



***Trichoderma* spp: Propagación, dosificación y aplicación en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.)**

***Trichoderma* spp: Propagation, dosage and application in maize crop (*Zea mays* L.)**

John Alberto Cuenca Sedamanos¹
José Nicasio Quevedo Guerrero²
Ivanna Gabriela Tuz Guncay³
Julio Enrique Chabla Carillo⁴
Edison Fabricio Vera Cruz⁵



DOI: <https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n3.2022.14692>

RESUMEN: El uso de *Trichoderma* spp en la agricultura orgánica es importante debido a su amplio modo de acción que incluye: la segregación de metabolitos secundarios que inducen la producción de fitoalexinas en las plantas y su capacidad antagonista, además la antibiosis que causan la degradación de las paredes celulares de otros patógenos inhibiendo su desarrollo. El objetivo fue evaluar el efecto de cuatro cepas de *Trichoderma* spp sobre parámetros morfológicos y rendimiento del cultivo de maíz bajo condiciones de campo. La investigación se realizó en la Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias, granja experimental "Santa Inés". Se usó un diseño experimental de bloques completamente al azar, se evaluaron 90 plantas por tratamiento, 4 tratamientos, 3 dosis, 3 repeticiones por dosis, 10 plantas por repetición en las variables anteriormente mencionadas, los tratamientos fueron: T1: *Trichoderma asperellum*; T2: *Trichoderma melanomagnum*; T3: *Trichoderma spirale*; T4: *Trichoderma reesei* en tres dosis. Los resultados obtenidos indican que las variables que presentaron diferencias estadísticas fueron: altura de planta con *T. spirale* obtuvo 239,630 cm, número de hojas arriba de la mazorca en *T. melanomagnum* y *T. spirale* fueron mayores con 7,060 y 7,130 respectivamente, longitud de mazorca en *T. melanomagnum* con 13,687 cm, diámetro de la mazorca posee valores similares con las cuatro cepas, peso de semilla con *T. melanomagnum* obtuvo 59,410 g y humedad de semilla en *T. asperellum* con 26,933%. Se concluye que las cepas *T. asperellum* y *T. melanomagnum* con las dosis $\times 10^{10}$ y $\times 10^{11}$ UFC obtuvieron los mejores rendimientos.

PALABRAS CLAVE: Fitoalexinas; Microorganismo; Antagonismo; Rendimiento.

ABSTRACT: The use of *Trichoderma* spp. in organic agriculture is important due to its wide mode of action that includes: the segregation of secondary metabolites that induce the production of phytoalexins in plants and its antagonistic capacity, besides the antibiosis that cause the degradation of the cell walls of other pathogens inhibiting their development. The objective was to evaluate the effect of four strains of *Trichoderma* spp. on morphological parameters and yield of maize under field conditions. The research was conducted at the Technical University of Machala, Faculty of Agricultural Sciences, "Santa Inés" experimental farm. An experimental design of completely randomized blocks was used, 90 plants were evaluated per treatment, 4 treatments, 3 doses, 3 repetitions per dose, 10 plants per repetition in the variables previously mentioned, the treatments were: T1: *Trichoderma asperellum*; T2: *Trichoderma melanomagnum*; T3: *Trichoderma spirale*; T4: *Trichoderma reesei* in three doses. The results obtained indicate that the variables that presented statistical differences were: height of plant with *T. spirale* obtained 239,630 cm, number of leaves above the cob in *T. melanomagnum* and *T. spirale* were higher with 7,060 and 7,130 respectively, cob length in *T. melanomagnum* with 13,687 cm, cob diameter had similar values with the four strains, seed weight with *T. melanomagnum* obtained 59,410 g and seed moisture in *T. asperellum* with 26,933%. It's concluded that the strains *T. asperellum* and *T. melanomagnum* with doses $\times 10^{10}$ and $\times 10^{11}$ CFU obtained the best yields.

KEYWORDS: Phytoalexins; Microorganism; Antagonism; Yield

FECHA DE RADICACIÓN: 30 de julio de 2022 **FECHA DE APROBACIÓN:** 15 de octubre de 2022

CÓMO CITAR: Cuenca Sedamanos, J. A., Quevedo Guerrero, J. N., Tuz Guncay, I. G., Julio Enrique Chabla Carillo, J. E., & Vera Cruz, E. F. *Trichoderma* spp: Propagación, dosificación y aplicación en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Ciencia y Agricultura*, 19(3): 32-44. <https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n3.2022.14692>

- 1 Est. Ing.Agr. Universidad Técnica de Machala (Ecuador), jcuenca5@utmachala.edu.ec, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5707-3508>
- 2 M.Sc. Universidad Técnica de Machala (Ecuador), jquevedo@utmachala.edu.ec, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8974-5628>
- 3 Ing. Agr. Universidad Técnica de Machala, (Ecuador); ituz@utmachala.edu.ec, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0085-3495>
- 4 Ph.D. Universidad Técnica de Machala, (Ecuador); jchabla@utmachala.edu.ec, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9761-5890>
- 5 Est. Ing.Agr. Universidad Técnica de Machala (Ecuador), evera2@utmachala.edu.ec, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7950-5049>

INTRODUCCIÓN

El uso de hongos del género *Trichoderma* spp en el control de enfermedades ha sido muy empleado debido a su interacción con otros hongos, animales y plantas (Zin & Badaluddin, 2020)., algunos investigadores han determinado que los metabolitos secundarios del género *Trichoderma* spp inducen la producción de mecanismos de defensa en las plantas (de Souza et al., 2019; Zin & Badaluddin, 2020).

El género *Trichoderma* tiene especies de interés agronómico ya que son antagonistas, compiten por espacio con otros patógenos y necesitan estar en suelos que de preferencia contengan materia orgánica, son sensibles a factores como: luz, pH, agua, compactación; la presencia de algunos de los factores antes mencionados puede conllevar a la pérdida de la especie en el suelo (Hermosa, et al., 2012 y Zin & Badaluddin, 2020). Uno de sus principales modos de acción es la antibiosis que detiene el crecimiento micelial de los hongos fitopatógenos (Ronnie-Gakegne & Martínez-Coca, 2018).

El micoparasitismo es un mecanismo de acción de *Trichoderma* spp, el cual realiza una simbiosis antagónica, permitiendo que inhiba el crecimiento de los fitopatógenos por medio de la adhesión de sus micelios, debido a la producción de enzimas extracelulares las cuales afectan la pared celular de los hongos parasitados (Romero-Cortés et al., 2016 y Garrido & Vilela, 2019).

Existen diferentes estudios sobre la eficiencia de las diferentes especies del género *Trichoderma*. De los Santos-Villalobos et al. (2013) demostraron que la aplicación de *T. asperellum* controló *Colletotrichum gloeosporioides* en el cultivo de mango bajo condiciones in vitro. Díaz-Gutiérrez et al. (2021) mencionan que *T. asperellum* redujo en un 80 % la incidencia de marchitez por *F. oxysporum* en *Stevia rebaudiana*, además de producir enzimas que degradan la pared celular (quitinasa y celulasa) y finalmente se comprobó que *T. asperellum* produce fitohormonas como el ácido salicílico y ácido jasmónico.

El maíz (*Zea mays* L.) es originario de México, se cultivó previo a la época prehispánica y en Ecuador inició su siembra hace 4300 años Iglesias et al. (2018), es uno de los productos de mayor importancia, en su mayoría la producción proviene de familias campesinas, siendo este su sustento, dicha producción está destinada para la elaboración de balanceados 70%, el 22% se representa en exportaciones y su restante 8% se divide en consumo alimentario y semillas (Suquilanda, 2009).

Mejía (2003) el maíz se adapta a diversos climas, debido a esto, en el periodo comprendido entre 2000 - 2002 fue el cereal más cultivado en áreas con economía en desarrollo como es América Latina y África. Gómez-Espejo et al. (2015) mencionan que la adaptación se debe a la capacidad de producir descendientes de plantas elites resistentes y tolerantes a los factores bióticos y abióticos de la zona introducida. Además, fue domesticado por culturas

prehispánicas, convirtiéndose en uno de los principales componentes de la seguridad alimentaria (García, 2017).

El rendimiento del cultivo está asociado con ambientes de elevada luminosidad y temperaturas óptimas, las temperaturas diurnas de alrededor de 30°C mejoran la tasa fotosintética mientras que las temperaturas nocturnas reducen la respiración y retrasan el desarrollo vegetal, además la eficiencia fotosintética mejora la conversión en materia seca e influye en la formación de grano incrementando los rendimientos totales (Esposito et al., 2015).

Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue determinar el efecto de diferentes dosis de cuatro cepas de *Trichoderma spp* sobre parámetros morfológicos y rendimiento en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) bajo condiciones de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación tuvo lugar en dos escenarios: el laboratorio de Sanidad Vegetal y la Granja Experimental Santa Inés, ambos ubicados dentro de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la Universidad Técnica de Machala, en el cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador, con las coordenadas latitud: 3°17'22"S y longitud: 79°54'38"W, con altura de 6 msnm, según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología-INAMHI, (2017) posee una precipitación mensual promedio de 75,5 mm, temperatura promedio de 24,7°C, en un área de 130,4m².

Aislamiento y preparación de tratamientos

Propagación

Se replicaron las cepas aisladas de *Trichoderma spp* y purificadas en el medio de cultivo PDA (Figura 1), se preparó 2 L de PDA y se esterilizó en autoclave eléctrica All American modelo No. 75x durante 15 min a 121°C, luego se realizó la siembra de las diferentes cepas de *Trichoderma* en cajas petri de vidrio en una cámara de flujo laminar Clean Beach SN-CJ-2F aplicando la técnica de punción siguiendo la metodología empleada por (Alma et al., 2010).

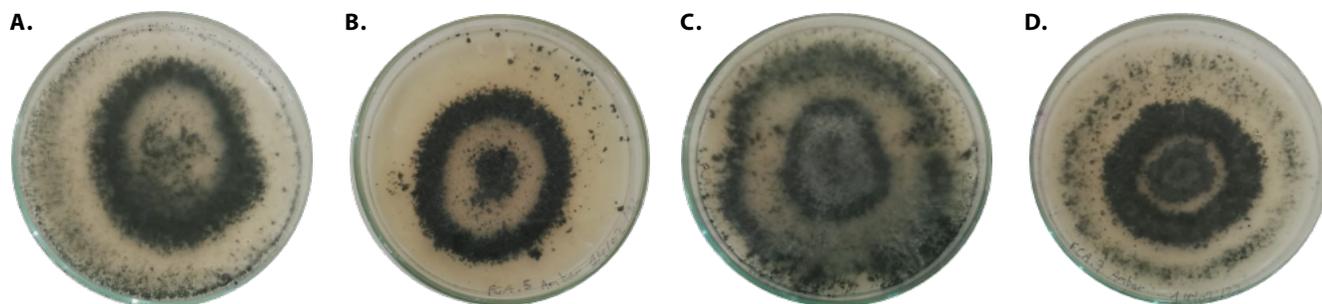


FIGURA 1. Cepas de *Trichoderma spp* utilizadas en la investigación **A:** *T. asperellum*; **B:** *T. melanomagnum*; **C:** *T. spirale*; **D:** *T. reesei*. **Fuente:** Autores.

Preparación de sustratos

Para la multiplicación de *Trichoderma spp* se elaboró un sustrato de arroz a razón de 300 g en 1 l de agua, se dejó en reposo para que se hidrate el arroz, luego se eliminó el exceso de agua escurriendo en una malla de acero y se colocó en fundas para esterilizar en autoclave eléctrica All American modelo No. 75x durante 15 min a 121°C siguiendo la metodología de Aceves et al. (2008) modificada por los autores.

Inoculación de Trichoderma spp en arroz

Para realizar la multiplicación masiva de *Trichoderma spp* en arroz se efectuó una extracción de esporas y micelios en las cajas petri con un asa tipo espátula y se colocó en vasos de precipitación con 40 ml de agua destilada, luego se mezcló con un agitador magnético durante 15 minutos hasta tener una homogénea coloración verde.

Con una jeringa se tomó una alícuota de 10 ml de la mezcla de agua destilada con *Trichoderma spp.*, se inyectó en la funda con el sustrato y se dejó reposar ocho días a temperatura ambiente hasta obtener la esporulación de la *Trichoderma*.

Dosificación

Al haber esporulado la *Trichoderma spp.* completamente en el sustrato, se pesa 1 g y se coloca en un vaso de precipitación con 500 ml de agua destilada y por medio de un agitador magnético se mezcla durante 30 min para homogeneizar y proceder a realizar el conteo de esporas.

El conteo de esporas se realizó con una cámara de Neubauer en la que se adicionó una gota de la solución y se colocó un cubreobjetos para llevar al microscopio (Euromex), el conteo se realizó con el objetivo de 40x en la cuadrícula central de la cámara Neubauer.

Con la información se procedió a realizar los cálculos según Cañedo & Ames (2004) modificado por los autores:

$$x * 25 * 10000 * Fd = \text{número de esporas por g/ml} \quad [1]$$

Siendo:

X = número de esporas promedio de los 5 cuadrantes.

25= total de cuadrantes.

0,1 mm = 10000 de 1 ml.

Fd = factor de dilución (cantidad de agua destilada a colocar 500 ml).

Manejo de cultivo

El híbrido de maíz sembrado fue trueno, presenta las siguientes características; altura de planta: 221 cm, días a la floración: 55 días, longitud de la mazorca: 15 cm, rendimiento productivo: 8,2 tn/ha (Nervo, 2019).

La distancia de siembra fue de 0,20 m entre planta y 0,40 m entre surcos, se colocó 2 semillas por hoyo. Se aplicaron dos ciclos de frecuencia de fertilizante a los 28 y 57 días luego de la siembra con las siguientes mezclas: Urea 4,03 kg, Fosfato Diamónico (DAP) 0,24 kg, 3,37 kg Nitrato de Potasio (KNO₃) en la primera fertilización y UREA 2,72 kg, DAP 1,81 kg, 2,5 kg KNO₃ para el segundo ciclo, además no se realizó un análisis de suelo previo. El tiempo de riego por aspersión se determinó de acuerdo a las condiciones climáticas y necesidad hídrica del cultivo. El control de malezas se realizó de forma manual, para el control de plagas y enfermedades no se aplicaron insecticidas, fungicidas ya que se hallaron controladores biológicos de forma natural en el cultivo (*Adalia bipunctata* L, *Harmonia axyridis* P, *Eriopsis connexa* M, *Reduviidae* L.). La cosecha se realizó a los 86 días después de la siembra.

Aplicación de cepas

Se realizaron las aplicaciones de los tratamientos según las dosis indicadas en la Tabla 1 al cultivo de maíz a los 35 y 49 días después de la siembra en drench, directamente a la base de la planta, las mismas fueron diluidas en 1,3 L agua para cada tratamiento.

Diseño estadístico

Se empleó un Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 4 tratamientos, 3 dosis, 3 repeticiones por cada dosis, 10 plantas por repetición, en cada tratamiento se evaluaron 90 plantas, con una medida de 32,6 m² por

tratamiento, se aplicaron cuatro tratamientos con *Trichoderma* spp. de diferentes obtenidas en la investigación de Bermeo et al. (2022) e identificadas por Merchán et al. (2022) que se conservan bajo condiciones controladas en el Laboratorio de Sanidad Vegetal.

La Tabla 1 indica los tratamientos realizados con sus respectivas dosis, todos los tratamientos se aplicaron en 1,3 L de agua, el área asignada total fue de 130,4 m² estableciéndose el cultivo de maíz, con la realización de labores como: remoción del suelo, implementación de sistema de riego, establecimiento de bloque y delimitación entre tratamientos, siembra, fertilización base y cosecha.

TABLA 1. Tratamientos y dosis utilizadas en la investigación.

Tratamientos	Tipos de Cepa	Dosis (UFC)	
		Dosis	Volumen (ml)
T1	<i>T. asperellum</i>	Dosis 1	1,32x10 ¹⁰ 0,01 ml
		Dosis 2	1,32x10 ¹¹ 0,08 ml
		Dosis 3	1,32x10 ¹² 0,76 ml
T2	<i>T. melanomagnum</i>	Dosis 1	3,50x10 ¹⁰ 0,03 ml
		Dosis 2	3,50x10 ¹¹ 0,29 ml
		Dosis 3	3,50x10 ¹² 2,88 ml
T3	<i>T. spirale</i>	Dosis 1	1,66x10 ¹⁰ 0,06 ml
		Dosis 2	1,66x10 ¹¹ 0,61 ml
		Dosis 3	1,66x10 ¹² 6,07 ml
T4	<i>T. reesei</i>	Dosis 1	3,30x10 ¹⁰ 0,03 ml
		Dosis 2	3,30x10 ¹¹ 0,31 ml
		Dosis 3	3,30x10 ¹² 3,05 ml

UFC: Unidad formadora de colonia.

Variables evaluadas

En la investigación se evaluaron las siguientes variables, altura de planta (cm), número de hojas arriba de la mazorca, disposición de la hilera en granos, peso de semilla (g), longitud de la mazorca (cm), diámetro de la mazorca (cm), humedad de semilla (%) todas las variables que se mencionan se tomaron datos al momento de la cosecha, siguiendo la metodología de acuerdo al descriptor International Board for Plant Genetic Resources-IBPGR (1991).

Para las variedades peso mazorca con panga (g), peso de la mazorca (g), peso de marlo (g), fueron evaluadas por criterios de los autores, para verificar si existe estadística entre las variables anteriormente mencionadas.

La toma de datos en las variables altura de planta (cm), número de hojas arriba de la mazorca, disposición de la hilera en granos, fueron realizadas en campo, las variables restantes fueron tomados en el laboratorio de Sanidad vegetal.

Análisis Estadístico

Los datos obtenidos de la investigación se analizaron a través del software estadístico SPSS 18; basándose en lo publicado por Bakieva et al. (2015), se aplicó el ANOVA de un factor, para las variables, tratamientos y dosis, con una comparación de medias por la prueba de Tukey con un valor de 5% de significancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables morfológicas (cepas de *Trichoderma* spp)

Los datos presentados en la Tabla 2 para altura de planta (Alpnt), presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) en la cepa *T. spirale* con una altura de 239,63 cm \pm 1,167, mientras que la cepa *T. asperellum* mostró el menor valor de altura con 214,20 cm \pm 1,167. Varias investigaciones mencionan que los microorganismos benéficos como *Trichoderma* spp mejoran el crecimiento al aumentar la fotosíntesis, produciendo sustancias bioactivas como auxinas, giberelinas, citoquininas y enzimas (Pereg & McMillan, 2015 - Acurio & España, 2017). Eraso et al. (2014) comentan que el uso de cepas de *Trichoderma* spp, indujeron al crecimiento vegetativo en el cultivo de arveja, debido a la producción de metabolitos secundarios. Mientras Larios et al., 2019 en su investigación en *Capsicum chinense* (Jacq.) var. "Chichen Itza" indican que la inoculación permitió obtener mayor altura de planta y diámetro del tallo.

La variable número de hojas arriba de la mazorca (Nhadm) presenta significancia ($p < 0,05$), en las cepas *T. spirale* y *T. melanomagnum* arrojaron mayor número de hojas con 7,130 \pm 0,030 y 7,06 \pm 0,030 respectivamente, Hernández & Soto (2013) en su investigación determinó los índices de eficiencia en maíz y sorgo, obteniendo como resultado una mayor presencia de materia seca y área foliar que incrementaron los rendimientos.

La variable disposición de la hilera de granos (Dhgra) no presentó significancia ($p > 0,05$), en todas sus cepas contiene un valor similar, según IBPGR (1991) posee granos irregulares.

Longitud de la mazorca (Lmaz) presentan significancia ($p < 0,05$) tiene una longitud de 13,687 cm \pm 0,116 en la cepa *T. melanomagnum* y en la cepa *T. asperellum* con un valor menor de 12,913 \pm 0,116; por otro lado, diámetro de la mazorca (Dmaz), presentó significancia ($p < 0,05$) en todas sus cepas ya que posee valores similares.

TABLA 2. ANOVA de un factor para determinar la significancia de las cepas de *Trichoderma spp* entre las variables morfológicas estudiadas.

Cepas	Variables morfológicas				
	Alpnt	Nhadm	Dhgra	Lmaz	Dmaz
<i>T. asperellum</i>	214,200 ± 1,167 ^a	6,880 ± 0,030 ^a	2,240 ± 0,057 ^a	12,913 ± 0,116 ^a	3,790 ± 0,014 ^c
<i>T. melanomagnum</i>	223,170 ± 1,167 ^b	7,060 ± 0,030 ^{ab}	2,110 ± 0,057 ^a	13,687 ± 0,116 ^a	3,746 ± 0,014 ^{bc}
<i>T. spirale</i>	239,630 ± 1,167 ^c	7,130 ± 0,030 ^b	2,330 ± 0,057 ^a	13,024 ± 0,116 ^a	3,573 ± 0,014 ^a
<i>T. reesei</i>	217,010 ± 1,167 ^{ab}	6,970 ± 0,030 ^{ab}	2,000 ± 0,057 ^a	13,537 ± 0,116 ^a	3,680 ± 0,014 ^b
f	29,468	3,382	1,676	2,731	12,102
sig	0,000	0,018	0,172	0,044	0,000

Alpnt: Altura de planta (cm); **Nhadm:** Número de hojas arriba de la mazorca; **Dhgra:** Disposición de la hilera de granos; **Lmaz:** Longitud de mazorca (cm); **Dmaz:** Diámetro de la mazorca (cm), se realizó Anova de un factor con una prueba de Tukey con 95% de confiabilidad.

Variables de rendimiento (cepas de *Trichoderma spp*)

En la Tabla 3, la variable peso de mazorca con panga (Pmazpa) no presentó significancia ($p > 0,05$) siendo *T. reesei* obteniendo un valor mayor de 148,737 g ± 4,052, en comparación con la cepa *T. spirale* 29,961 g ± 4,052. En otro aspecto el peso de mazorca (Pmaz) no registró diferencias significativas ($p > 0,05$) siendo *T. asperellum* obteniendo un valor mayor con 100,633 g ± 1,339, y un valor menor de 91,589 g ± 1,339 en *T. reesei*.

Peso de semilla (Psem) registró significancia ($p < 0,05$), con un valor mayor de 59,410 g ± 0,857 en *T. melanomagnum*, en comparación con las cepas *T. asperellum*, *T. spirale*, *T. reesei* las cuales presentaron valores similares, esto concuerda con Landero et al. (2019) comenta que encontró cepas nativas de *Trichoderma spp* en el sector Valle del Mezquital, Hidalgo, estas cepas influyeron en el rendimiento de maíz.

La variable peso de marlo (Pmar), no es significativa ($p > 0,05$) en su valor menor fue en la cepa *T. spirale* 24,748 g ± 0,447. La variable humedad de semilla (Hsem) presentó significancia con un valor menor de 26,933% para la cepa *T. asperellum* 26,933% ± 0,163, investigación realizada por Rosas et al. (2007) indica que el almacenamiento de semillas permite asegurar la conservación de alimento, esto se puede conseguir si se tiene control de la humedad de semilla, humedad relativa y temperatura, debido que los factores anteriormente mencionados son de vital importancia para la conservación de semilla y granos.

TABLA 3. Anova de un factor para determinar la significancia de cepas de *Trichoderma spp* entre las variables rendimiento estudiadas.

Cepas	Variables rendimiento				
	Pmazpa	Pmaz	Psem	Pmar	Hsem
<i>T. asperellum</i>	139,743 ± 4,052 ^a	100,633 ± 1,339 ^a	52,741 ± 0,857 ^a	25,848 ± 0,447 ^a	26,933 ± 0,163 ^a
<i>T. melanomagnum</i>	133,391 ± 4,052 ^a	99,726 ± 1,339 ^a	59,410 ± 0,857 ^b	27,667 ± 0,447 ^a	30,406 ± 0,163 ^c
<i>T. spirale</i>	129,961 ± 4,052 ^a	95,409 ± 1,339 ^a	52,936 ± 0,857 ^a	24,748 ± 0,447 ^a	28,721 ± 0,163 ^b
<i>T. reesei</i>	148,737 ± 4,052 ^a	91,589 ± 1,339 ^a	53,132 ± 0,857 ^a	25,818 ± 0,447 ^a	31,761 ± 0,163 ^d
f	1,037	2,462	3,655	1,846	61,783
sig	0,376	0,062	0,013	0,139	0,000

Pmazpa: Peso de mazorca con panga (g); **Pmaz:** Peso de mazorca (g); **Psem:** Peso de semilla (g); **Pmar:** Peso de marlo (g); **Hsem:** %Humedad de semilla; se realizó Anova de un factor con una prueba de Tukey con 95% de confiabilidad.

Variables morfológicas (dosis de *Trichoderma spp*)

La Tabla 4 la variable Alpnt presenta significancia ($p < 0,05$) se obtiene una mejor altura en la dosis de $x10^{11}$ (UFC) con un valor de $233,970 \text{ cm} \pm 1,167$, investigaciones realizadas por Keyser et al. (2016); Hernández-Melchor et al. (2019) mencionan que *Trichoderma spp* tiende a estimular el crecimiento de las plantas, debido a la producción de auxinas, giberelinas y citoquininas.

Aceves et al. (2008) comenta que el uso de dosis bajas $4,43 \times 10^8$ en sustrato de maíz, ayuda a obtener un desarrollo micelial, con una viabilidad de 99%, esto nos demuestra que la aplicación de dosis bajas, tanto para la elaboración de sustratos o aplicación en campo, mejora el desarrollo para de variable Alpnt. Además, Yépez (2018) menciona que se obtuvieron resultados similares en la variable Alpnt, usando dosis bajas de UFC de *Trichoderma spp*.

En relación, las variables Nhadm, Lmaz, Dmaz, presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en las dosis de $x10^{11}$ (UFC) la utilización de dosis bajas de *Trichoderma spp* son fundamentales para el desarrollo de las variables antes mencionadas. En comparación con Dhgra el cual no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$) debido que en la aplicación de las tres dosis no se obtuvo diferencias.

TABLA 4. Anova de un factor para determinar la significancia de las dosis de *Trichoderma spp* entre las variables morfológicas estudiadas.

Dosis	Variables morfológicas				
	Alpnt	Nhadm	Dhgra	Lmaz	Dmaz
$x10^{10}$	222,460 ± 1,167 ^b	6,960 ± 0,030 ^a	2,150 ± 0,057 ^a	12,714 ± 0,115 ^a	3,698 ± 0,014 ^{ab}
$x10^{11}$	233,970 ± 1,167 ^c	7,180 ± 0,030 ^b	2,190 ± 0,057 ^a	14,233 ± 0,115 ^b	3,762 ± 0,014 ^b
$x10^{12}$	214,080 ± 1,167 ^a	6,880 ± 0,030 ^a	2,180 ± 0,057 ^a	12,923 ± 0,115 ^a	3,632 ± 0,014 ^a
f	28,074	9,231	0,045	18,618	7,383
sig	0,000	0,000	0,956	0,000	0,001

Alpnt: Altura de planta (cm); **Nhadm:** Número de hojas arriba de la mazorca; **Dhgra:** Disposición de la hilera de granos; **Lmaz:** Longitud de mazorca (cm); **Dmaz:** Diámetro de la mazorca (cm), se realizó Anova de un factor con una prueba de Tukey con 95% de confiabilidad.

Variables de rendimiento (dosis de *Trichoderma* spp)

La Tabla 5, la variable más destacada fue Psem, presentando confiabilidad ($p < 0,05$), con un valor mayor de $60,603 \text{ g} \pm 0,857$, en la dosis $\times 10^{11}$ (UFC) en comparación con la aplicación de dosis altas $\times 10^{12}$ (UFC), que se obtuvieron valores inferiores $24,711 \text{ g} \pm 0,447$.

Además, para las variables Pmazpa, Pmaz, Pmar, Hsem, en la utilización de dosis $\times 10^{11}$ (UFC), se obtienen mejores resultados, en comparación con las otras aplicaciones de *Trichoderma* spp.

TABLA 5. Anova de un factor para determinar la significancia de las dosis de *Trichoderma* spp entre las variables rendimiento estudiadas.

Dosis.	Variables rendimiento				
	Pmazpa	Pmaz	Psem	Pmar	Hsem
$\times 10^{10}$	$136,527 \pm 4,052^{ab}$	$94,445 \pm 1,339^a$	$54,401 \pm 0,857^b$	$24,485 \pm 0,447^a$	$29,153 \pm 0,163^a$
$\times 10^{11}$	$151,428 \pm 4,052^b$	$107,90 \pm 1,339^b$	$60,603 \pm 0,857^c$	$28,864 \pm 0,447^b$	$29,933 \pm 0,163^a$
$\times 10^{12}$	$125,920 \pm 4,052^a$	$88,167 \pm 1,339^a$	$48,661 \pm 0,857^a$	$24,711 \pm 0,447^a$	$29,280 \pm 0,163^a$
f	3,378	21,018	17,697	10,673	2,198
sig	0,035	0,000	0,000	0,000	0,112

Pmazpa: Peso de mazorca con panga (g); **Pmaz:** Peso de mazorca (g); **Psem:** Peso de semilla (g); **Pmar:** Peso de marlo (g); **Hsem:** %Humedad de semilla; se realizó Anova de un factor con una prueba de Tukey con 95% de confiabilidad.

CONCLUSIÓN

La aplicación de *T. asperellum* y *T. melanomagnum* con las dosis más bajas ($\times 10^{10}$, $\times 10^{11}$ UFC) obtuvieron los mejores resultados para las variables agrónomicas y morfológicas Alpnt, Nhadm, Psem, Dmaz, Hsem, Dhgran, Pmazpa, Pmaz. Además, en cultivos de ciclo corto como el maíz se obtienen mejores resultados al utilizar cepas nativas.

REFERENCIAS

- Aceves, A., Otero, M., Martínez, R., Rodríguez, N., Ariza, R., & Barrios, A. (2008). Producción masiva de *Trichoderma harzianum* Rifai en diferentes sustratos orgánicos. *Revista Chapingo serie horticultura*, 14(2), 185–191. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2008000200012
- Acurio Vásquez, R. D., & España Imbaquingo, C. K. (2017). Aislamiento, caracterización y evaluación de *trichoderma* spp. como promotor de crecimiento vegetal en pasturas de raygrass (*lolium perenne*) y trébol blanco (*trifolium repens*). *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 25(1), 53-61. <https://doi.org/10.17163/lgr.n25.2017.05>
- Alma, K., Blanca, N., & Maritza, P. (2010). Determinación de la actividad enzimática de lacasas y lignina peroxidasas de hongos degradadores de colorantes seleccionados para el tratamiento de aguas residuales de la industria textil.

- Laboratorio de microbiología, escuela politécnica del ejército, México. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5269/1/AC-BIO-ESPE-033267.pdf>
- Bakieva, M., González Such, J., & Jornet, J. (2012). SPSS: ANOVA de un factor. *InnovaMIDE, grupo de innovación educativa. Universidad de Valencia. España*. https://www.uv.es/innomide/spss/SPSS/SPSS_0702b.pdf
- Bermeo, R. K. A., Quevedo Guerrero, J. N., García Batista, R. M., & Chabla Carillo, J. E. (2022). Drench: Enraizadores químicos y orgánicos: Efectos de sus aplicaciones a la microbiota del suelo en el cultivo de banano. *Revista científica Agroecosistemas*, 10(1), 46-58. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/516>
- Cañedo, V. & Ames, T. *Manual de Laboratorio para el Manejo de Hongos Entomopatógenos*. Lima: Centro Internacional de la Papa (CIP), 2004. 47p. <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/09/AN65216.pdf>
- De Souza, M. R., dos Santos, L. P., Barros, A. M., dos Santos, G. R., Moraes, G. K. A. Ferraz, L. F., y de Souza Ferreira, T. P. (2019). Indução de fitoalexinas por preparações de leveduras, *Trichoderma* e óleo essencial de *Cymbopogon citratus* Stapf. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 7(3), 325-335. <https://betas.uft.edu.br/periodicos/index.php/JBB/article/view/7510>
- De los Santos-Villalobos, S., Guzmán-Ortiz, D. A., Gómez-Lim, M. A., Délano-Frier, J. P., de-Folter, S., Sánchez-García, P., & Peña-Cabriales, J. J. (2013). Potential use of *Trichoderma asperellum* (Samuels, Liechfeldt et Nirenberg) T8a as a biological control agent against anthracnose in mango (*Mangifera indica* L.). *Biological Control*, 64(1), 37-44. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.10.006>
- Díaz-Gutiérrez, C., Arroyave, C., Llugany, M., Poschenrieder, C., Martos, S., & Peláez, C. (2021). *Trichoderma asperellum* as a preventive and curative agent to control Fusarium wilt in *Stevia rebaudiana*. *Biological Control*, 155, 104537. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104537>
- Eraso, C., Acosta, J., Salazar, C., & Betancourth, C. (2014). Evaluación de cepas de *Trichoderma spp.* para el manejo del amarillamiento de arveja causado por *Fusarium oxysporum*. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(2), 237-249. <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945182005.pdf>
- Esposito, G., Balboa, G., Cerliani, C., & Balboa, R. (2015). Rendimiento potencial del maíz (*zea mays* L). https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_maizensanluis.pdf#page=38
- Hermosa, R., Viterbo, A., Chet, I., & Monte, E. (2012). Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. *Microbiology*, 158(1), 17-25. <https://doi.org/10.1099/mic.0.052274-0>
- García M. P. J. (2017). El cultivo del maíz en el mundo y en Perú. *Revista de investigaciones de la universidad le Cordon Bleu*, 4(2), 73-79. <https://doi.org/10.36955/RIULCB.2017v4n2.005>
- Garrido, M., & Vilela, N. (2019). Capacidad antagonica de *Trichoderma harzianum* frente a *Rhizoctonia*, *Nakatea sigmoidea* y *Sclerotium rolfsii* y su efecto en cepas nativas de *Trichoderma* aisladas de cultivos de arroz. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 199-206. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172019000200006
- Gómez-Espejo, A. L., Molina-Galán, J. D., García-Zavala, J. J., Mendoza-Castillo, M., & de la Rosa Loera, A. (2015). Poblaciones exóticas originales y adaptadas de maíz.

- I: variedades locales de clima templado x variedades tropicales. *Revista fitotecnia mexicana*, 38(1), 57-66. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61035375008.pdf>
- Hernández C., N., & Soto C., F. (2013). Determinación de índices de eficiencia en los cultivos de maíz y sorgo establecidos en diferentes fechas de siembra y su influencia sobre el rendimiento. *Cultivos tropicales*, 34(2), 24-29. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362013000200004&script=sci_arttext&tlng=pt
- Hernández-Melchor, D. J., Ferrera-Cerrato, R., & Alarcón, A. (2019). *Trichoderma*: importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 35(1), 98-112. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000205>
- Iglesias A., S., Alegre O., J., Salas M., C., & Egüez M., J. (2018). El rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) mejora con el uso del biochar de eucalipto. *Scientia agropecuaria*, 9(1), 25-32. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172018000100003&script=sci_arttext
- INAMHI. (2017). Anuario meteorológico - 53-2013. *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología* (Issue 52). https://www.inamhi.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf
- IBPGR, 1991. *Descriptors for Maize*. International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City/International Board for Plant Genetic Resources, Rome. <https://www.biodiversityinternational.org/e-library/publications/detail/descriptors-for-maizedescriptores-para-maizdescripteurs-pour-le-mais/>
- Keyser, C. A., Jensen, B., & Meyling, N. V. (2016). Dual effects of *Metarhizium spp.* and *Clonostachys rosea* against an insect and a seed-borne pathogen in wheat. *Pest management science*, 72(3), 517-526. <https://doi.org/10.1002/ps.4015>
- Landero, V., N., Lara, V., F., M., Rodríguez O., A., Pérez V., A., & Ortiz H., A. (2019). *Trichoderma* posible micoparásito de *Sporisorium reilianum* y su influencia en el rendimiento de maíz. *Entreciencias: diálogos en la sociedad del conocimiento*, 7(20), 13-23. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2019.20.67345>
- Larios Larios, E. J., Valdovinos Nava, J. D. J. W., Chan Cupul, W., García López, F. A., Manzo Sánchez, G., & Buenrostro Nava, M. T. (2019). Biocontrol de Damping off y promoción del crecimiento vegetativo en plantas de *Capsicum chinense* (Jacq) con *Trichoderma* spp. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(3), 471-483. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.332>
- Mejia D. (2003). MAIZE post-harvest operations. Food and agriculture organization of the united nations (FAO) 9. <https://www.fao.org/3/av007e/av007e.pdf>
- Merchán Flores, W. Y., Quevedo Guerrero, J. N., García Batista, R. M., & Chabla Carillo, J. E. (2022). Microbiota del suelo bananero: identificación, selección, propagación y conservación de hongos benéficos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(1), 104-114. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes/article/view/524>
- Nervo, R. (2019). Respuesta de dos híbridos de maíz (*Zea mays* L.) cultivados con tres densidades poblacionales a la fertilización con N, P, K. (Tesis). Universidad de Guayaquil, Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/28986>

- Pereg, L., & McMillan, M. (2015). Scoping the potential uses of beneficial microorganisms for increasing productivity in cotton cropping systems. *Soil biology and biochemistry*, 80, 349-358. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.10.020>
- Romero-Cortés, T., López-Pérez, P. A., Ramírez-Lepe, M., & Cuervo-Parra, J. A. (2016). Modelado cinético del micoparasitismo por *Trichoderma harzianum* contra *Cladosporium cladosporioides* aislado de frutos de cacao (*Theobroma cacao* L). *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 32(1), 32-45. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902016000100004>
- Rosas, I., Gil-Muñoz, A., Ramírez-Valverde, B., Hernández-Salgado, J. H., & Bellon, M. (2007). Calidad física y fisiológica de semilla de maíz criollo almacenada en silo metálico y con métodos tradicionales en Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(1), 69-69. <https://doi.org/10.35196/rfm.2007.1.69>
- Ronnie-Gakegne, E., & Martínez-Coca, B. (2018). Antibiosis y efecto de pH-temperatura sobre el antagonismo de cepas de *Trichoderma asperellum* frente a *Alternaria solani*. *Revista de protección vegetal*, 33(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522018000200008
- Suquilanda, V. M. B. (2009). Producción orgánica de cultivos andinos. *Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación unión de organizaciones campesinas del norte de Cotopaxi*. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca., 1-192. https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf
- Yépez M., C. C. (2018). Evaluación del *Trichoderma* spp., como acondicionador de suelos cultivado con maíz (*Zea mays* L.), en la zona de Puebloviejo (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2018). <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/5036>
- Zin, N. A., & Badaluddin, N. A. (2020). Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2), 168-178. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2020.09.003>