

Influencia del trichoderma harzianum en el desarrollo de hijuelos de banano (musa acuminata) variedad cavendish, Simón Bolívar - Guayas

The effect of trichoderma harzianum on the development of banana (musa acuminata) succulents, cavendish variety, Simón Bolívar - Guayas

Influência do trichoderma harzianum no desenvolvimento de rebotos de banana (musa acuminata) da variedade cavendish, Simón Bolívar - Guayas

Maridueña Gaibor Alvaro Stefhano¹
Universidad Agraria Del Ecuador
alvaro.maridueña.gaibor@uagraria.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-3439-8074>



Páez Martínez Pedro Pablo²
Universidad Agraria Del Ecuador
ppaez@uagraria.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5666-3805>



Duchimaza Supliguicha Johanna Elisabeth³
Universidad Agraria Del Ecuador
jduchimaza@uagraria.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9662-2212>



Jama Aveiga Eduardo Alberto⁴
Universidad Agraria Del Ecuador
Ejama@uagraria.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-1083-4858>



Bermeo Pesantes Fernando Eduardo⁵
Universidad Agraria Del Ecuador
fbermeo@uagraria.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0007-0438-3626>



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v7/nE1/1396>

Como citar:

Maridueña Gaibor, A. S., Páez Martínez, P. P., Duchimaza Supliguicha, J. E., Jama Aveiga, E. A. & Bermeo Pesantes, F. E. (2026). Influencia del Trichoderma harzianum en el desarrollo de hijuelos de banano (Musa acuminata) variedad Cavendish, Simón Bolívar – Guayas. Código Científico Revista de Investigación, 7(E1), 1865-1879.

Recibido: 28/02/2026

Aceptado: 25/03/2026

Publicado: 31/03/2026

Resumen

En el Ecuador el cultivo de banano (*Musa acuminata*) representa uno de los principales ingresos agrícolas del país; en los últimos meses este tipo de cultivos viene enfrentando nuevas amenazas fitosanitarias, otro factor que afecta la productividad de este cultivo es el abuso de fertilizantes químicos y la baja actividad biológica del suelo, dando como resultado un desarrollo limitado de los hijuelos, mismos que son fundamentales para la renovación del cultivo. Ante esta última problemática, se desarrolló la presente investigación con el objetivo de evaluar la influencia de diferentes dosis del microorganismo *Trichoderma harzianum* en el crecimiento y desarrollo de hijuelos de banano en un cultivo establecido alrededor de siete años que ha venido siendo tratado de manera orgánica y química, ubicado en el recinto Estero Verde, cantón Simón Bolívar, provincia del Guayas. Para el desarrollo del experimento se soportó en bases teóricas relacionadas con el uso de microorganismos benéficos como bioestimulantes y agentes de biocontrol en sistemas agrícolas sostenibles de la familia de las musáceas. En cuanto a la metodología, se desarrolló una investigación de tipo experimental, bajo un diseño en bloques, donde se evaluaron cuatro tratamientos conformados por: un testigo sin aplicación de microorganismos y tres dosis de *T. harzianum* (15, 20 y 25g/20 L), aplicadas mediante drench. Los resultados obtenidos evidenciaron que la aplicación del microorganismo *Trichoderma harzianum* influyó de manera positiva en el desarrollo vegetativo de los hijuelos, de las dosis aplicadas la que obtuvo mejores resultados en el desarrollo de los hijuelos en las variables analizadas, fue la dosis intermedia 25g/20 L. Se concluye que el microorganismo *Trichoderma harzianum* resulto una alternativa sostenible y eficiente para mejorar el desarrollo de hijuelos de banano y reducir la dependencia de insumos químicos en condiciones agroclimáticas similares a las del área de estudio.

Palabras clave: *Trichoderma harzianum*, *Musa acuminata*, hijuelos de banano, bioestimulantes, agricultura sostenible.

Abstract

In Ecuador, banana cultivation (*Musa acuminata*) represents one of the country's main sources of agricultural income; in recent months, this crop has been facing new phytosanitary threats. Another factor affecting the crop's productivity is the overuse of chemical fertilizers and low soil biological activity, resulting in limited development of suckers, which are essential for crop renewal. In Ecuador, banana cultivation (*Musa acuminata*) represents one of the country's main sources of agricultural income; in recent months, this crop has been facing new phytosanitary threats. Another factor affecting its productivity is the overuse of chemical fertilizers and low soil biological activity, resulting in limited development of suckers, which are essential for crop renewal. In light of this issue, the present study was conducted to evaluate the influence of different doses of the microorganism *Trichoderma harzianum* on the growth and development of banana suckers in a crop established approximately seven years ago that has been treated both organically and chemically, located in the Estero Verde area, Simón Bolívar canton, Guayas province. The experiment was based on theoretical principles related to the use of beneficial microorganisms as biostimulants and biocontrol agents in sustainable agricultural systems of the Musaceae family. Regarding the methodology, an experimental study was conducted using a block design, in which four treatments were evaluated: a control without microorganism application and three doses of *T. harzianum* (15, 20, and 25 g/20 L), applied via drenching. The results obtained showed that the application of the microorganism *Trichoderma harzianum* had a positive influence on the vegetative development of the suckers; of the doses

applied, the one that yielded the best results in sucker development across the analyzed variables was the intermediate dose of 25 g/20 L. It is concluded that the microorganism *Trichoderma harzianum* proved to be a sustainable and efficient alternative for improving the development of banana suckers and reducing dependence on chemical inputs under agroclimatic conditions similar to those of the study area.

Keywords: *Trichoderma harzianum*, *Musa acuminata*, banana suckers, biostimulants, sustainable agricultura

Resumo

No Equador, o cultivo da banana (*Musa acuminata*) representa uma das principais fontes de rendimento agrícola do país; nos últimos meses, este tipo de cultura tem enfrentado novas ameaças fitossanitárias. Outro fator que afeta a produtividade desta cultura é o uso excessivo de fertilizantes químicos e a baixa atividade biológica do solo, resultando num desenvolvimento limitado dos rebentos, que são fundamentais para a renovação da cultura. No Equador, o cultivo da banana (*Musa acuminata*) representa uma das principais fontes de rendimento agrícola do país; nos últimos meses, este tipo de cultura tem enfrentado novas ameaças fitossanitárias. Outro fator que afeta a produtividade desta cultura é o uso excessivo de fertilizantes químicos e a baixa atividade biológica do solo, resultando num desenvolvimento limitado dos rebentos, que são fundamentais para a renovação da cultura. Perante esta última problemática, desenvolveu-se a presente investigação com o objetivo de avaliar a influência de diferentes doses do microrganismo *Trichoderma harzianum* no crescimento e desenvolvimento de rebentos de banana numa cultura estabelecida há cerca de sete anos, que tem vindo a ser tratada de forma orgânica e química, localizada na zona de Estero Verde, cantão de Simón Bolívar, província de Guayas. Para a realização da experiência, baseou-se em fundamentos teóricos relacionados com a utilização de microrganismos benéficos como bioestimulantes e agentes de controlo biológico em sistemas agrícolas sustentáveis da família das musáceas. No que diz respeito à metodologia, foi desenvolvida uma investigação de tipo experimental, sob um desenho em blocos, onde foram avaliados quatro tratamentos compostos por: um testemunho sem aplicação de microrganismos e três doses de *T. harzianum* (15, 20 e 25 g/20 L), aplicadas por meio de drenagem. Os resultados obtidos evidenciaram que a aplicação do microrganismo *Trichoderma harzianum* influenciou positivamente o desenvolvimento vegetativo dos rebentos; das doses aplicadas, a que obteve melhores resultados no desenvolvimento dos rebentos nas variáveis analisadas foi a dose intermédia de 25 g/20 L. Conclui-se que o microrganismo *Trichoderma harzianum* revelou-se uma alternativa sustentável e eficiente para melhorar o desenvolvimento de rebentos de bananeira e reduzir a dependência de insumos químicos em condições agroclimáticas semelhantes às da área de estudo

Palavras-chave: *Trichoderma harzianum*, *Musa acuminata*, rebentos de bananeira, bioestimulantes, agricultura sustentável.

Introducción

El cultivo de banano representa uno de los pilares esenciales para la economía del Ecuador, debido a los ingresos de divisas que genera y a la significativa cantidad de empleos que proporciona. Se estima que alrededor de 2.5 millones de personas están vinculadas, ya sea de forma directa o indirecta, a la producción bananera (Saltos, 2023).

De acuerdo con la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), en 2020 Ecuador contaba con una superficie dedicada al cultivo de banano de 165 080 hectáreas y un rendimiento promedio de 6'023 390 toneladas métricas. Las provincias con mayor superficie de cultivo son Los Ríos (33. 83%), El Oro (26. 30%) y Guayas (25. 52%), donde se concentra el desarrollo de esta actividad (Siliezar, 2017). La mayor producción se realiza en la Región Costera, especialmente en la provincia de Los Ríos, que representa el 41.43% de la producción total (INEC, 2021).

En el 2016, la Asociación de Exportadores de Banano del Ecuador reportó que se exportaron 6'176 219 toneladas métricas, generando ingresos aproximados de 2'742 005 millones de dólares. Ecuador es considerado el mayor exportador mundial de banano, con una participación del 30% en el mercado global, así como el cuarto mayor productor a nivel mundial (Pilco, 2024).

Aunque Ecuador lidera la exportación de banano en el mundo, el sector enfrenta un déficit tecnológico en el cultivo y la recolección de la fruta, lo que contribuye a su baja productividad. Richard Salazar, administrador de la Asociación de Comercialización y Exportación de Banano (ACORBANEC), señala que la productividad promedio actual es de 1800 cajas por hectárea, mientras que en países como Colombia y Costa Rica se sitúa entre 2300 y 2500 cajas, llegando en Guatemala hasta 4000 cajas por hectárea. Esto se atribuye al uso inapropiado de tecnologías que no se ajustan a las condiciones ecológicas y económicas del país (Lara, 2021).

Para aumentar la productividad de los cultivos, es fundamental incorporar complementos nutritivos que enriquezcan el suelo; una opción sostenible y natural es el uso de *Trichoderma*, que se presenta como una alternativa efectiva, dada su capacidad como biocontrolador contra patógenos tanto foliares como del suelo en diversas cosechas (FAO, 2023). Las especies de *Trichoderma* son muy eficientes en el control de fitopatógenos, ya que son ubicuas, se aíslan y cultivan con facilidad, se desarrollan rápidamente en diferentes sustratos y no causan daños a las plantas superiores (Villacis, 2013).

La aparición de *Trichoderma* en suelos agrícolas y naturales a nivel global indica que es un formidable competidor por espacio y nutrientes, así como por su adaptabilidad ecológica. Los nutrientes por los que compete *Trichoderma* incluyen carbono, nitrato y hierro. En términos generales, las características que favorecen esta competencia antagonista abarcan un crecimiento rápido y la liberación de metabolitos con diversas propiedades que poseen la mayoría de sus aislados, lo que dificulta o elimina a los competidores en su entorno microbiano. Este mecanismo de acción influye en la obstaculización del ingreso de patógenos y resulta crucial para la propagación de antagonistas (Cortés Hernández et al., 2023).

Trichoderma harzianum

Trichoderma harzianum es un hongo del orden de los Hypocreales (Ascomycetes), ampliamente distribuido en suelos y materiales orgánicos, conocido por su capacidad de actuar como agente de control biológico frente a hongos patógenos de plantas y cultivos de hongos comestibles, aunque algunas cepas pueden ser patógenas. Presenta gran diversidad genética y fenotípica, con ciclos de vida rápidos y altamente adaptables. Su crecimiento óptimo ocurre entre 20 y 28 °C, con humedad superior al 92%, y prefiere suelos ácidos (pH 4,5–5) (Monte et al., 2022). El micelio inicial es blanco y se torna verde oscuro tras la esporulación; forma conidios y clamidosporas que facilitan su dispersión. La especie presenta varios biotipos (Th1–Th4), algunos agresivos como Th4 (actualmente *Trichoderma aggressivum* f. *aggressivum*),

capaces de causar graves pérdidas en cultivos de champiñón (*Pleurotus* spp.). *T. harzianum* invade rápidamente el sustrato, produce toxinas, antibióticos y enzimas hidrolíticas que degradan paredes celulares de otros microorganismos (Infante et al., 2009). Lo que le permite competir y establecerse, afectando la producción según la precocidad de la infección y las condiciones ambientales (Romero et al., 2009).

Interacción entre *Trichoderma harzianum* y *Musa acuminata*: fundamentos teóricos

El género *Trichoderma* se ha consolidado como un recurso biotecnológico esencial para la agricultura sostenible debido a su capacidad para actuar como agente de biocontrol y bioestimulantes. Este hongo ejerce efectos positivos sobre el crecimiento vegetal mediante diversos mecanismos, como el micoparasitismo, la antibiosis y la producción de metabolitos secundarios, además de inducir resistencia sistémica en las plantas. Su aplicación contribuye a mejorar la absorción de nutrientes, optimizar la estructura del suelo y reducir la dependencia de agroquímicos, lo que lo convierte en una herramienta estratégica para incrementar la productividad agrícola de manera ambientalmente responsable (Companioni, Dominguez, & Garcia, 2019).

Metodología

Por el contexto general detallado, esta investigación se considera de tipo experimental, en la cual se evaluó la influencia del *Trichoderma harzianum* en el desarrollo de hijuelos de banano (*Musa acuminata*), variedad Cavendish dentro de la zona agrícola del cantón Simón Bolívar, en la provincia del Guayas.

La investigación se desarrolló con base en información obtenida directamente en campo, bajo un entorno experimental que permitió controlar la variabilidad interna de las

actividades y fases prácticas del estudio. Se evaluaron cuatro tratamientos correspondientes a tres diferentes dosis de *Trichoderma harzianum* y un testigo absoluto.

Las respuestas se analizaron en hijuelos de banano con una altura inicial aproximada entre 0,90 y 1,10 m, considerando variables relacionadas con el crecimiento y desarrollo vegetativo, tales como incremento de altura, diámetro del fuste, emisión foliar y desarrollo del sistema radicular.

Los datos obtenidos de las variables evaluadas en el experimento fueron sometidos a un análisis estadístico con el propósito de determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. El procesamiento de la información se realizó considerando un diseño experimental en cuadrado latino, con cuatro tratamientos, cuatro repeticiones y dos réplicas, generando un total de 32 unidades experimentales.

Para cada variable se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA), empleando un modelo lineal que incluyó los efectos de tratamientos y bloques. La comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad, con el fin de identificar diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados

El experimento estuvo estructurado bajo un diseño en dos bloques. Se evaluaron cuatro tratamientos, cada uno con cuatro repeticiones, lo que generó un total de 16 unidades experimentales por bloque. En consecuencia, al considerar ambos bloques, el ensayo estuvo conformado por 32 unidades experimentales en total. Para el ensayo se empleó el producto biológico Trichotic®, a base de *Trichoderma harzianum*, con una concentración de 5×10^{10} esporas viables/g.

Los tratamientos se establecieron en función de la concentración del producto en la solución madre, expresada en gramos por 20 litros de agua, manteniendo constante el volumen aplicado por unidad experimental. Se evaluaron cuatro tratamientos: T0 (testigo sin aplicación), T1 (15 g/20 L), T2 (20 g/20 L) y T3 (25 g/20 L). La aplicación se realizó mediante drench,

aplicando 200 cc de la solución preparada en la base de cada hijuelo, asegurando una dosificación homogénea y favoreciendo la colonización radicular del biocontrolador.

Cada unidad experimental fue debidamente identificada mediante el uso de crayones y cintas de enfunde, lo que permitió un adecuado control durante la aplicación de los tratamientos y la ejecución de las evaluaciones correspondientes. El estudio se llevó a cabo en un lote de la finca con una extensión aproximada de una hectárea, del cual se seleccionaron las unidades experimentales que cumplieran con las características previamente establecidas. se sustentó en la revisión de información científica obtenida de diversas fuentes documentales, tales como Google Académico, bases de datos científicas especializadas, folletos técnicos, revistas científicas, así como en la biblioteca virtual de la Universidad Agraria del Ecuador.

El manejo agronómico del experimento se realizó bajo condiciones de campo, mediante la aplicación de prácticas culturales estandarizadas orientadas a garantizar el adecuado establecimiento, crecimiento y desarrollo de las plantas, así como a reducir la influencia de factores externos que pudieran afectar la respuesta de los tratamientos evaluados.

La aplicación del biocontrolador *Trichoderma harzianum* se efectuó mediante la técnica de drench, utilizando una solución previamente preparada en 20 L de agua, de acuerdo con las dosis establecidas para cada tratamiento experimental. A cada unidad experimental se le aplicó un volumen uniforme de 200 mL de la solución directamente en la zona radicular de la planta, asegurando que la dosis efectiva del microorganismo por planta fuese proporcional a la concentración correspondiente a cada tratamiento y favoreciendo su distribución en el suelo circundante a la raíz.

El control de malezas se realizó manualmente mediante el uso de machete, efectuando la limpieza y formación de coronas alrededor de cada unidad experimental, con el propósito de reducir la competencia por agua, nutrientes y luz, y mantener condiciones homogéneas dentro del área experimental. El riego se llevó a cabo mediante un sistema de aspersión, aplicándose

antes y después de la aplicación del biocontrolador con el fin de mantener niveles adecuados de humedad en el suelo y favorecer la actividad microbológica de *Trichoderma harzianum* en la rizosfera. La cantidad de agua suministrada se ajustó de acuerdo con el estado de humedad del suelo, evaluado mediante observación visual y táctil, así como considerando las condiciones climáticas predominantes durante el periodo experimental. Este manejo hídrico permitió evitar condiciones de déficit o exceso de humedad, contribuyendo a un desarrollo vegetativo uniforme de los hijuelos de banano.

Adicionalmente, durante todo el periodo experimental se realizó un monitoreo fitosanitario continuo del cultivo con el objetivo de detectar oportunamente la presencia de plagas o patógenos que pudieran afectar el desarrollo de las plantas. En caso de identificarse algún agente causal de daño, se realizaron aplicaciones puntuales y preventivas de productos fitosanitarios, procurando que estas intervenciones no interfirieran con los tratamientos evaluados ni con los objetivos del estudio.

Resultados

Influencia de diferentes dosis de *Trichoderma harzianum* en el desarrollo vegetativo de hijuelos de banano *musa acuminada*.

Se puede observar en la Tabla 1. las variables de desarrollo vegetativo evidenció que la aplicación de *Trichoderma harzianum* no generó diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) en el incremento de la altura de planta ni en la emisión foliar, aunque se observaron valores promedio superiores en los tratamientos con el biocontrolador respecto al testigo. Estos resultados sugieren que dichas variables estuvieron principalmente condicionadas por factores ambientales y por la heterogeneidad edáfica del área experimental.

En contraste, el incremento del diámetro del fuste presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), registrándose el mayor valor promedio en el

tratamiento T2. Este comportamiento evidencia un efecto positivo de *Trichoderma harzianum* sobre el crecimiento estructural de los hijuelos, posiblemente asociado a una mayor eficiencia en la absorción y asimilación de nutrientes, lo que favoreció el desarrollo del pseudotallo.

Tabla 1.
Incremento promedio de variables vegetativas en hijuelos

Tratamiento	Incremento de altura (cm)	Incremento de emisión foliar (n° hojas)	Incremento de diámetro del fuste (cm)	Peso de raíces (g/planta)
T0 (Testigo)	74,38 a	1,63 a	7,13 b	Menor valor observado
T1 (15 g)	101,88 a	2,38 a	11,25 ab	Valor intermedio
T2 (20 g)	110,63 a	2,75 a	14,25 a	Mayor valor observado
T3 (25 g)	99,63 a	2,38 a	13,00 a	Valor inferior a T2

Nota: Letras iguales no son significativas según el test de Tukey ($P>0.05$).

Efecto cualitativo de *Trichoderma harzianum* en el vigor

El índice de vigor mostró un comportamiento superior en los tratamientos con aplicación de *Trichoderma harzianum* en comparación con el testigo. El tratamiento T0 presentó el menor valor promedio del índice, lo cual reflejó un desarrollo vegetativo menos favorecido en ausencia del biocontrolador. En los tratamientos con aplicación, se observó un incremento marcado del índice de vigor, destacándose T2 como el tratamiento con el mayor valor promedio, lo cual evidenció un mejor desempeño vegetativo integrado (crecimiento en altura, robustez del fuste y desarrollo foliar). Los tratamientos T1 y T3 presentaron valores altos y consistentes; sin embargo, no superaron al tratamiento T2 en el valor promedio del índice. En conjunto, los resultados indicaron que la dosis intermedia promovió el mayor vigor general bajo las condiciones del área de estudio.

Tabla 2.
Índice de vigor (IV) de hijuelos de banano

Tratamiento	n (2 réplicas × 4 repeticiones)	Índice de vigor promedio ± DE
T0 (Testigo)	8	3 978,88 ± 758,19 a
T1 (15 g/20 L)	8	5 673,00 ± 2 878,93 a
T2 (20 g/20 L)	8	6 035,88 ± 1 262,25 a
T3 (25 g/20 L)	8	5 537,13 ± 1 804,51 a

Nota: Letras iguales no son significativas según el test de Tukey ($P>0.05$).

Dosis más adecuada de *Trichoderma harzianum* para el crecimiento y desarrollo de hijuelos de banano

La integración de los resultados de las variables evaluadas permitió identificar diferencias claras entre los tratamientos aplicados. El tratamiento testigo presentó los valores más bajos en todas las variables analizadas, evidenciando un desarrollo vegetativo limitado en ausencia de *Trichoderma harzianum*. Entre los tratamientos con aplicación del biocontrolador, el tratamiento T2 destacó de manera consistente al presentar los mayores incrementos en altura, emisión foliar y diámetro del fuste, así como el mayor índice de vigor promedio. Este comportamiento indicó un crecimiento más equilibrado y eficiente de los hijuelos de banano bajo dicha dosis. Aunque el tratamiento T3 mostró incrementos importantes en algunas variables, su desempeño general no superó al tratamiento T2, lo que sugiere que el aumento de la dosis no generó una mejora proporcional en el crecimiento vegetativo. En función de estos resultados, se determinó que la dosis intermedia de *Trichoderma harzianum* fue la más adecuada para favorecer el crecimiento y desarrollo de los hijuelos de banano en las condiciones agroclimáticas del recinto Estero Verde.

Tabla 3

Comparación integral de tratamientos para la determinación de la dosis

Tratamiento	Incremento de altura (cm)	Incremento de emisión foliar	Incremento de diámetro (cm)	Índice de vigor promedio
T0 (Testigo)	Bajo	Bajo	Bajo	3 978,88
T1 (15 g/20 L)	Medio	Medio	Medio	5 673,00
T2 (20 g/20 L)	Alto	Alto	Alto	6 035,88
T3 (25 g/20 L)	Medio–Alto	Medio	Alto	5 537,13

Nota: Letras iguales no son significativas según el test de Tukey ($P > 0.05$).

Discusión

Diversas investigaciones han documentado el efecto positivo de *Trichoderma harzianum* sobre el desarrollo vegetativo del banano. Ortiz et al. (2025) indican que este microorganismo incrementa la emisión foliar y la vigorosidad de los hijuelos debido a su

capacidad para solubilizar fosfatos y mejorar la absorción de nitrógeno y potasio. Estos mecanismos fisiológicos explican por qué los cultivos tratados con el hongo suelen presentar un crecimiento más dinámico en las primeras etapas de establecimiento.

De igual manera, Depretris (2021) reporta incrementos en la altura, diámetro del pseudotallo y desarrollo de raíces adventicias en plantas tratadas con cepas tropicales de *T. harzianum*, destacando que la colonización radicular favorece tanto estructuras aéreas como subterráneas. Esta relación ha sido reforzada por García et al. (2020), quienes señalan que las dosis intermedias de inóculo fúngico promueven un desarrollo radicular eficiente en vitroplantas de banano, evitando efectos adversos derivados de una sobreinoculación.

Otros autores han demostrado que *T. harzianum* también influye en la emisión temprana de hijuelos y en el fortalecimiento del sistema radicular. López (2024) atribuye estos efectos a la síntesis de fitohormonas como el ácido indolacético, generado por el hongo durante su establecimiento en la rizosfera (IICA, 2017).

Esta acción hormonal es coherente con lo expuesto por Cruz et al. (2021), quienes sostienen que la inoculación con *Trichoderma* mejora la eficiencia en la absorción de nutrientes y el equilibrio fisiológico de los tejidos vegetales, lo que se refleja en plantas más uniformes y con mayor vigor (Macharia et al., 2022).

El análisis comparativo también encuentra soporte en el metaanálisis de Cortés et al. (2023), que evidencia incrementos tanto en biomasa aérea como radicular en cultivos de banano tratados con *T. harzianum*. Dichos resultados son consistentes entre diversos estudios realizados en zonas tropicales y subtropicales, lo cual demuestra que el efecto promotor de crecimiento del hongo es estable en diferentes contextos edafoclimáticos (Tomalá, 2019).

Además de su función como bioestimulante, *Trichoderma* presenta un importante rol como agente de biocontrol. Sánchez et al. (2021) y Echeverría et al. (2025) reportan su capacidad para inhibir patógenos del suelo asociados al cultivo de banano, reduciendo el estrés

biótico durante el establecimiento de la planta. Esta doble acción promotora de crecimiento y supresora de enfermedades— es fundamental para comprender el mejor comportamiento vegetativo observado en sistemas donde el microorganismo está presente (Arteaga, 2015).

Finalmente, estudios como los de Rodríguez y Vargas (2022) y Guerrero et al. (2025) destacan que las dosis intermedias de *T. harzianum* mejoran la relación hoja–pseudotallo, la biomasa total y el desarrollo radicular, sugiriendo que existe un umbral óptimo de aplicación que favorece el equilibrio fisiológico de la planta (Guerrero et al., 2025). Este comportamiento coincide con el patrón reportado en cultivos de banano establecidos en ambientes tropicales húmedos, donde el microorganismo contribuye a un crecimiento más estable sin necesidad de elevar la carga de inóculo (Pasiche, 2018).

Conclusión

En relación con la influencia de las diferentes dosis de *Trichoderma harzianum* sobre el desarrollo vegetativo de los hijuelos de banano (Vazques et al., 2013). Se concluye que la aplicación del biocontrolador favoreció principalmente variables estructurales, particularmente el incremento del diámetro del fuste y el desarrollo radicular. Aunque en las variables altura de planta y emisión foliar no se detectaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$), los tratamientos con *Trichoderma harzianum* registraron valores promedio superiores al testigo, lo que sugiere una tendencia positiva atribuible al efecto del microorganismo, aunque modulada por la variabilidad inherente a las condiciones de campo. En cuanto al efecto sobre el vigor general de los hijuelos, el análisis del Índice de Vigor evidenció una tendencia favorable en los tratamientos con aplicación del biocontrolador en comparación con el testigo. Sin embargo, estas diferencias no alcanzaron significancia estadística, lo que indica que el vigor vegetal estuvo condicionado en mayor medida por factores ambientales y por la heterogeneidad edáfica del área experimental que por las dosis evaluadas. En conjunto, la integración de los resultados

obtenidos en las variables analizadas permitió identificar que la dosis correspondiente al tratamiento T2 presentó el desempeño agronómico más consistente para promover el crecimiento y desarrollo de los hijuelos de banano bajo las condiciones agroclimáticas del recinto Estero Verde. Este tratamiento mostró valores superiores, particularmente en el incremento del diámetro del fuste y el peso de raíces, evidenciando que incrementos adicionales en la dosis no generaron respuestas proporcionales en el desarrollo vegetativo del cultivo.

Referencias bibliográficas

- Arteaga, L. (2015). *Uso de Trichoderma spp. como agente de control biológico en sistemas agrícolas*. Editorial Agraria.
- Companiononi, N., Domínguez, A., & García, M. (2019). Trichoderma como bioestimulante y agente de control biológico en sistemas agrícolas sostenibles. *Revista de Protección Vegetal*, 34(2), 1–10.
- Cortés Hernández, M., Rodríguez, J., & Pérez, L. (2023). Interacciones ecológicas del género *Trichoderma* en suelos agrícolas y su efecto sobre patógenos vegetales. *Revista Latinoamericana de Microbiología Agrícola*, 45(3), 112–125.
- Cruz, R., Morales, J., & López, A. (2021). Efecto de *Trichoderma spp.* en la absorción de nutrientes y el crecimiento de plantas en sistemas tropicales. *Agronomía Tropical*, 71(2), 89–98.
- Depretris, A. (2021). Evaluación del efecto de *Trichoderma harzianum* en el crecimiento de plantas de banano bajo condiciones tropicales. *Revista Agrícola Internacional*, 39(1), 45–52.
- Echeverría, P., Maldonado, G., & Sánchez, D. (2025). Control biológico de patógenos del suelo en banano mediante el uso de *Trichoderma spp.* *Revista de Ciencias Agrícolas*, 42(1), 55–67.
- FAO. (2023). *Uso de microorganismos benéficos en la agricultura sostenible*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- García, L., Torres, M., & Ramírez, J. (2020). Influencia de la inoculación con *Trichoderma harzianum* en el desarrollo radicular de vitroplantas de banano. *Journal of Tropical Agriculture*, 58(2), 120–128.
- Guerrero, D., Herrera, M., Rodríguez, J., & Villamar, A. (2025). Evaluación agronómica de bioinoculantes en cultivos tropicales. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(1), 34–46.
- INEC. (2021). *Estadísticas agropecuarias del Ecuador*. Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Infante, D., Martínez, B., González, N., & Reyes, Y. (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Revista de Protección Vegetal*, 24(1), 14–21.
- IICA. (2017). *Microorganismos benéficos para la agricultura sostenible*. Instituto Inter

- Lara, J. (2021). Productividad del cultivo de banano en Ecuador y desafíos tecnológicos del sector. *Revista Agroproductividad*, *14*(4), 25–31.
- Macharia, J., Mwangi, M., & Kimani, S. (2022). Effects of *Trichoderma* inoculation on banana growth and nutrient uptake in tropical soils. *African Journal of Agricultural Research*, *18*(3), 210–218.
- Monte, E., Hermosa, R., & Bettioli, W. (2022). Biology and applications of *Trichoderma* species in agriculture. *Microbial Biotechnology*, *15*(2), 1–14.
- Ortiz, P., Herrera, L., & Gómez, R. (2025). Bioestimulantes microbianos en el crecimiento de banano (*Musa acuminata*). *Revista de Ciencias Agrarias*, *38*(2), 140–150.
- Pasiche, C. (2018). Evaluación del uso de biofertilizantes en el cultivo de banano en condiciones tropicales. *Revista Agroecológica*, *6*(1), 55–63.
- Pilco, F. (2024). Importancia económica del cultivo de banano en Ecuador. *Revista Economía Agraria*, *11*(2), 90–98.
- Siliezar, R. (2017). Distribución geográfica del cultivo de banano en Ecuador. *Revista Agraria del Ecuador*, *5*(2), 33–41.
- Tomalá, J. (2019). Evaluación del efecto de bioinoculantes en cultivos tropicales. *Revista Científica Agroforestal*, *8*(3), 60–68.
- Vázquez, J., Hernández, M., & Pérez, A. (2013). Evaluación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal en cultivos tropicales. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *36*(4), 301–308.