



Efecto de sustratos orgánicos y porcentaje de humedad en la producción de conidios de Trichoderma SPP

Effect of organic substrates and percentage of humidity on the production of conidia of Trichoderma SPP

Efeito de sustratos orgânicos e percentual de umidade na produção de conídios de Trichoderma SPP

Humberto Carlos Gorotiza Mena ^I
hgorotiza1@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0009-0002-5038>

Edwin Edison Jaramillo Aguilar ^{II}
ejaramillo@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-8241-9598>

Leonor Margarita Rivera Intriago ^{III}
lriviera@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-8241-9598>

Correspondencia: hgorotiza1@utmachala.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 30 de septiembre de 2023 * **Aceptado:** 25 de octubre de 2023 * **Publicado:** 13 de noviembre de 2023

- I. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Ecuador.
- II. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Ecuador.
- III. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Ecuador.
- IV. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

Resumen

El género de hongos filamentosos, conocido como *Trichoderma*, ha suscitado un creciente interés en la esfera de la agricultura debido a su potencial, tanto como agente de control biológico, como promotor del crecimiento de plantas. Este interés surge a raíz de la necesidad imperante de encontrar alternativas para combatir las enfermedades fúngicas, sin poner en peligro la salud humana ni el entorno ambiental. La utilización de *Trichoderma* spp. como una herramienta de control biológico ha abierto nuevas perspectivas en la agricultura ecológica. Lo más destacado de su aplicación es su capacidad para fomentar prácticas agrícolas sostenibles. Al mismo tiempo, su uso puede reducir la dependencia de pesticidas químicos, minimizando, de esta manera, los impactos ambientales asociados con su utilización. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de los sustratos orgánicos y el porcentaje de humedad en la producción de conidios de *Trichoderma* spp. Se emplearon productos agrícolas como el arroz en grano, arrocillo, el maíz en grano y el maíz molido, a diferentes porcentajes de humedad. Los resultados obtenidos demuestran que los sustratos de arroz grano entero y arrocillo a 30% de humedad obtuvieron los mejores resultados en la producción de conidios. Este enfoque prometedor puede contribuir significativamente a la agricultura sostenible y al bienestar del medio ambiente.

Palabras Clave: *Trichoderma*; Fermentación; Antagonista; Sustrato sólido.

Abstract

The genus of filamentous fungi, known as *Trichoderma*, has sparked growing interest in the agricultural sphere due to its potential, both as a biological control agent and as a plant growth promoter. This interest arises from the prevailing need to find alternatives to combat fungal diseases, without endangering human health or the environmental environment. The use of *Trichoderma* spp. As a biological control tool it has opened new perspectives in organic agriculture. The highlight of its application is its ability to promote sustainable agricultural practices. At the same time, its use can reduce dependence on chemical pesticides, thus minimizing the environmental impacts associated with its use. The objective of this research was to evaluate the effect of organic substrates and the percentage of humidity on the production of conidia of *Trichoderma* spp. Agricultural products such as grain rice, rice, grain corn and ground corn were used, at different percentages of humidity. The results obtained demonstrate that whole grain rice and rice substrates at 30% humidity obtained the best results in the production of conidia. This

promising approach can significantly contribute to sustainable agriculture and environmental well-being.

Keywords: *Trichoderma*; Fermentation; Antagonist; Solid substrate.

Resumo

O gênero de fungos filamentosos, conhecido como *Trichoderma*, tem despertado crescente interesse no âmbito agrícola devido ao seu potencial, tanto como agente de controle biológico quanto como promotor de crescimento vegetal. Este interesse surge da necessidade prevaiente de encontrar alternativas para combater doenças fúngicas, sem colocar em risco a saúde humana ou o meio ambiente. O uso de *Trichoderma* spp. Como ferramenta de controle biológico abriu novas perspectivas na agricultura orgânica. O destaque da sua aplicação é a sua capacidade de promover práticas agrícolas sustentáveis. Ao mesmo tempo, a sua utilização pode reduzir a dependência de pesticidas químicos, minimizando assim os impactos ambientais associados à sua utilização. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito de sustratos orgânicos e do percentual de umidade na produção de conídios de *Trichoderma* spp. Foram utilizados produtos agrícolas como arroz em grão, arroz, milho em grão e milho moído, em diferentes percentuais de umidade. Os resultados obtidos demonstram que o arroz integral e os sustratos de arroz com 30% de umidade obtiveram os melhores resultados na produção de conídios. Esta abordagem promissora pode contribuir significativamente para a agricultura sustentável e o bem-estar ambiental.

Palavras-chave: *Trichoderma*; Fermentação; Antagonista; Substrato sólido.

Introducción

La aplicación de *Trichoderma* como un medio de control biológico ha generado nuevas oportunidades en el ámbito de la agricultura ecológica. (Nur A & Noor A., 2020) Uno de los aspectos más atractivos del uso de *Trichoderma* en la agricultura es su potencial para fomentar prácticas agrícolas sostenibles. (Lorito, Woo, Harman, & Monte, 2010), además destaca que el uso de *Trichoderma* como agente de control biológico puede reducir la dependencia de pesticidas químicos y, por ende, minimizar los impactos ambientales asociados a su uso.

El género *Trichoderma*, que pertenece a la familia Hypocreaceae, se encuentra distribuido ampliamente en todo el mundo y se ubica en diversos hábitats como suelos, madera en descomposición y materia vegetal en descomposición. Estos hongos filamentosos muestran una

gran diversidad en sus modos de vida y en sus interacciones con otros hongos, animales y plantas. (Tyskiewicz, Nowak, Ozimek, & Jaroszuk-Ścisel, 2022)

La taxonomía de *Trichoderma* sigue siendo un área en desarrollo y la diferenciación de especies es compleja (Mesa-Vanegas, Marin, & Calle-Osorno, 2019). Desde el punto de vista morfológico, *Trichoderma* se caracteriza por tener conidióforos delgados y ramificados que se asemejan a pequeños árboles, con mechones densos en forma de anillos y ramas piramidales irregulares que terminan en esporas o conidios asexuales. Además, producen clamidosporas intercalares y terminales, así como propágulos de tres tipos: hifas, clamidosporas y conidios. Como mecanismo de resistencia, estos hongos pueden formar clamidosporas que se producen en diferentes partes del micelio, incluyendo zonas intermedias y finales del micelio. Estas clamidosporas son consideradas estructuras de supervivencia que pueden perdurar en el tiempo. (Martínez , Infante, & Peteira, 2015)

Es importante destacar que el análisis basado en la forma y estructura es propenso a errores, y aproximadamente el 50% de las clasificaciones de *Trichoderma* sp. realizadas mediante este enfoque resultan ser incorrectas. (Hernández-Fernández, Pérez, & Piñeros-Castro, 2018).

La búsqueda de estrategias alternativas para el control de enfermedades fúngicas ha sido motivada por la imperante necesidad de incrementar la productividad agrícola sin poner en peligro la salud humana ni el entorno ambiental. (MENA-BAHENA, AYVAR-SERNA, FLORES-YAÑEZ, & CATALÁN-LUCENA, 2020). Se estima que el suelo, uno de los hábitats microbianos con mayor biodiversidad en la naturaleza, contiene entre 10×10^4 y 10×10^9 de microorganismos y especies diferentes por gramo de suelo y es la base de la agricultura. Por ello, se han impulsado tecnologías amigables con el medio ambiente como el uso del control biológico (CB) como parte del manejo integrado de plagas (MIP). (Viera-Arroyo , y otros, 2020). Por lo tanto, *Trichoderma* se utiliza ampliamente como un biofertilizante en una amplia gama de cultivos agrícolas, ya sea en combinación con la aplicación de fertilizantes químicos o de manera independiente. (Andrade-Hoyos, y otros, 2023)

La importancia del género *Trichoderma* se centra en su destacada eficacia para combatir diversas enfermedades, un hecho que ha sido documentado en múltiples ocasiones. Se ha investigado específicamente su influencia en la prevención de la pudrición de las raíces, una problemática que figura entre las afecciones responsables de considerables pérdidas económicas en diversos cultivos agrícolas. (Antomarchi Obregón, Tamayo Rosales, Guerra Buenaño, Mas Diego, & Barrera

Antomarchi, 2023) A pesar de que los productos químicos siguen siendo la principal opción para enfrentar estas enfermedades, los agentes biológicos ofrecen una alternativa muy eficiente para controlar de forma más rápida y segura. (Andrade-Hoyos, y otros, 2019)

Las propiedades antagonistas de *Trichoderma* contra los hongos patógenos se fundamentan en la activación de una serie de mecanismos diversos. Estos incluyen la competencia por recursos como nutrientes y espacio, el micoparasitismo, la producción de sustancias antibióticas, la promoción del crecimiento de las plantas hospedantes y la inducción de respuestas de defensa en las mismas. En el proceso de micoparasitismo, *Trichoderma* secreta enzimas que descomponen la pared celular de los hongos que parasita, destacándose entre ellas las proteasas, las quitinasas y las glucanasas. Esta acción provoca la retracción de la membrana plasmática y la desorganización del citoplasma en los hongos afectados. Además, *Trichoderma* inhibe la germinación de esporas y la elongación del tubo germinativo de los hongos patógenos. (Hernández-Melchor, Ferrera-Cerrato, & Alarcón, 2019)

La producción de *Trichoderma* se puede llevar a cabo de dos maneras: mediante la fermentación sumergida (en líquido) o mediante la fermentación en estado sólido. Ambos métodos tienen sus ventajas y desventajas, pero los procesos sumergidos son más sencillos de manejar y automatizar. En la mayoría de las fermentaciones líquidas, la concentración del sustrato se sitúa generalmente dentro de un intervalo que va desde un 0,5% hasta un 6%. Esta concentración específica depende de factores como la densidad del sustrato y las posibles complicaciones reológicas que puedan surgir. (Chávez-García, y otros, 2008)

Los cultivos sumergidos de *Trichoderma* spp. se han realizado utilizando el medio Czapek Dox o sus variantes con concentraciones variables de sacarosa (10-30 g/L), así como fuentes de sacarosa como la melaza, y la adición ocasional de extracto de levadura/peptona extra (1-5 g/L). Estos cultivos han logrado alcanzar concentraciones de peso seco de biomasa de *Trichoderma* spp. que oscilan entre 2 y 15 g/L en un período de cultivo de 4 a 7 días. Mientras que el extracto de malta es común en otros tipos de cultivos, su aplicación en cultivos sumergidos de *Trichoderma* spp. ha sido poco frecuente hasta la fecha.

El presente trabajo de investigación se plantea como objetivo evaluar el efecto de los sustratos orgánicos y el porcentaje de humedad en la producción de conidios de *Trichoderma* spp.

Metodología

1. Selección de Sustratos Orgánicos

- Se seleccionaron cuatro sustratos orgánicos comunes: arroz en grano, arrocillo, maíz en grano y maíz partido
- Se adquirieron los sustratos de proveedores locales y se almacenaron en condiciones adecuadas hasta su uso.



2. Preparación de Sustratos Orgánicos

- Se colocaron los diferentes tratamientos en bolsitas plásticas con 100 gramos cada una, se trabajó en cámara de flujo.
- Los sustratos se enfriaron a temperatura ambiente antes de su uso.
- Cada sustrato fue sometido a un proceso de esterilización mediante, autoclave a 121°C durante 20 minutos.



3. Diseño Experimental

- Se llevó a cabo un diseño completamente al azar (DCA) con 3 repeticiones por tratamiento.
- Cada tratamiento consistió en la combinación de un sustrato orgánico específico y un porcentaje de humedad determinado

Tabla 1

Descripción de los diferentes tratamientos y los porcentajes de humedad

TRATAMIENTOS

	Arroz grano	Arrocillo	Maíz grano	Maíz molido
T1	10%			

T2		10%	
T3			10%
T4			10%
T5	20%		
T6		20%	
T7			20%
T8			20%
T9	30%		
T10		30%	
T11			30%
T12			30%

4. Preparación de *Trichoderma* spp.

- El cultivo de *Trichoderma* spp. se mantuvo en placas de agar PDA (papa-dextrosa-agar) a 25°C en incubadora durante 7 días para obtener colonias puras.
- Se prepararon suspensiones de esporas de *Trichoderma* spp. mediante la siembra de colonias en frascos de vidrio esterilizados en un medio de cultivo líquido a base de melaza y agua destilada en relación 1:4.



5. Inoculación de Sustratos

- Se inoculó cada sustrato con los diferentes niveles de humedad, con la suspensión de esporas de *Trichoderma* spp., se aseguró una distribución uniforme.

6. Condiciones de Cultivo

- Los sustratos se mantuvieron en condiciones controladas de temperatura 25°C y fotoperíodo 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad.



7. Variables a medir

- Las variables a medir incluyeron la cantidad de conidios producidos a diferentes porcentajes de humedad.
- Los tratamientos se evaluaron a los 21 días después de la inoculación, para determinar la producción de conidios de *Trichoderma* spp.
- Los sustratos con *Trichoderma* se homogenizaron y se extrajo un gramo y se lo disolvió en 100 ml de agua destilada, utilizando el agitador magnético.
- Los conidios se contabilizaron mediante la utilización de la cámara de Neubauer, en microscopio óptico.

8. Análisis Estadístico

- En cuanto al análisis estadístico de los datos, se optó por utilizar la prueba de Kruskal-Wallis, estadística no paramétrica, con el fin de realizar comparaciones entre las medianas de los diferentes tratamientos. Esta elección se fundamentó ya que los datos no cumplían los supuestos de normalidad en la distribución de los datos y homogeneidad en la varianza. La prueba de Kruskal Wallis es una alternativa no paramétrica al test de ANOVA para datos no pareados, que emplea rangos para comparar la hipótesis de las muestras obtenidas de una misma población.
- Se utilizó un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para todas las pruebas estadísticas.

9. Software Estadístico

- Se utilizó el software Infostat para llevar a cabo los análisis estadísticos.

Resultados y discusión

Al analizar la producción de conidios de *Trichoderma* en diversos sustratos sólidos y a diferentes porcentajes de humedad, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tratamientos, como se detalla en la Tabla 1. En términos generales, el hongo demostró la capacidad de producir conidios en todos los tratamientos estudiados. No obstante, se destacaron de manera significativa los tratamientos 9 y 10, que utilizaron como sustrato el arroz y arrocillo, ya que arrojaron valores notables de producción de conidios, alcanzando 1.2×10^7 y 1.1×10^7 conidios por gramo de sustrato. Por otro lado, el valor más bajo en la producción de conidios se observó en el tratamiento número 2 con una producción de 5.4×10^5 .

En un contexto de producción artesanal, los hongos entomopatógenos cultivados sobre sustrato de arroz en bolsas plásticas han logrado obtener notables rendimientos que se sitúan en el rango de 10^{10} conidios por gramo de sustrato. No obstante, en la mayoría de las especies de hongos entomopatógenos, los valores más habituales de producción oscilan alrededor de 10^9 conidios por gramo de sustrato. Estos resultados resaltan la efectividad y el potencial de este método de cultivo, lo cual puede resultar en una producción considerable de conidios y, por consiguiente, en un aumento en la disponibilidad de agentes de control biológico para su implementación en el manejo de plagas agrícolas. (Sahayaraj & Karthick, 2008)

Tabla 2

Concentración de esporas en sustratos sólidos evaluados a diferente porcentaje de humedad.

TRATAMIENTO	% HUMEDAD	CONCENTRACIÓN DE ESPORAS
T 10	30 %	1.2×10^7
T 9	30 %	1.1×10^7
T 6	20 %	6.3×10^6
T 11	30 %	4.4×10^6
T 12	30 %	2.9×10^6
T 5	20 %	2.2×10^6
T 8	20 %	2.0×10^6
T 7	20 %	1.4×10^6
T 4	10 %	7.3×10^5

T 1	10 %	6.8×10^5
T 3	10 %	5.8×10^5
T 2	10 %	5.4×10^5

Mediante el análisis de varianza, prueba de Kruskal – wallis, se puede observar que el p-valor de los tratamientos, los valores resultaron ser inferiores al nivel de significancia 5 %, por lo que existen diferencias estadísticas significativas en al menos un tratamiento. La variable producción de conidios presento el mayor valor en el tratamiento T10 y T9 con 1.2×10^7 y 1.1×10^7 respectivamente; el valor mínimo se encontró en el T2 con 5.4×10^5 , como se observa en la Tabla 3.

El arroz y arrocillo se destacan como los sustratos de preferencia en la producción a gran escala de hongos entomopatógenos debido a su capacidad para mantener las condiciones físicas ideales. Ofrece una superficie efectiva adecuada para el crecimiento micelial, un equilibrio nutricional apropiado y condiciones específicas que se ajustan a los requisitos del aislamiento, incluyendo una óptima aireación y un contenido de humedad adecuado. (Bhana Prakash, Padmaja, & Siva Kiran, 2008)

Tabla 3.

Prueba estadística

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	TRATAMIENTO	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
PROMEDIO	T1	3	683333,33	300347,02	700000,00	32,29	0,0007
PROMEDIO	T10	3	12158333,33	2200047,35	11200000,00		
PROMEDIO	T11	3	4383333,33	2508028,77	3075000,00		
PROMEDIO	T12	3	2866666,67	493288,29	3100000,00		
PROMEDIO	T2	3	541666,67	146486,63	600000,00		
PROMEDIO	T3	3	583333,33	212622,51	575000,00		
PROMEDIO	T4	3	725000,00	241091,27	625000,00		
PROMEDIO	T5	3	2233333,33	1287034,71	1825000,00		
PROMEDIO	T6	3	6266666,67	1307749,34	5575000,00		
PROMEDIO	T7	3	1383333,33	582201,28	1125000,00		
PROMEDIO	T8	3	2008333,33	246644,14	2125000,00		
PROMEDIO	T9	3	10891666,67	1473586,89	11100000,00		

Trat.	Ranks
T2	5,33 A
T3	5,67 A
T1	7,50 A B
T4	8,00 A B C
T7	14,50 A B C D
T8	18,33 A B C D E
T5	19,33 A B C D E
T12	23,33 B C D E
T11	24,67 C D E
T6	28,33 D E
T9	33,00 E
T10	34,00 E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Referencias

- Abdullah, N. S., Doni, F., Mispan, M. S., Saiman, M. Z., Yusuf, Y. M., Oke, M. A., & Mohd Suhaimi, N. S. (2021). Harnessing *Trichoderma* in Agriculture for Productivity and Sustainability. *Agronomy*, 2559.
- Agamez Ramos, E. Y., Zapata Navarro, R. I., Oviedo Zumaqué, L. E., & Barrera Violeth, J. L. (2008). Evaluación de sustratos y procesos de fermentación sólida para la producción de esporas de *Trichoderma* sp. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 10(2), 23-34.
- Andrade-Hoyos, P., Luna-Cruz, A., Osorio-Hernández, E., Molina-Gayosso, E., Landero-Valenzuela, N., & Barrales-Cureño, H. J. (2019). Antagonismo de *Trichoderma* spp. vs hongos asociados a la marchitez de chile. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(6), 1259-1268.
- Andrade-Hoyos, P., Rivera-Jimenez, M. N., Landero-Valenzuela, N., Silva-Rojas, H. V., Martínez-Salgado, S. J., & Romero-Arenas, O. (2023). Beneficios ecológicos y biológicos del hongo cosmopolita *Trichoderma* spp. en la agricultura: una perspectiva en el campo mexicano. *Revista Argentina de Microbiología*, 1-12.

- Antomarchi Obregón, Y., Tamayo Rosales, E., Guerra Buenaño, J. L., Mas Diego, S. M., & Barrera Antomarchi, A. L. (2023). Producción de hongo *Trichoderma Harzianum* A-34 en sustratos sólidos alternativos. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(1), 259-267.
- Argumedo-Delira, R., Alarcón, A., Ferrera-Cerrato, R., & Peña-Cabriales, J. (2009). EL GÉNERO FÚNGICO *Trichoderma* Y SU RELACIÓN CON CONTAMINANTES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 25(4), 257-269.
- Bae, H., Sicher, R. C., Moon S, K., Soo-Hyung, K., Strem, M. D., Melnick, R. L., & Bailey, B. A. (2009). El beneficioso aislado de endófito *Trichoderma hamatum* DIS 219b promueve el crecimiento y retrasa el inicio de la respuesta a la sequía en *Theobroma cacao*. *Journal of Experimental Botany*, 60(11), 3279-3295.
- Bhana Prakash, G., Padmaja, V., & Siva Kiran, R. (2008). Statistical optimization of process variables for the large-scale production of *Metarhizium anisopliae*. *Bioresource Technology*, 99(6), 1530-1537.
- Chávez-García, M., Montaña-Lara, J. S., Martínez-Salgado, M. M., Mercado-Reyes, M., Rodríguez, M. X., & Quevedo-Hidalgo, B. (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.
- Chowdhury, S., Uhl, J., Grosch, R., & Alqueres, S. (2015). Impacto de bacterias beneficiosas para las plantas seleccionadas derivadas del metagenoma en la promoción del crecimiento y la supresión de enfermedades en las plantas. *Fitopatología*, 1499-1506.
- García, R., Durán, M. A., & Riera, R. (2006). PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE *TRICHODERMA HARZIANUM* POR FERMENTACIÓN LÍQUIDA. *Fitosanidad*, 10(4), 295-298.
- Harman, G. (1971). Interacción hifal entre *Trichoderma viride* y *Rhizoctonia solani*: ultraestructura y papel de las enzimas hidrolíticas. *Fitopatología*, 1018-1021.
- Harman, G., Howell, C., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). Especies de *Trichoderma*: Plantas simbiotas oportunistas y Avirulentas. *Nature Reviews Microbiology*, 2(1), 43-56.

- Hernández-Fernández, J., Pérez, E. E., & Piñeros-Castro, Y. (2018). Identificación y evaluación de actividad celulolítica en aislamientos nativos de *Trichoderma* spp obtenidos de biomasa de palma de aceite. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 20(1), 59-67.
- 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.
- Hölker, U., Höfer, M., & Lenz, J. (2004). Biotechnological advantages of laboratory-scale solid-state fermentation with fungi. *Appl Microbiol Biotechnol*, 64(2), 75-86.
- Lorito, M., Woo, S., Harman, G., & Monte, E. (2010). Investigación Traslacional sobre *Trichoderma*: de la Ómina al campo. *Revisión anual de Fitopatología*, 395-417.
- Martínez, B., Infante, D., & Peteira, B. (2015). Taxonomía polifásica y variabilidad en el género *Trichoderma*. *Revista Protección Vegetal*, 11-22.
- MENA-BAHENA, A., AYVAR-SERNA, S., FLORES-YAÑEZ, J. A., & CATALÁN-LUCENA, E. (2020). Efectividad biológica de *Trichoderma* spp., contra *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*. *Foro de Estudios sobre Guerrero*, 7(1), 30-37.
- Mesa-Vanegas, A. M., Marin, A., & Calle-Osorno, J. (2019). Metabolitos secundarios en *Trichoderma* spp. y sus aplicaciones biotecnológicas agrícolas. *Actualidades Biológicas*, 41(111), 32-44.
- Nur A, Z., & Noor A., B. (2020). Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2), 168-178.
- Pineda-Insuasti, J. A., Benavides-Sotelo, E. N., Duarte-Trujillo, A. S., Burgos-Rada, C. A., Soto-Arroyave, C. P., Pineda-Soto, C. A., . . . Álvarez-Ramos, S. E. (2017). Producción de biopreparados de *Trichoderma* spp: una revisión. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar.*, 51(1), 47-52.
- Rifai, M. (1969). Una revisión del género *Trichoderma*. . *Documentos Micológicos*, 1-56.
- Rimkus, A., Namina, A., Dzierkale, M. T., Grigs, O., Senkovs, M., & Larsson, S. (2023). Impact of Growth Conditions on the Viability of *Trichoderma asperellum* during Storage. *Microorganisms*, 11, 1084.
- Rubio, M. B., Monti, M. M., Gualtieri, L., Ruocco, M., Hermosa, R., & Monte, E. (2023). *Trichoderma harzianum* Volatile Organic Compounds Regulated by the THCTF1

- Transcription Factor Are Involved in Antifungal Activity and Beneficial Plant Responses. *Journal of Fungi*, 9(6), 654.
- Sahayaraj, K., & Karthick, S. (2008). Mass production of entomopathogenic fungi using agricultural products and byproducts. *African Journal Biotechnology*, 7(12), 1907-1910.
- Shoresh, M., Harman, G., & Mastouri, F. (2010). Resistencia sistémica inducida y respuestas de plantas a agentes de control biológico de hongos. *Revisión Anual de Fitopatología*, 21-43.
- Tyskiewicz, R., Nowak, A., Ozimek, E., & Jaroszuk-Ścisel, J. (2022). Trichoderma: The Current Status of Its Application in Agriculture for the Biocontrol of Fungal Phytopathogens and Stimulation of Plant Growth. *International Journal of Molecular Sciences*, 2329.
- Viera-Arroyo , W., Tello-Torres , C., Martínez-Salinas , A., Navia-Santillán , D., Medina-Rivera , L., Delgado-Párraga , A., . . . Jackson , T. (2020). Control Biológico: Una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 128-149.
- Vinale, F., Sivasithamparam, k., Ghisalberti, E., Marra, R., Barbetti, M., Li, H., & Lorito, M. (2008). Un papel novedoso para los metabolitos secundarios de Trichoderma en las interacciones con las plantas. *Patología Vegetal*, 80-86.

© 2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).