harzianum</i>	50	1.404 a	72
<i>Trichoderma viride</i>	50	1.194 b	46.3
<i>Trichoderma asperellum</i>	50	1.040 c	27.4
<i>Trichoderma breve</i>	50	0.835 d	2.3
Testigo	50	0.816 d	----
<i>Trichoderma songyi</i>	50	0.775 d	-5
<i>Trichoderma virens</i>	50	0.757 d	-7.2
<i>Trichoderma asperelloide</i>	50	0.717 d	-12.1

Los promedios con letras iguales no son significativamente diferentes dentro de una columna de acuerdo con la Prueba de Separación de medias realizada según Duncan. (Fuente propia).

3.3 Longitud de raíces de plántulas de tomate bajo la influencia de aislados de *Trichoderma* spp.

En la Tabla 3, se pueden apreciar los promedios de longitud de raíces de plántulas de tomate expuestas a aislados de *Trichoderma* spp. que fueron sometidos a prueba de homogeneidad de varianza, resultando que los datos de estas longitudes se distribuyen normalmente ($P < 0.05$). Estos datos fueron posteriormente evaluados mediante un análisis de varianza de un factor dando como resultado que los tratamientos evaluados presentaba diferencias significativas entre sí ($P < 0.05$). Esto significa que al menos uno de los tratamientos evaluados presenta una longitud de raíz diferente con respecto al testigo y por lo tanto se sugiere realizar una separación de medias según Duncan para determinar dónde están las diferencias significativas.

Los promedios de longitud de raíces correspondientes al tratamiento *Trichoderma harzianum* presentaron las mayores longitudes de raíces en el estudio, con un promedio de 8 cm de largo, superando en un 70% al testigo y al resto de los tratamientos evaluados en diferentes porcentajes. En

segundo lugar, se ubicaron los tratamientos *Trichoderma songyi* y *Trichoderma viride* los cuales presentaron porcentajes de estimulación de 36.3 y 29.8 respectivamente, estos dos tratamientos no presentaron diferencias significativas entre sí, pero fueron estadísticamente superiores al resto de tratamientos excepto al tratamiento *Trichoderma harzianum*. Los tratamientos correspondientes a *T. asperellum* y *T. asperelloide* presentaron promedio de longitud de raíces de 5.40 cm, situándose en tercer lugar como tratamientos promotores de su crecimiento superando en 13.40% al tratamiento testigo. El resto de los tratamientos evaluados *T. virens*, *T. breve* oscilaron entre 4.4 y 4.7 cm de longitud no presentando diferencias significativas entre sí. En el caso de *T. breve*, es el único tratamiento que exhibió un crecimiento negativo, al ser menor la longitud de raíces en este tratamiento en comparación con el testigo. Sin embargo, el análisis estadístico señala que estas diferencias no son significativas, por lo que se considera que no hubo diferencias en el comportamiento de *T. virens*, *T. breve* con respecto al Testigo (ver tabla 3).

Tabla 3. Longitud promedio de raíces de plántulas de tomate inoculado con aislados de *Trichoderma* spp. (Fuente propia).

Microorganismos	Nº de muestras Analizadas	Longitud promedio (cm)	% de estimulación con respecto al testigo
<i>Trichoderma harzianum</i>	50	8.096 a	70
<i>Trichoderma songyi</i>	50	6.490 b	36.3
<i>Trichoderma viride</i>	50	6.180 b	29.8
<i>Trichoderma asperellum</i>	50	5.400 c	13.4
<i>Trichoderma asperelloide</i>	50	5.400 c	13.4
<i>Trichoderma virens</i>	50	4.768 cd	0.16
Testigo	50	4.760 cd	----
<i>Trichoderma breve</i>	50	4.480 d	-5.8

Los promedios con letras iguales no son significativamente diferentes dentro de una columna de acuerdo con la Prueba de Separación de medias realizada según Duncan

La habilidad de promover el crecimiento radicular encontrado en este estudio, fue similar a lo reportado por Contreras, *et al.*, (2014), ya que al evaluar la reacción de plántulas de tomate inoculadas con *Trichoderma harzianum* encontró que estas plantas presentaban raíces con una mayor longitud y el número de raíces laterales era también superior a las raíces de plántulas no inoculadas. Otros autores como Mwangi, *et al.*, (2011), encontró incrementos en la longitud de raíces de plántulas de tomate inoculadas con *Trichoderma harzianum* de entre 40% y 109% de incremento. Los resultados de *Trichoderma harzianum* en este estudio, están dentro de los rangos obtenidos por estos investigadores ya que se obtuvo un incremento en la longitud de raíces de plántulas de tomate de hasta un 70% y en el caso de *Trichoderma songyi* se obtuvo un incremento de longitud de 36.4 cercano al 40% obtenido por este mismo autor. Otras investigaciones revelan que este comportamiento se debió a la presencia de Auxinas que es una hormona de crecimiento vinculada a la inducción de raíces laterales y pelos radicales, sin embargo, este hongo también ha sido encontrado produciendo otras fitohormonas como el ácido indolacético (IAA) y análogos de la Auxina (Vinale, *et al.*, 2008; Paudel, *et al.*, 2018). Mwangi, *et al.*, (2011) indican que algunas razas de *Trichoderma harzianum* han mostrado un robusto y duradero proceso de colonización de las raíces de las plantas, permitiendo al hongo penetrar en la superficie de las raíces lo cual ayuda a aumentar el desarrollo radicular mejorando la tolerancia de las plantas a factores ambientales estresantes, logrando esto a través de un incremento en la absorción de

nutrientes. Paudel, *et al.*, (2018) explica que estos procesos se producen mediante la síntesis de fitohormonas que se producen en la planta debido a la interacción de *Trichoderma* spp, generando moléculas parecidas a citoquinina y giberelinas, lo cual coincide con lo señalado por Contreras, *et al.*, (2014).

De igual manera, *Trichoderma viride* al ser inoculado en plántulas de Chiltomo (*Capcicum annuum*) presentó un efecto estimulante en el crecimiento de las plantas logrando un incremento en la longitud de raíces y en el número de raíces laterales (Salinas y Soriano 2014; Vazallo, *et al.*, 2013). Este mismo comportamiento ha sido observado en el sistema radicular del algodón (*Gossypium hirsutum*), al ser inoculado con *T.viride* (Shanmugaiah, *et al.*, 2009). Otros autores han demostrado que la utilización de *Trichoderma harzianum* en plántulas de chícharo promovió un incremento en el peso de raíces superando en un 62% plántulas no inoculadas. De igual manera este hongo logró proteger las plántulas de organismos fitopatógenos como *Pythium* spp. (Naseby, *et al.*, 2000). Autores como Ozbay and Newman (2004), han reportado que plantas que han sido inoculadas con aislados de *Trichoderma* spp han presentado mayor altura que plantas sin *Trichoderma* spp. Esto ha sido explicado dado que estos hongos tienen la capacidad de solubilizar fosfatos y micronutrientes tales como zinc, cobre, hierro y manganeso, estos nutrientes son conocidos por ser de baja solubilidad, por lo que al volverse más solubles por el efecto de *Trichoderma* se incrementa el crecimiento del follaje y la longitud de las raíces, lo que explicaría el significativo incremento de peso en plántulas de tomate inoculadas con *Trichoderma* spp. Estos datos ya han sido reportados por otros investigadores como Paudel, *et al.*, (2018). Los resultados que se han obtenido en este estudio (Ver Tabla 3), se pueden deber entonces, a la capacidad de *Trichoderma* spp., de aumentar el desarrollo radicular y sintetizar hormonas de crecimiento, lo que provoca una mayor longitud de raíces y por ende mejora la absorción de nutrientes y agua, obteniendo por este medio plantas de mejor calidad y de tamaño adecuado para el trasplante.

4. CONCLUSIONES

El desarrollo del presente trabajo y el análisis de los resultados obtenidos permitieron arribar a las siguientes conclusiones:

Los aislados de *T. harzianum* y *T. viride* presentaron el mayor potencial promotor de crecimiento en plántulas de tomate obteniéndose una ganancia en altura de 38.8% y 22.6% respectivamente en comparación al testigo. En el peso fresco de plántulas se obtuvo una ganancia de peso de 72% y 46.3% en comparación al testigo. Finalmente, estas mismas especies con respecto longitud de raíces superan al testigo en un 70% y 36.3% respectivamente.

La literatura revisada reporta hasta un 62% de ganancia de peso, siendo superados por los resultados del presente estudio donde se obtuvo hasta un 72% de ganancia de peso en el caso de *Trichoderma harzianum*. Se destaca el hecho de que, en este estudio, tres especies de *Trichoderma* spp. como son *Trichoderma asperelloide*, *Trichoderma virens*, y *Trichoderma songyi*, no promovieron el peso de las plántulas y tuvieron un peso similar o menor al testigo sin inoculación, mostrando inhibición al desarrollo del cultivo del tomate.

Trichoderma harzianum resultó ser el tratamiento que más estimula el crecimiento de raíces (70% respecto al testigo), superado significativamente al resto de tratamientos. Seguidamente se ubicaron *T. songyi* y *T. viride* con porcentaje de estimulación del crecimiento de raíces de 36.3 y 29.8 % respectivamente al compararse con el testigo. Los demás tratamientos evaluados presentaron porcentajes inferiores a los anteriores.

5. REFERENCIAS

- Azarmi, R., Hajieghrari, B. y A. Giglou. (2011). Effect of *Trichoderma* isolates on tomato seedling growth response and nutrient uptake. *African Journal of Biotechnology* 10(31): 5850-5855.
- Cárdenas, BA., (2013). La Biotecnología aplicada en la agricultura. Cultivo de Tejidos Vegetales. CDB-ITESM. Módulo III. ITA No.9. DGETA-SEP.
- Carrillo, G., J. Juárez, D. Ruíz y R. Müller. 2000. Aumento del rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cuando la raíz se desarrolla colonizada por microorganismos. *Biotecnología Aplicada* 17: 171-176.
- Contreras-Cornejo, H., Macías-Rodríguez, LI., Alfaro, C.R., López-Bucio, J. (2014). *Trichoderma* spp. improves growth of *Arabidopsis* seedlings under salt stress through enhanced root development, osmolite production, and Na⁺ elimination through root exudates. *Mol. Plant Microbe Interact.* 27, 503–514.
- Cubillos-Hinojosa, J., Mejía, L., y Valero, N. (2009). *Trichoderma harzianum* como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener). *Agron. Colomb.* 27: 81-86.
- Dandurand, L. y G. Knudsen. (1993). Influence of *Pseudomonas fluorescent* on hyphal growth and biocontrol activity of *Trichoderma harzianum* in the spermosphere and rhizosphere of pea. *Phytopathol.* 83(3), 265- 270.
- Jarozuk-Ścisiel, J., Tyśkiewicz, R., Nowak, A., Ozimek, E., Majewska, M., Hanaka, A., Tyśkiewicz, K., Pawlik, A., y Janusz, G. (2019). Phytohormones (Auxin, Gibberellin) and ACC Deaminase In Vitro Synthesized by the Mycoparasitic *Trichoderma* DEMTkZ3A0 Strain and Changes in the Level of Auxin and Plant Resistance Markers in Wheat Seedlings Inoculated with this strain conidia. *International journal of molecular sciences*, 20 (19), 4923. <https://doi.org/10.3390/ijms20194923>.
- Lorito M. (2006). La biología molecular de las interacciones entre *Trichoderma*, hongos fitopatógenos y plantas: oportunidades para desarrollar nuevos métodos de control de enfermedades. *Fitosanidad.* 2006; 10(2):139–40.
- Mwangi, MW. Monda, EO, Okoth, SA y Jefwa, JM. (2011). Inoculation of tomato seedlings with *Trichoderma Harzianum* and Arbuscular *Mycorrhizal* Fungi and their effect on growth and control of wilt in tomato seedlings. *Braz J Microbiol.* 2011; 42(2):508-513. Doi: 10.1590/S1517-838220110002000015.
- Khan, N., Bano, A., Ali, S., and Babar, M.d. A. (2020). Crosstalk amongst phytohormones from planta and PGPR under biotic and abiotic stresses. *Plant Growth Regul.* 90, 189–203. doi: 10.1007/s10725-020-00571-x
- Naseby, DC., Pascual, J.A., Lynch, JM. (2000). Effect of biocontrol strains of *Trichoderma* on plant growth, *Pythium ultimum* population, soil microbial communities and soil enzyme activities. *J. Appl. Microbiol.* 88, 161-169.
- Ozbay, N., Newman, ES. (2004). Effect of *T. harzianum* strains to colonize tomato roots and improve transplant growth. *Pak. J. Biol. Sci.* 7, 253-257.
- Paudel, V., Pathak, R., Lamichhane, J., Gauchan, D. (2018). Biocontrol and growth enhancement potential of *Trichoderma* spp. on broad leaf mustard. *Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology*, 13(1), 85-94. <https://doi.org/10.3126/kuset.v13i1.21265>
- Páramo-Aguilera L.A., J.L. Hernández-Mendoza 2, (2017). Caracterización de *Trichoderma viridae* y *T. atroviridae* aislados de monumentos históricos en ciudad de México. ISSN-E 1995-9516 Universidad Nacional de Ingeniería <http://revistas.uni.edu.ni/index.php/Nexo> <http://dx.doi.org/10.5377/nexo.v30i2.5525>.

Pieterse, C. M., Zamioudis, C., Berendsen, R. L., Weller, D. M., Van Wees, S. C., and Bakker, P. A. (2014). Induced systemic resistance by beneficial microbes. *Annu. Rev. Phytopathol.* 52, 347–375.

Ruiz-Cisneros, MF., Ornelas-Paz, JJ., Olivas-Orozco, GI., Acosta-Muñiz, CH., Sepúlveda-Ahumada, DR., Pérez-Co-rral, DA., Rios-Velasco, C., Salas-Marina, MA., Fernández-Pavía, SP. (2018). Effect of *Trichoderma* spp. and phytopathogenic fungi on plant growth and tomato fruit quality. *Revista Mexicana de Fitopatología* 36(3): 444- 456. DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1804-5.

Salinas, RV., BB. Soriano. (2014). Efecto de *Trichoderma viride* y *Bradyrhizobium yuanmingense* en el crecimiento de *Capsicum annuum* en condiciones de laboratorio», *Revista Científica de Estudiantes* 2: 32, Chile, 2014.

Santana Baños, Y., Busto Concepción, A., GF., Yunio, AG., Carrodegua Díaz, S., Páez Fernández, PL., Díaz Lugo, G. (2016). Efecto de *Trichoderma harzianum* Rifai y FitoMas-E® como bioestimulantes de la germinación y crecimiento de plántulas de tomate. *Centro Agrícola*, 43(3), 5-12.

Sánchez Miranda, M. D., Moreno Mayorga, L. F., y Páramo Aguilera, L. A. (2021). Identificación morfológica y molecular de especies autóctonas *Trichoderma* spp., aisladas de suelos de importancia agrícola. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, 11(1), 26–42.

Sánchez Miranda, M. D. (2022). Evaluación del potencial de aislados de *Trichoderma* spp como inhibidor a nivel *in vitro* del crecimiento de tres aislados del género *Fusarium* spp. *Nexo Revista Científica*, 35(02), 425–432.

Shanmugaiah, V., Balasubramanian, N., Gomathinayagam, S., Manoharan, P., y Rajendran, A. (2009). Effect of single application of *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* on growth promotion in cotton plants. *African Journal of Agricultural Research*, 4, 1220-1225.

Vazallo, SN., Terrones-Ramírez, L., Toro-Carranza B., Zárate-García, B., y Soriano-Bernilla. (2013). Efecto de la inoculación de *Rhizobium etli* y *Trichoderma viride* sobre el crecimiento aéreo y radicular de *Capsicum annuum* var. *Longum*. *REBIOLEST* 1: 11-21.

Vinale, FK., Sivasithamparam, E.L., Ghisalberti, R., Marra, MJ., Barbetti., y H. Li. (2008). A novel role for *Trichoderma* secondary metabolites in the interactions with plants. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 72:80-86.

SEMBLANZA DEL AUTOR



María Delfina Sánchez- Miranda: Graduada en ingeniería en Agroecología tropical, en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua – León, Nicaragua. Con especialidad en Biotecnología. Participó en curso de Desarrollo rural, con enfoque en mejoramiento de vida en el país de Japón y Guatemala, Trabaja en el Departamento de Agroecología de la Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinaria, específicamente en el área de los laboratorios de Fitopatología diagnosticando enfermedades en plantas.