EVALUACIÓN COMPARATIVA DE CEPAS DE TRICHODERMA PARA MEJORAR EL ANCLAJE EN PLANTAS DE BANANO (*Musa x paradisiaca*)

COMPARATIVE EVALUATION OF TRICHODERMA STRAINS TO IMPROVE ANCHORAGE IN BANANA PLANTS (Musa x paradisiaca)

Luis Alfonso Proaño Lozada [1*]

[1] Maestría en Sanidad Vegetal. Unidad Académica de Posgrado. Universidad Técnica de Cotopaxi. Ecuador. ORCID: https://orcid.org/0009-0003-7917-5670. Correo: luis.proano7101@utc.edu.ec

Eliana Granja Guerra [2]

[2] Maestría en Sanidad Vegetal. Unidad Académica de Posgrado. Universidad Técnica de Cotopaxi. Ecuador. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7382-935X. Correo: eliana.granja@utc.edu.ec

*** Autor para correspondencia: luis.proano7101@utc.edu.ec**

Resumen

El uso excesivo de pesticidas y fertilizantes químicos ha deteriorado el entorno agrícola, generando problemas como plagas y enfermedades. El objetivo del presente estudio fue evaluar comparativamente cepas de Trichoderma para mejorar el anclaje en plantas de banano (*Musa x paradisiaca*), identificando aquellas que optimicen el desarrollo radicular y la resistencia, promoviendo prácticas agrícolas sostenibles. La investigación se desarrolló con un diseño experimental con tres grupos de plántulas de banano: T1 (*Trichoderma harzianum*), T2 (producto comercial Trichotic) y un grupo control. Se evaluaron variables como el número y longitud de raíces, volumen del sistema radicular, peso seco y diámetro de las raíces. Los resultados obtenidos fueron los siguiente**s:** T1 mostró los mayores incrementos en todas las variables de anclaje, con un aumento del 43,22% en la longitud de las raíces y del 33,33% en el peso seco de las raíces, comparado con el control. T2 también mejoró las variables, pero con incrementos más moderados. Y se arribó a la siguiente conclusión: El tratamiento con *Trichoderma harzianum* (T1) es más eficaz en mejorar el anclaje y desarrollo radicular de las plantas de banano, sugiriendo su potencial para reducir la dependencia de agroquímicos y mejorar la sostenibilidad agrícola. Estos resultados contribuyen al conocimiento científico y podrían tener un impacto positivo en la economía y el medio ambiente.

Palabras clave: trichoderma; anclaje radicular; banano; bioestimulación; desarrollo radicular

Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Grupo Editorial "ALEMA-Pentaciencias" E-mail: alema.pentaciencias@gmail.com

Abstract

The excessive use of pesticides and chemical fertilizers has deteriorated the agricultural environment, generating problems such as pests and diseases. The objective of this study was to comparatively evaluate Trichoderma strains to improve anchorage in banana plants (Musa x paradisiaca), identifying those that optimize root development and resistance, promoting sustainable agricultural practices. The research was carried out with an experimental design with three groups of banana seedlings: T1 (Trichoderma harzianum), T2 (commercial product Trichotic), and a control group. Variables such as number and length of roots, root system volume, dry weight, and root diameter were evaluated. The results obtained were as follows: T1 showed the greatest increases in all anchorage variables, with a 43.22% increase in root length and 33.33% in root dry weight, compared to the control. T2 also improved the variables, but with more moderate increases. The following conclusion was reached: Treatment with Trichoderma harzianum (T1) is more effective in improving root anchorage and development of banana plants, suggesting its potential to reduce dependence on agrochemicals and improve agricultural sustainability. These results contribute to scientific knowledge and could have a positive impact on the economy and the environment.

Keywords: *trichoderma; root anchorage; banana; biostimulation; root development*

Fecha de recibido: 12/03/2025
Fecha de aceptado: 14/05/2025
Fecha de publicado: 27/05/2025

Introducción

En el proceso tradicional de cultivo de cultivos, el uso excesivo de pesticidas y fertilizantes químicos, así como el cultivo a gran escala a largo plazo de un solo cultivo, ha llevado a la destrucción del entorno ecológico de las tierras de cultivo, problemas de enfermedades de las plantas, plagas de insectos, residuos de pesticidas en los cultivos y contaminación del suelo y del agua (Fazeli et al., 2022). En este contexto, numerosos estudios han documentado las propiedades beneficiosas de las cepas avirulentas de Trichoderma, lo que permite su uso en la protección de plantas, bioestimulación y biofertilización (Sousa et al., 2021).

La efectividad del uso de Trichoderma en la agricultura depende de su actividad metabólica y del tipo de interacción con las plantas y otros microorganismos. Estos hongos colonizan eficazmente la rizoplana, la rizosfera y las raíces de las plantas, y producen varios metabolitos con características antimicrobianas (enzimas degradantes de la pared celular, antibióticos, compuestos volátiles y no volátiles) y bioestimulantes (fitohormonas, fitoreguladores). Además, se sabe que Trichoderma tiene una absorción intensiva de programas radiculares y no solo interactúa con microorganismos patógenos, sino también con todo el microbioma del suelo (Silva et al., 2022).

La bioestimulación por Trichoderma involucra mecanismos sinérgicos vinculados al desarrollo del sistema radicular, como la producción de compuestos rizosféricos y la inducción de fitohormonas; la disponibilidad

Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).
Grupo Editorial "ALEMA-Pentaciencias" E-mail: alema.pentaciencias@gmail.com

de nutrientes, vía fijación de nitrógeno, solubilización de fósforo y potasio, mineralización de materia orgánica y secreción de enzimas y sideróforos y; a la defensa de las plantas, como la secreción de sustancias antimicrobianas y la inducción de tolerancia sistémica y la modulación de los mecanismos de defensa de las plantas (Ullas et al., 2022).

Además, las especies de Trichoderma colonizan las rizosferas o raíces de las plantas y mejoran el crecimiento y rendimiento de las plantas mediante el cambio en el metabolismo de la planta. En el proceso, ocurre una interacción molecular y tanto la planta como el Trichoderma generarán moléculas para mediar la interacción, lo que puede modular la expresión de genes de la planta involucrados en la resistencia sistémica y promover el crecimiento de la planta, el desarrollo de las raíces y la absorción de nutrientes (Eslahi et al., 2021).

En este sentido, el efecto de la bioestimulación en las raíces, se puede medir a través de la medición del anclaje, que se refiere a la capacidad de las raíces para fijar firmemente la planta al suelo, proporcionando estabilidad física y permitiendo que la planta resista fuerzas externas como el viento y la lluvia (Liu et al., 2022).

Por otro lado, el banano es una fruta esencial que se cultiva en zonas tropicales alrededor del mundo y desempeña un rol significativo en el desarrollo económico y social de muchos países en desarrollo. Globalmente, el banano es un alimento fundamental y es considerado uno de los cultivos más importantes, posicionándose como un importante producto de exportación (Suárez, 2019).

En Ecuador, la exportación de banano contribuye con el 2% al PIB total y cerca del 35% al PIB agrícola y se basa principalmente en pequeños y medianos emprendimientos. Las pequeñas empresas representan el 78% del total de productores, y sumando a los medianos, alcanzan el 95.5%. Desde esta perspectiva, la industria bananera del país se sustenta en la economía familiar dentro del marco de la Economía Popular y Solidaria (EPS), lo que hace al sector una importante fuente de empleo, especialmente en zonas rurales (Leon et al., 2021). No obstante, el principal desafío observado es que los pequeños productores en las plantaciones bananeras operan en un marco de informalidad, lo cual se debe a la falta de precisión en la implementación y el monitoreo de prácticas críticas necesarias para lograr altos niveles de rendimiento productivo (Manjarrez et al., 2023).

En el cultivo de banano, se ha determinado, que el Trichiderma promueve el crecimiento de las plantas y reduce la incidencia de *Fusarium oxysporum F. sp. cubense* (Quin et al., 2017). Sin embargo, aún se desconocen los efectos del uso de microorganismos en regímenes nutricionales subóptimos en el cultivo del banano.

Por lo que, el presente estudio tiene como objetivo efectuar una evaluación comparativa de cepas de Trichoderma para mejora el anclaje en plantas de banano (*Musa x paradisiaca*) con el fin de identificar aquellas cepas que optimicen el desarrollo radicular y la resistencia al arrancamiento de las plántulas, reduciendo la dependencia de agroquímicos sintéticos y promoviendo prácticas agrícolas sostenibles. Además, los resultados tendrán un impacto económico y ambiental positivo y conjuntamente contribuirán al conocimiento científico en la mejora de cultivos.

Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Grupo Editorial "ALEMA-Pentaciencias" E-mail: alema.pentaciencias@gmail.com

Materiales y métodos

El diseño de esta investigación es experimental, ya que se manipularon variables independientes (diferentes cepas de Trichoderma) para observar su efecto en las variables dependientes (anclaje de plantas de banano). El tipo de investigación es aplicada, enfocándose en la implementación práctica de resultados científicos para mejorar técnicas agrícolas. El nivel de investigación es explicativo, ya que se busca comprender las causas y efectos específicos de las distintas cepas de Trichoderma en el anclaje. La modalidad de la investigación es cuantitativa, debido a la recolección y análisis de datos numéricos para evaluar la efectividad de las cepas.

Se utiliza el método científico experimental, que incluye la formulación de hipótesis, el diseño de experimentos, la recolección de datos, el análisis de resultados y la interpretación de los mismos. Además, se emplea el método comparativo para evaluar las diferencias entre las cepas de Trichoderma.

Procedimientos

Adquisición y preparación de plántulas: Se adquirirán 15 plántulas de banano (*Musa x paradisiaca*) en sus primeras etapas de desarrollo. Se dividirán en tres grupos de 5 plántulas cada uno:

- Grupo 1: Tratado con *Trichoderma harzianum*
- Grupo 2: Tratado con el producto comercial Trichotic.
- Grupo 3: Grupo de control, sin tratamiento con Trichoderma.

Inoculación y tratamiento:

- Los grupos 1 y 2 se inocularán con las cepas correspondientes de Trichoderma según las instrucciones del fabricante y protocolos establecidos.
- El grupo 3 se mantendrá sin tratamiento para servir como control.

Monitoreo y recolección de datos:

- Se monitorizará el crecimiento de las raíces y el anclaje de las plantas de banano a los 15 días después de la inoculación.
- Se recolectarán datos sobre el número de raíces, la longitud de las raíces, el número de pelos absorbentes y otros parámetros relevantes.

Parámetros de evaluación:

- Número de raíces: Cantidad de raíces primarias desde la base del tallo. Para determinar esta variable, se contará manualmente el número de raíces primarias emergiendo desde la base del tallo.
- Longitud de las raíces: Medida desde la base hasta la punta de la raíz. Para lo cual, se utilizará una regla o cinta métrica para medir desde la base de la raíz hasta la punta más distal.
- Número de pelos absorbentes: Cantidad de pelos radiculares en un segmento específico. Para determinar este variable, se contará manualmente el número de pelos radiculares con la ayuda de una lupa.
- Volumen del sistema radicular: Espacio total ocupado por las raíces. Para cuantificar esta variable, se desenterrará cuidadosamente las raíces, se lavarán para eliminar el suelo, y sumergirán en un cilindro graduado con agua para medir el desplazamiento de volumen.

Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Grupo Editorial "ALEMA-Pentaciencias" E-mail: alema.pentaciencias@gmail.com

- Peso seco de las raíces: Peso de las raíces después de secarlas completamente. Para lo cual se va a secar las raíces en un horno a 60°C hasta peso constante y luego pesarlas en una balanza analítica.
- Diámetro de las raíces: Grosor de las raíces principales. Para medir esta variable, se utilizará un calibrador vernier para medir el diámetro de las raíces principales en su punto más ancho.

Análisis de datos:

Se utilizan técnicas estadísticas para comparar el rendimiento de las distintas cepas de *Trichoderma* y se aplicarán análisis de varianza (ANOVA) y pruebas post-hoc para determinar la significancia de las diferencias observadas entre los grupos tratados y el grupo de control.

Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados descriptivos de las variables analizadas en las plántulas de banano:

Tabla 1. Resultados descriptivos de las variables de anclaje en plantas de banano.

Tratamiento	Promedio Número de raíces	Promedio Longitud de las raíces (cm)	Promedio Número de pelos absorbentes	Promedio Volumen del sistema radicular (cm^3)	Promedio Peso seco de las raíces (g)	Promedio Diámetro de las raíces (mm)
T1	5,89±1,54	12,89±3,52	18,44±3,78	15,11±3,69	0,84±0,23	2,01±0,29
T2	5,44±1,59	11,00±2,96	17,22±3,35	14,00±3,24	0,79±0,28	1,80±0,22
Testigo	4,56 ±1,13	9,00 ±2,55	13,89±3,41	13,00±4,12	0,63±0,20	1,74±0,18

Los resultados muestran que el tratamiento T1 (*Trichoderma harzianum*) presentó los valores promedio más altos en todas las variables medidas, con un promedio de 5,89 raíces, una longitud promedio de 12,89 cm, y un promedio de 18,44 pelos absorbentes. El volumen del sistema radicular también fue mayor en este tratamiento, con un promedio de 15,11 cm^3, así como el peso seco de las raíces (0,84 g) y el diámetro de las raíces (2,01 mm), mientras que, el tratamiento T2, aunque mostró resultados menores que T1, superó al grupo de control en todas las variables, lo que indica que el Trichoderma comercial también tiene un efecto positivo en el desarrollo radicular.

Sin embargo, el control (Testigo) mostró los valores más bajos en todas las mediciones, con un promedio de 4,56 raíces, una longitud de raíces de 9,00 cm, y un promedio de 13,89 pelos absorbentes. Estos resultados demuestran la eficacia de los tratamientos con Trichoderma en la promoción del crecimiento y desarrollo del sistema radicular en plántulas de banano, sugiriendo un potencial para mejorar el anclaje y la absorción de nutrientes en condiciones agrícolas.

Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Grupo Editorial "ALEMA-Pentaciencias" E-mail: alema.pentaciencias@gmail.com

Tabla 2. Porcentaje de aumento en las variables de anclaje en plantas de banano respecto al testigo

Tratamiento	Número de raíces (%)	Longitud de las raíces (%)	Número de pelos absorbentes (%)	Volumen del sistema radicular (%)	Peso seco de las raíces (%)	Diámetro de las raíces (%)
T1	29,17%	43,22%	32,76%	16,23%	33,33%	15,52%
T2	19,30%	22,22%	23,97%	7,69%	25,40%	3,45%

El tratamiento T1 mostró los mayores incrementos en todas las variables de anclaje en comparación con el testigo, destacándose especialmente en la longitud de las raíces con un aumento del 43,22% y en el peso seco de las raíces con un 33,33%. Este tratamiento también registró un incremento significativo en el número de raíces (29,17%) y en el número de pelos absorbentes (32, 76%), lo que sugiere una mejora considerable en la capacidad de anclaje de las plantas de banano. Por otro lado, el tratamiento T2, aunque también mejoró las variables en comparación con el testigo, mostró incrementos más moderados, siendo el mayor aumento en el peso seco de las raíces con un 25,40%. Estos resultados indican que, aunque ambos tratamientos son efectivos, T1 es superior en la mejora del anclaje en las plantas de banano.

Los análisis ANOVA muestran que el uso de Trichoderma tiene un efecto significativo en el número de pelos absorbentes (Figura 1) y la longitud de las raíces (Figura 2), mientras que, para las otras variables analizadas, las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Esto indica que *Trichoderma harzianum* tiene un impacto positivo en aspectos específicos del desarrollo radicular de las plántulas de banano, lo cual es relevante para su uso en la agricultura.

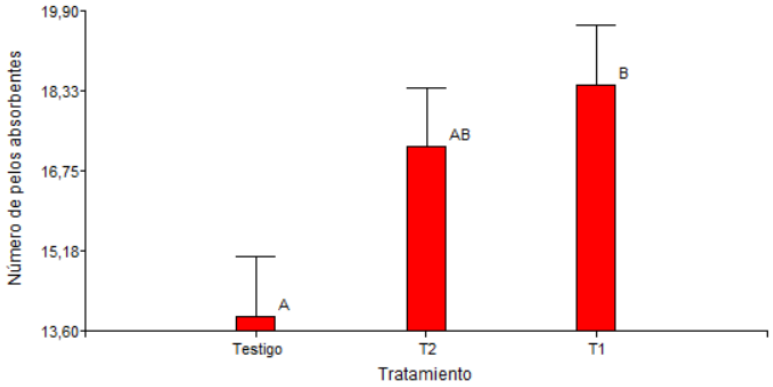

Figura 1. Resultados de la prueba post-hoc para el número de pelos absorbentes
Nota. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (p >0,05)

Los resultados de la Figura1, muestra que el tratamiento T1 es el más eficaz en aumentar el número de pelos absorbentes, seguido por T2 y el Testigo, lo que resalta la eficacia del *Trichoderma harzianum.* Sin embargo, no hay una diferencia estadísticamente significativa entre T1 y T2, lo que sugiere que ambos tratamientos son efectivamente similares en su influencia sobre el número de pelos absorbentes, aunque T1 tiende a ser más eficaz.

Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).
Grupo Editorial "ALEMA-Pentaciencias" E-mail: alema.pentaciencias@gmail.com

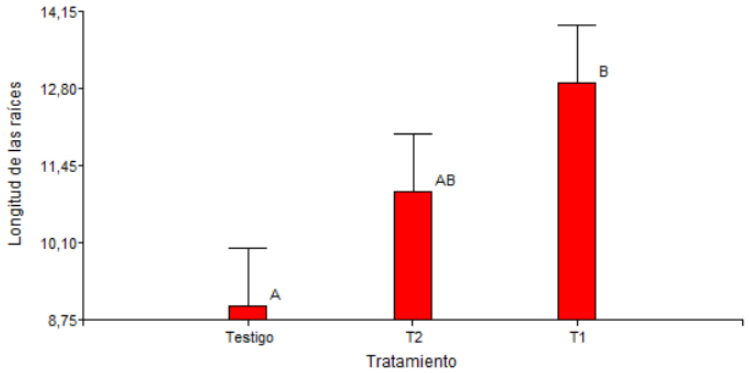

Figura 2. Resultados de la prueba post-hoc para la longitud de las raíces
Nota. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (p >0,05)

Los resultados de la Figura 2, muestran que el tratamiento T1 es el más eficaz en aumentar la longitud de las raíces, seguido por T2 y el Testigo, lo que subraya la eficacia del *Trichoderma harzianum.* Sin embargo, similar al análisis del número de pelos absorbentes, no hay una diferencia estadísticamente significativa entre T1 y T2, lo que sugiere que ambos tratamientos tienen un efecto comparable en la longitud de las raíces, aunque T1 tiende a ser más eficaz.

Discusión

Los resultados muestran que específicamente, el T1 no solo incrementó el número de pelos absorbentes y la longitud de las raíces, sino que también mejoró otras variables como el volumen del sistema radicular, el peso seco de las raíces, y el diámetro de las raíces. Aunque el tratamiento T2 también mostró mejoras en comparación con el control, las diferencias entre T1 y T2 no fueron estadísticamente significativas, lo que sugiere que ambos tratamientos tienen un efecto similar en varios aspectos del desarrollo radicular, aunque T1 tiende a ser más eficaz. El control, en contraste, mostró los valores más bajos en todas las variables analizadas, destacando la importancia del uso de Trichoderma para mejorar el anclaje y el desarrollo del sistema radicular en las plántulas de banano.

Estos resultados son comparables con los hallazgos del estudio Hasan et al. (2023) sobre la colza (*Brassica napus L.),* donde las cepas de Trichoderma ReTk1 y ReTv2 mostraron su capacidad para promover el crecimiento de las raíces y aumentar la biomasa en condiciones tanto infestadas como no infestadas por *Plasmodiophora brassicae.*

De igual manera, en el estudio de Parkash et al. (2019), se aislaron microbios útiles como hongos (*Trichoderma harzianum*), endomicorrizas (Micorriza Arbuscular) y bacterias (Pseudomonas putida), y después de su multiplicación masiva, se aplicaron como bioinoculantes de forma individual y en combinación para observar el efecto en el crecimiento y desarrollo de plántulas de Abroma augusta, obteniendo que el T. harzianum, tanto solo como en forma combinada, mostró un efecto significativo en el crecimiento y desarrollo de las plántulas.

Esto resultados son relevantes, considerando que según el estudio de Blomme et al. (2008) obtuvo que, durante la fase reproductiva de los ciclos de cultivo de banano, se presenta una disminución significativa en

Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).
Grupo Editorial "ALEMA-Pentaciencias" E-mail: alema.pentaciencias@gmail.com

el vigor radicular y aéreo, lo que podría afectar la estabilidad y la productividad de las plantas de banano, especialmente en sistemas de cultivo continuo. Un hallazgo particularmente relevante es la reducción del peso fresco del cormo, que disminuyó en un 20 % durante el primer ciclo y en un 13 % durante el segundo ciclo. Esta disminución en el peso del cormo, que es crucial para el almacenamiento de nutrientes y la energía de la planta, subraya los desafíos que enfrentan las plantas de banano durante las fases reproductivas, lo que podría comprometer su capacidad para sostener el crecimiento y la producción en ciclos sucesivos.

El sistema radicular de las plantas es esencial para su crecimiento y desarrollo, ya que absorbe agua y nutrientes del suelo, proporciona anclaje, almacena recursos y permite la interacción con microorganismos beneficiosos.

Su arquitectura y capacidad de exploración influyen en la eficiencia con que la planta accede a los recursos, lo que es clave para su adaptación a diferentes condiciones ambientales. En conjunto, el sistema radicular es fundamental para la supervivencia, estabilidad y productividad de las plantas (Kir, 2023).

Las especies de *Trichoderma*, como *Trichoderma harzianum* E15 y *Trichoderma virens* ZT05, han demostrado ser eficaces en mejorar la estructura de las raíces de plantas como *Pinus sylvestris* var. *mongolica*. La inoculación con estas cepas incrementó significativamente la biomasa de las plántulas, el índice de estructura de las raíces, y la actividad enzimática del suelo rizosférico, en comparación con los controles no inoculados. Aunque ambos tratamientos fueron efectivos, *T. harzianum* E15 resultó en un mayor crecimiento de la altura y el diámetro de las plántulas, mientras que *T. virens* ZT05 favoreció un mayor contenido de nutrientes y actividad enzimática en el suelo. Estos resultados subrayan la capacidad de *Trichoderma* para promover el desarrollo radicular y mejorar las condiciones del suelo, contribuyendo así a un crecimiento vegetal más saludable y vigoroso (Halifu et al., 2019).

Estos resultados son similares a la investigación de Ferreira et al. (2024), en el cual establece que, los hongos promueven la solubilización y disponibilidad de nutrientes para las plántulas, que muestran numerosos beneficios para su desarrollo, por lo que, el uso de microorganismos beneficiosos, como los hongos del género Trichoderma, se ha convertido en una estrategia sostenible para mejorar el desarrollo de las plántulas, reduciendo el uso de agroquímicos y fertilizantes industriales.

Conclusiones

El presente estudio evaluó de manera comparativa el efecto de diferentes cepas de Trichoderma en el desarrollo radicular de plántulas de banano (*Musa x paradisiaca*), con el objetivo de mejorar el anclaje y la absorción de nutrientes en condiciones agrícolas. Los resultados obtenidos indican que el tratamiento con *Trichoderma harzianum* (T1) fue el más efectivo en promover el crecimiento del sistema radicular, mostrando valores significativamente superiores en el número de pelos absorbentes y la longitud de las raíces en comparación con el tratamiento con Trichoderma comercial (T2) y el grupo de control (Testigo).

En conclusión, los resultados de este estudio sugieren que el uso de *Trichoderma harzianum* podría ser una estrategia viable para fortalecer el sistema radicular de las plántulas de banano, lo que potencialmente mejora su anclaje y capacidad de absorción de nutrientes, lo cual es importante dentro de la actividad de cultivo de banano, donde un sistema radicular fuerte es necesario para la estabilidad y el rendimiento de las plantas. Además, el uso de Trichoderma representa una alternativa sostenible al uso de agroquímicos sintéticos,

Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Grupo Editorial "ALEMA-Pentaciencias" E-mail: alema.pentaciencias@gmail.com

contribuyendo a prácticas agrícolas más ecológicas y eficientes. Los hallazgos de este estudio apoyan la implementación de *Trichoderma harzianum* en programas de bioestimulación y biofertilización, con el potencial de generar impactos positivos tanto en la producción agrícola como en la conservación del medio ambiente.

Referencias

Blomme, G., Swennen, R., Soka, G., Turyagyenda, F., & Tenkouano, A. (2008). Relationship between root and shoot growth traits during the plant crop and first ratoon in banana and plantain (Musa spp.) and its implications for perennial cultivation on degraded Ultisols in south-eastern Nigeria. *Proceedings of the 1st International e-Conference on Agricultural BioSciences, 9*(11).

Eslahi, N., Kowsari, M., Zamani, M., & Motallebi, M. (2021). Correlation Study Between Biochemical and Molecular Pathways of Trichoderma harzianum Recombinant Strains on Plant Growth and Health. *Journal of Plant Growth Regulation, 41*(4), 1561–1577.

Fazeli, B., Shahraki, L., Piri, R., & Sobhanizadeh, A. (2022). 20 - Trichoderma: Improving growth and tolerance to biotic and abiotic stresses in plants. *Trends of Applied Microbiology for Sustainable Economy*, 525-564. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780323915953000045?via%3Dihub

Ferreira, N., Gerosa, M., & Gatto, A. (2024). Use of Trichoderma in the Production of Forest Seedlings. *Microorganisms, 12*(2). doi:10.3390/microorganisms12020237

Halifu, S., Deng, X., Song, X., & Song, R. (2019). Effects of Two Trichoderma Strains on Plant Growth, Rhizosphere Soil Nutrients, and Fungal Community of Pinus sylvestris var. mongolica Annual Seedlings. *Forests, 10*(9). https://doi.org/10.3390/f10090758

Hasan, M., Hossain, M., & Jiang, D. (2023). New endophytic strains of Trichoderma promote growth and reduce clubroot severity of rapeseed (Brassica napus). *PLoS One, 18*(10). https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10617699/

Kir, I. (2023). A Review on Plant Root Architecture and Methods for Measuring Root Growth Parameters. *Dutse Journal of Pure and Applied Sciences (DUJOPAS), 9*(1). https://www.ajol.info/index.php/dujopas/article/view/244865

León, J., Espinosa, M., & Carvajal, H. (2021). Análisis de la producción y comercialización de banano en la provincia de El Oro en el periodo 2018-2022. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7*(1), 7494-7507. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4981

Liu, S., Ji, X., & Zhang, X. (2022). Effects of Soil Properties and Tree Species on Root–Soil Anchorage Characteristics. *Sustainability, 14*(13), 7770. https://doi.org/10.3390/su14137770

Manjarrez, N., Muñoz, C., Guerra, K., & Egas, M. (2023). Costos de producción y comercialización en la industria bananera en la zona norte, cantón Quevedo-Ecuador. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades,, 4*(1), 536. https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.29

Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Grupo Editorial "ALEMA-Pentaciencias" E-mail: alema.pentaciencias@gmail.com

Parkash, V., Gaur, A., Agnihotri, R., & Aggarwal, A. (2019). Trichoderma harzianum Rifai: A Beneficial Fungus for Growth and Development of Abroma augusta L. Seedlings with Other Microbial Bio-Inoculants. *Intechopen*. doi:10.5772/intechopen.83533

Qin, L., Guo, C., & Huang, S. (2017). Growth-promoting effects of Trichoderma asperellum strain PZ6 on banana and its indoor control effect against banana fusarium wilt. *J South Agric 4*, 277–283.

Silva, T., Silva, R., Souza, M., & Barata, G. (2022). Agroeconomic performance of banana tree under nutritional management with Trichoderma asperellum, in a family production system. *AIMS Agriculture and Food*, *7*(2), 297-31. https://www.aimspress.com/article/doi/10.3934/agrfood.2022019#b22

Sousa, T. d., Chaibub, A., & Cortes, M. (2021). Molecular identification of Trichoderma spp. isolates and biochemical characterization of antagonistic interaction against rice blast. *Arch Microbiol*, *203*, 3257–3268. https://doi.org/10.1007/s00203-021-023

Ullas, S., Krishna, V., Ravi, S., Vinay, N., Sachin, S., Raagavalli, K., & Ajith, S. (2022). Trichoderma spp. intervened activation of defensive enzymes in Musa paradisiaca cv. Malnad Rasbale plantlets. *Journal of Biological Control*, *36*(12), 101-111. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20230269660

Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Grupo Editorial "ALEMA-Pentaciencias" E-mail: alema.pentaciencias@gmail.com