

Artículo

Producción de diferentes cepas comerciales de *Trichoderma harzianum* en sustrato de arroz y su efecto a la exposición de luz

Production of different commercial strains of *Trichoderma harzianum* in rice substrate and their response to light exposure

Angie Pamela Lopez Orellana ^{1*}, Haidee Azucena Macias Rojas ², Axel Samuel Palacios Mayorga ³, Gladys Alexandra Jeres Caguana ⁴ y Doris Jannela Moncayo Vera ⁵

¹ Universidad Estatal de Milagro, Ecuador, 091703,
<https://orcid.org/0000-0003-2698-4979>

² Instituto Superior Tecnológico La Troncal, La Troncal, Ecuador, 030302,
<https://orcid.org/0000-0003-1163-9881>, haidee35maciasr@hotmail.com

³ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo 120550,
<https://orcid.org/0000-0001-5123-3953>, axel.palacios2015@uteq.edu.ec

⁴ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo 120550,
<https://orcid.org/0000-0001-5332-3725>, gladys.jeres2015@uteq.edu.ec

⁵ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo 120550,
<https://orcid.org/0000-0002-5341-3947>, doris.moncayo2015@uteq.edu.ec

* Correspondencia: alopez3@unemi.edu.ec

 <https://doi.org/10.70881/mcj/v4/n3/171>

Cita: Lopez Orellana, A. P., Macias Rojas, H. A., Palacios Mayorga, A. S., Jeres Caguana, G. A., & Moncayo Vera, D. J. (2026). Producción de diferentes cepas comerciales de *Trichoderma harzianum* en sustrato de arroz y su efecto a la exposición de luz. *Multidisciplinary Collaborative Journal*, 4(3), 111-118. <https://doi.org/10.70881/mcj/v4/n3/171>

Recibido: 12/06/2026

Revisado: 15/07/2026

Aceptado: 22/07/2026

Publicado: 27/07/2026



Copyright: © 2026 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC)**.

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Resumen: Optimizar la producción masiva de *Trichoderma* en arroz es crucial para la agricultura sostenible. El objetivo del estudio consistió en evaluar la producción de diferentes cepas comerciales de *Trichoderma harzianum* cultivadas en sustrato de arroz, analizando de forma particular su comportamiento y rendimiento bajo condiciones de exposición a la luz. Para esto se activaron tres cepas comerciales de *T. harzianum* en PDA, confirmando su morfología. El inóculo se aplicó en arroz precocido para fermentación sólida bajo condiciones controladas de luz y oscuridad. Se evaluó la concentración de conidios, porcentaje de germinación y pureza mediante cuatro réplicas, validando los resultados con análisis estadísticos ANOVA y la prueba de Tukey. La producción de *T. harzianum* en arroz varió según el laboratorio. Las muestras del laboratorio A y B lograron una alta concentración, germinación y pureza estimuladas por la exposición de la luz. En cambio, la muestra del laboratorio C decayó significativamente debido a una posible falla de contaminación e inhibición a la luz. Se concluye que el éxito en la producción masiva de *T. harzianum* en sustrato de arroz depende de la calidad y el tipo de cepa inicial, potenciado por el estímulo lumínico como inductor de la esporulación.

Palabras clave: Cultivo microbiano, conidiogénesis, intensidad lumínica, microorganismo.

Abstract: Optimizing large-scale production of *Trichoderma* in rice is essential for sustainable agriculture. The objective of this study was to

evaluate the production of different commercial strains of *Trichoderma harzianum* grown on rice substrate, focusing in particular on their behavior and yield under light-exposed conditions. To this end, three commercial strains of *T. harzianum* were inoculated into PDA, and their morphology was confirmed. The inoculum was applied to precooked rice for solid-state fermentation under controlled light and dark conditions. Conidia concentration, germination percentage, and purity were evaluated using four replicates, and the results were validated using ANOVA statistical analysis and Tukey's test. The production of *T. harzianum* in rice varied by laboratory. Samples from Laboratories A and B achieved high concentrations, germination rates, and purity, stimulated by light exposure. In contrast, the sample from Laboratory C showed a significant decrease due to possible contamination and light inhibition. It is concluded that the success of mass production of *T. harzianum* in rice substrate depends on the quality and type of the initial strain, enhanced by light stimulation as an inducer of sporulation.

Keywords: Microbial culture, conidiogenesis, light intensity, microorganism.

1. Introducción

El uso excesivo de plaguicidas en el campo agrícola ha generado graves problemas sobre el ambiente como la degradación del suelo y la resistencia de fitopatógenos, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria (Hossain et al., 2022). Bajo este contexto, se busca alternativas sostenibles como control biológico, y uso de microorganismos benéficos es una buena opción ya que permite regular las poblaciones de agentes (Ediagbonya et al., 2025).

Entre la gran biodiversidad de agentes de biocontrol, el *Trichoderma* se destaca como el género de los hongos antagonistas más estudiados y utilizados a nivel mundial (Carpio et al., 2025). Este logro es consecuencia de sus diversos mecanismos de acción, como lo es el micoparásitismo, competencia por espacio y nutrientes, la producción de metabolitos y la inducción de resistencia sistémica en las plantas (Rodríguez et al., 2026). Además de su capacidad para controlar enfermedades, el *Trichoderma* es ampliamente reconocido por tener un efecto bioestimulante con la capacidad de promover el crecimiento radicular vegetal (Soto-Valenzuela et al., 2026).

Dentro de este género, el *Trichoderma harzianum* es la especie con más relevancia comercial debido a su alta eficacia contra hongos fitopatógenos del suelo (Xiao et al., 2023). Sin embargo, el éxito de este agente biocontrolador dependerá de la cepa seleccionada, ya que existen variaciones genotípicas significativas entre las líneas comerciales (Rahman et al., 2023). Sus diferencias comprueban no solo su agresividad contra los patógenos, sino también su adaptación a condiciones ambientales (Hossain et al., 2022).

Para que un producto a base de *T. harzianum* pueda ser viable en el mercado, es primordial establecer métodos de multiplicación masiva eficientes y económicamente rentables (Encina et al., 2022). La producción de hongos filamentosos en sustrato sólido permite utilizar subproductos agrícolas ha demostrado ser una estrategia ideal para hongos (Hamrouni et al., 2023). Se destaca al sustrato de arroz como una fuente energética más eficaz, ya que contiene una excelente fuente de carbono y sus granos permiten una porosidad facilitando la aireación, permitiendo la obtención de rendimientos óptimos de conidios por gramo de matriz sólida (Chatterjee & Tiwari, 2025).

No obstante, la producción de biomasa fúngica no depende únicamente de la composición nutricional del medio, sino también de las condiciones físicas y ambientales (de Lima et al., 2022). Entre estos parámetros, la luz actúa como un modulador epigenético y fisiológico crucial en los hongos (Yu et al., 2023). En el género *Trichoderma*, la exposición a intensidades lumínicas desencadena una cascada de conidiogénesis, incrementando la tasa de esporulación, que es el principal indicador de rendimiento comercial (Chávez-García et al., 2008).

A pesar de que se reconoce la influencia de la luz en la morfología fúngica, la respuesta específica ante el estímulo lumínico podría variar entre diferentes cepas comerciales de una misma especie (Osorio-Concepción et al., 2013). Algunas especies celulares requieren fotoperiodos estrictos para activar la reproducción asexual, mientras que otras podrían inhibirse o presentar indiferencia (Contreras-Cornejo et al., 2022). Por tanto, comprender cómo interactúa el factor lumínico con el potencial genético de cada cepa de *Trichoderma* en un sustrato es un paso clave para optimizar los procesos de producción industrial de bioinsumos agrícolas.

Por tales motivos, la presente investigación tiene como objetivo evaluar la producción de diferentes cepas comerciales de *Trichoderma harzianum* cultivadas en sustrato de arroz, analizando de forma particular su comportamiento y rendimiento bajo condiciones de exposición a la luz.

2. Materiales y Métodos

2.1. Material biológico

Las cepas comerciales de *Trichoderma harzianum* (A, B, C), fueron adquiridas en laboratorios biotecnológicos de Ecuador. Estas muestras procedían de multiplicación en sustratos de arroz molido, partido e integro como se observa en la figura 1.



Figura 1. Presentación original de las cepas comerciales de *T. harzianum*.

2.2. Proceso de activación y multiplicación de *T. harzianum*.

La activación se dio en placas Petri contenidas con medio de cultivo agar papa dextrosa (PDA) e incubada a 26°C por 12 días, ver figura 2.

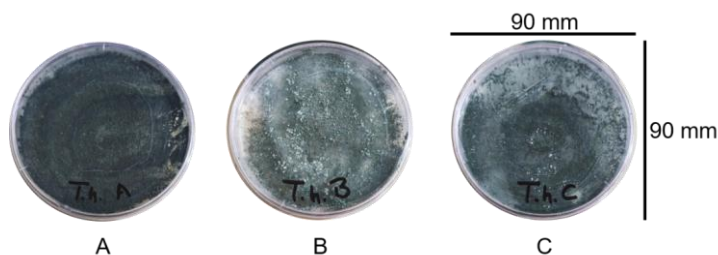


Figura 2. Activación de las cepas comerciales de *T. harzianum* en medio PDA.

Al crecimiento de estas placas se les realizó un estudio morfológico con azul de lactofenol para confirmar el género de las especies y ver que no exista contaminación alguna, como se muestra en la figura 3.

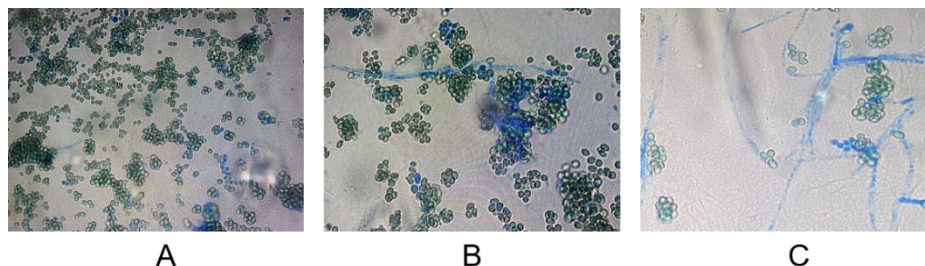


Figura 3. Caracterización morfológica de los aislados fúngicos de *T. harzianum*.

El inóculo empleado para el proceso de fermentación sólida se preparó, a partir de los cultivos en PDA con abundante crecimiento de *T. harzianum*., se adicionó una solución de cloruro de sodio al 0,9% (p/v) para la hidratación y el desprendimiento de los conidios. Con la suspensión resultante se realizó el recuento de conidios en una cámara de Neubauer, alcanzando las concentraciones que se detallan en la tabla 1:

Tabla 1. Concentración de los inóculos de cada cepa comercial de *T. harzianum*.

MUESTRA	CONCENTRACION	UNIDAD DE MEDIDA
A	9×10^8	conidios/mL
B	7×10^8	conidios/mL
C	5×10^8	conidios/mL

2.3. Producción de *T. harzianum* en sustrato sólido.

El proceso se llevó a cabo en bandejas plásticas, depositando 300 g de arroz precocido y esterilizado haciendo uso de una autoclave a 121°C durante 15 minutos. El arroz una vez frío, fue inoculado con 25 mL de la solución de *T. harzianum* y homogeneizado. Las bandejas fueron selladas con stretch film e incubadas a 27°C durante 72 horas en oscuridad.

Transcurrido este periodo se descubren las bandejas y se mantienen por 48 horas continuas con luz incandescente visible con bombillos de 80 watts. La base de arroz fue mezclada para homogeneizada nuevamente sus conidios y controlada la humedad ambiental a 45% durante 72 horas.

2.4. Evaluación de la producción de *T. harzianum* en sustratos de arroz

Pasado este tiempo se hizo un recuento de conidios en cámara de Neubauer para evaluar la densidad poblacional (concentración de conidios) y cada procedimiento se realizó con cuatro repeticiones. También se evaluó el porcentaje de germinación (posterior a la exposición de luz), y el porcentaje de pureza al séptimo día.

2.5. Análisis estadístico

La evaluación de las variables bajo las condiciones de exposición de luz se realizó a través de un análisis de varianza ANOVA y bajo la prueba de media según Tukey P 0.05.

3. Resultados y discusión

La figura 4 muestra el resultado de la producción de *T. harzianum* al octavo día posterior a la inoculación del sustrato de arroz y bajo la influencia de la exposición a luz.

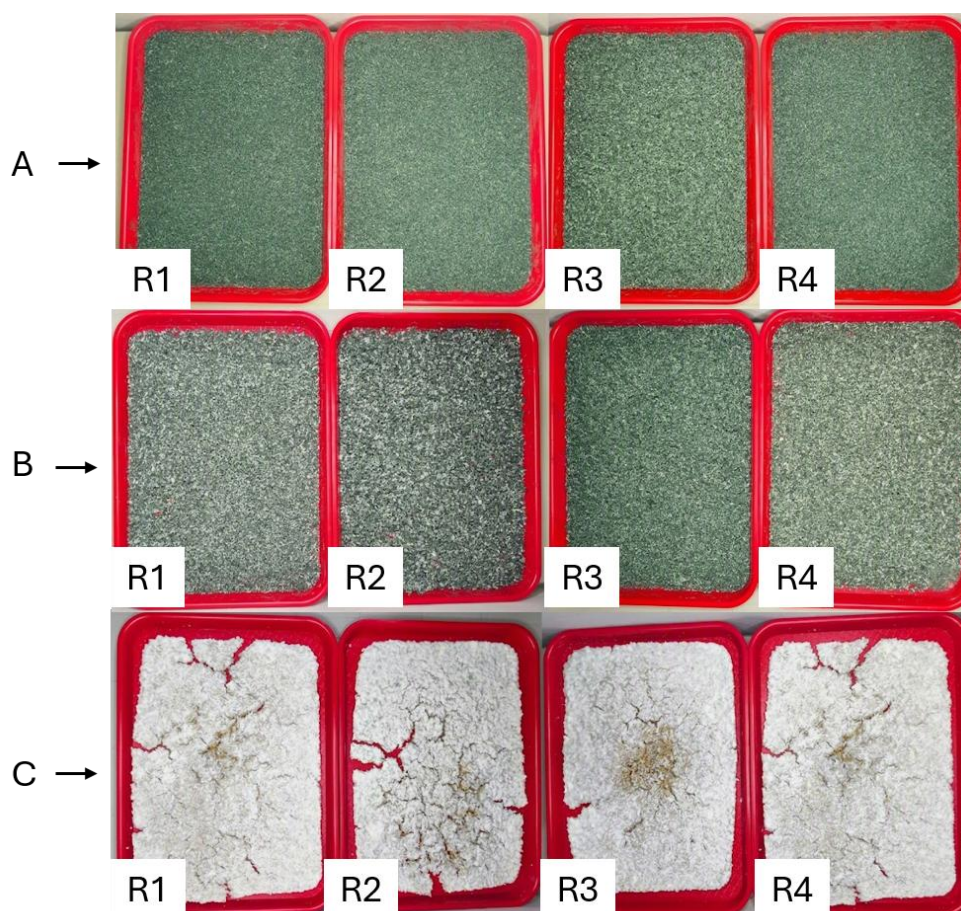


Figura 4. Resultado de la producción de *T. harzianum* en sustrato de arroz.

Es notorio observar que las bandejas inoculadas con el trichoderma del laboratorio A tuvo un crecimiento veloz y homogéneo en todas sus repeticiones; sin embargo, las bandejas inoculadas del laboratorio B a pesar de tener un crecimiento veloz y homogéneo tuvo una menor intensidad en la coloración característica del *T. harzianum*. Por otra parte, las bandejas inoculadas con el trichoderma del laboratorio C a pesar de observarse crecimiento de hifas en el sustrato de arroz, no tuvieron una coloración relacionada con la especie debido a que no alcanzaron su madurez reproductiva.

En este sentido, muy posiblemente existió una inhibición celular dada por la exposición a la luz como lo sostiene Contreras-Cornejo et al., (2022). Así mismo, estos resultados concuerdan con Cortés-Hernández et al., (2023), quienes indican que cada cepa fúngica dentro de una misma especie varía en su velocidad de crecimiento, podría sobrevivir a diferentes rango de temperaturas óptimas e incluso tendrían afinidad por determinados tipos de sustratos.

Así mismo, a cada bandeja se realizó el conteo de conidios resultando los siguientes promedios, que se indican la tabla 2.

Tabla 2. Concentración de conidios por grupo de bandejas inoculadas con *T. harzianum* en sustrato de arroz.

UNIDA DE MEDIDA	LABORATORIO			P
	A	B	C	
Conidios/mL (octavo día)	2×10^8	1×10^9	5×10^4	<0,0001
Porcentaje de germinación (posterior a la exposición de luz, quinto día)	99	94	65	<0,05
Porcentaje de Pureza (octavo día)	98	92	38	<0,05

Datos correspondientes a cuatro repeticiones por cada muestra de laboratorio.

Estos resultados demuestran que la producción masiva del hongo *T. harzianum* en sustrato sólido como el arroz se ve fuertemente influenciado por las condiciones de asepsia durante su procesamiento, así como también de la calidad y nivel de virulencia del inóculo inicial y las condiciones ambientales (temperatura, humedad, luminosidad, etc.). Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas $P < 0,0001$ para la variable concentración de conidios y $P < 0,05$ para el porcentaje de germinación y grado de pureza, indicando que, a pesar de utilizar el mismo sustrato (arroz) base para todos los casos, posiblemente existieron fallas críticas de contaminación durante el inóculo en el grupo de bandejas de la Muestra C.

La alta concentración de conidios observada en la Muestra A (2×10^8 conidios/mL) y la Muestra B (1×10^9 conidios/mL) concuerda con lo descrito por Chatterjee & Tiwari, (2025), quienes señalan que el grano de arroz es un soporte de carbono ideal que promueve una alta densidad de esporulación en cepas de *Trichoderma*. Estos altos porcentajes de germinación aseguran que las esporas producidas tengan la capacidad metabólica necesaria para colonizar la rizósfera una vez aplicadas.

La notable conidogénesis alcanzada con las muestras del laboratorio A y B a través del estímulo lumínico aplicado durante 48 horas (iniciado a las 72 horas post-inoculación) actuó como un potente inductor de la diferenciación celular del micelio hacia estructuras reproductivas. De acuerdo con Chávez-García et al., (2008), la exposición a intensidades lumínicas desencadena una cascada de conidiogénesis, incrementando la tasa de esporulación. Esto demuestra que la luz continua es un catalizador óptimo para la esporulación sobre el sustrato de arroz.

4. Conclusiones

El proceso de producción sólida de *T. harzianum* en sustrato arroz, resultó ser un método apropiado para incrementar la producción de conidios bajo el efecto de la exposición de luz justo al momento de la conidiogénesis. Estadísticamente se presentaron diferencias significativas entre las muestras de los laboratorios siendo las muestras A y B las que alcanzaron una mayor producción de conidios, porcentaje de germinación y nivel de pureza, potenciado por el estímulo lumínico como inductor de la esporulación, lo que garantiza la capacidad del hongo para colonizar eficazmente el suelo en aplicaciones de bioproductos agrícolas. A pesar de esto la muestra de *T. harzianum* del laboratorio C fue la que presente los peores resultados, posiblemente la cepa sufrió una inhibición por la exposición a la luz sumado al grado de contaminación de este sustrato.

Para tener éxito en la producción masiva de *T. harzianum* en sustrato de arroz hay que considerar la calidad y el tipo de cepa inicial, así como el control aséptico durante el procesamiento, ya que de esto dependerá la calidad de los bioproductos.

Contribución de los autores: Conceptualización, APL-O.; metodología, APL-O.; software, HAM-R.; validación, ASP-M.; análisis formal, GAJ-C.; investigación, APL-O.; recursos, APL-O.; redacción del borrador original, DJM-V.; redacción, revisión y edición, HAM-R. y ASP-M.; visualización, GAJ-C.; supervisión, DJM-V. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento: Esta investigación no ha recibido financiación externa

Declaración de disponibilidad de datos: Los datos están disponibles previa solicitud a los autores de correspondencia: alopezoz3@unemi.edu.ec

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Referencias Bibliográficas

- Carpio, M., Vera, J., Yugsan, F., Gavin, C., & Barzallo, D. (2025). Biofertilizer enriched with *Paenibacillus polymyxa* and *Trichoderma* sp. for radish cultivation. *Revista Caatinga*, 38, e13759–e13759. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252025v3813759rc>
- Chatterjee, R., & Tiwari, A. K. (2025). Rice Polishing as a Substrate for Fungal Biomass and Protein Production by *Trichoderma Harzianum* and *Candida utilis*. *Fungal Waste Biomass Management for Energy, Environment and Value-Added Products*, 241–261. https://doi.org/10.1007/978-3-031-82599-6_10
- Chávez-García, M., Quevedo-Hidalgo, B., Martínez-Salgado, M. M., Mercado-Reyes, M., Rodríguez-Bocanegra, M. X., & Montaña-Lara, J. S. (2008). Efecto del sustrato y la exposición a la luz en la producción de una cepa de *Trichoderma* sp. *Universitas Scientiarum*, 13(3), 245–251. <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/1434/>
- Contreras-Cornejo, H. A., Orozco-Granados, O., Ramírez-Ordorica, A., García-Juárez, P., López-Bucio, J., & Macías-Rodríguez, L. (2022). Light and mycelial injury influences the volatile and non-volatile metabolites and the biocontrol properties of *Trichoderma atroviride*. *Rhizosphere*, 22, 100511. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2022.100511>
- Cortés-Hernández, F. del C., Alvarado-Castillo, G., & Sánchez-Viveros, G. (2023). *Trichoderma* spp., una alternativa para la agricultura sostenible: una revisión. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 25(2), 73–87. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v25n2.111384>
- de Lima, E. A., Mandelli, F., Kolling, D., Souza, J. M., de Oliveira Filho, C. A., da Silva, M. R., de Mesquita Sampaio, I. L., Junqueira, T. L., Chagas, M. F., & Teodoro, J. C. (2022). Development of an economically competitive *Trichoderma*-based platform for enzyme production: bioprocess optimization, pilot plant scale-up, techno-economic analysis and life cycle assessment. *Bioresource Technology*, 364, 128019. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.128019>

- Ediagbonya, T. F., Areo, I. O., Mupenzi, C., Mind'je, R., Kamuhanda, J. K., & Kabano, S. (2025). Reduced pesticide dependency through crop management. *Discover Applied Sciences*, 7(7), 776. <https://doi.org/10.1007/s42452-025-07248-y>
- Encina, A. B. A., Encina, M. L. A., Morinigo, K. B., Montes, N. J. Z., Rebruk, R., & Paniagua, N. G. (2022). Producción artesanal de *Trichoderma* spp. para posible uso en el control biológico sostenible en huertas. *Revista Sobre Estudios e Investigaciones Del Saber Académico*, 17, e2023006–e2023006. <https://doi.org/10.70833/rseisa17item255>
- Hamrouni, R., Regus, F., Claeys-Bruno, M., Farnet Da Silva, A.-M., Orsière, T., Laffont-Schwob, I., Boudenne, J.-L., & Dupuy, N. (2023). Statistical experimental design as a new approach to optimize a solid-state fermentation substrate for the production of spores and bioactive compounds from *Trichoderma asperellum*. *Journal of Fungi*, 9(11), 1123. <https://doi.org/10.3390/jof9111123>
- Hossain, M. E., Shahrukh, S., & Hossain, S. A. (2022). Chemical fertilizers and pesticides: impacts on soil degradation, groundwater, and human health in Bangladesh. In *Environmental degradation: challenges and strategies for mitigation* (pp. 63–92). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-95542-7_4
- Osorio-Concepción, M., Casas-Flores, S., & Cortés-Penagos, C. (2013). Efecto de la limitación de fosfato sobre la conidiación de *Trichoderma atroviride* y mutantes ciegas a la luz. *Scientia Fungorum*, 37, 41–50. <https://doi.org/10.33885/sf.2013.3.1111>
- Rahman, M., Borah, S. M., Borah, P. K., Bora, P., Sarmah, B. K., Lal, M. K., Tiwari, R. K., & Kumar, R. (2023). Deciphering the antimicrobial activity of multifaceted rhizospheric biocontrol agents of solanaceous crops viz., *Trichoderma harzianum* MC2, and *Trichoderma harzianum* NBG. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1141506. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1141506>
- Rodríguez, J. H. V., Saltos, J. R. L., Ullauri, W. J. A., & Velasquez, A. A. I. (2026). Efecto antagónico in vitro de *Trichoderma asperellum* frente a *Moniliophthora perniciosa*. *Cultivos Tropicales*, 47(1), cu-id. <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1901>
- Soto-Valenzuela, J. O., Andrade-Yucailla, V. C., Solís-Lucas, L. A., Vera-Rodríguez, J. H., Muyudumbay, A., & Perero-Perero, A. D. (2026). Rhizospheric plant growth-promoting bacteria (PGPR) in corn plants. *Revista de La Facultad de Agronomía de La Universidad Del Zulia*, 43(1), 1–6. [https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v43.n1.IX](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v43.n1.IX)
- Xiao, Z., Zhao, Q., Li, W., Gao, L., & Liu, G. (2023). Strain improvement of *Trichoderma harzianum* for enhanced biocontrol capacity: Strategies and prospects. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1146210. <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2023.1146210/full#cite>
- Yu, W., Pei, R., Zhang, Y., Tu, Y., & He, B. (2023). Light regulation of secondary metabolism in fungi. *Journal of Biological Engineering*, 17(1), 57. <https://doi.org/10.1186/s13036-023-00374-4>