

Formulación a base de *Trichoderma* sp. Cepa FRACIII, evaluación de la viabilidad y concentración de Conidios

Formulation based on *Trichoderma* sp. Strain FRACIII, evaluation of conidial viability and concentration

Rodríguez Zamora ¹, Markelyn ^{1*}
Chávez López ², Frank Alexander ²
Romero ³, Santos David ³
Martinuz ⁴, Alfonso ⁴
Morán-Centeno ⁵, Juan Carlos ⁵

^{1,2,3,5} Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua

⁴Investigador independiente

¹ Markelyn.Rodriguez@ci.una.edu.ni

 <https://orcid.org/0000-0001-6826-1897>

² frankchalop@outlook.com

 <https://orcid.org/0009-0007-5089-7935>

³ Santosr@ci.una.edu.ni

 <https://orcid.org/0009-0003-5807-5988>

⁴ Alfonso.MartinuzGuerrero@fao.org

 <https://orcid.org/0000-0002-3311-6646>

⁵ juan.moran@ci.una.edu.ni

 <https://orcid.org/0000-0001-6135-7271>

Recibido/received: 17/02/2025 Corregido/revised: 20/04/2025 Aceptado/accepted: 25/05/2025

Resumen: El uso de hongos antagonistas como alternativa a los agroquímicos en el control de plagas es una estrategia clave para una agricultura sostenible. En este estudio, se evaluó la viabilidad y concentración de conidios de *Trichoderma* sp. cepa FRAIII en formulaciones de polvo mojable con diferentes materiales inertes. Se utilizaron Costa Lite, harina de trigo y silicato de calcio, empleando arroz como control. La viabilidad y concentración de conidios fueron superiores en las formulaciones con Costa Lite, seguidas por harina y silicato de calcio. En contraste, en el arroz la viabilidad disminuyó en un 20.87 % entre cada evaluación. Los resultados sugieren que Costa Lite es un material adecuado para mantener la estabilidad de *Trichoderma* sp., lo que podría mejorar la eficiencia de los bioplaguicidas en sistemas agrícolas.

Palabras clave: Viabilidad de conidios; formulaciones de bioplaguicidas; hongos antagonistas; bioinsumos

* Autor de correspondencia

Correo: Markelyn.rodriguez@ci.una.edu.ni



Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-SinDerivar 4.0

Abstract: The use of antagonistic fungi as an alternative to agrochemicals for pest control is a key strategy for sustainable agriculture. In this study, the viability and conidial concentration of *Trichoderma* sp. strain FRAIII were evaluated in wettable powder formulations using different inert materials. Diatomaceous earth, wheat flour, and calcium silicate were used, with rice serving as the control. Viability and conidial concentration were highest in the formulations with diatomaceous earth, followed by wheat flour and calcium silicate. In contrast, viability in the rice-based formulation decreased by 20.87% between each evaluation. The results suggest that diatomaceous earth is a suitable carrier material for maintaining the stability of *Trichoderma* sp., potentially enhancing the effectiveness of biopesticides in agricultural systems.

Keywords: Conidial viability; biopesticide formulations; antagonistic fungi; biological inputs

Introducción

El uso excesivo de agroquímicos ha generado impactos negativos en los agroecosistemas, afectando la microbiota del suelo y la sostenibilidad de la producción agrícola. Estudio efectuado por Pathak *et al.*, (2022), destaca que la utilización de pesticidas organofosforado, carbamatos, piretroides y organoclorados son empleado en mayor frecuencia en los procesos productivos, teniendo consecuencias negativas en el ambiente y la salud humana; esto mismo es resaltado por Yao *et al.*, (2023), quienes mencionan que el usos de pesticida incrementa la resistencia de los patógenos, reduce la vida del suelo, contamina el ambiente, teniendo un impacto directo en la seguridad alimentaria y nutricional (Arora y Sahni, 2016).

Los sistemas de producción agropecuario se sustentan en el uso de estas sustancias químicas, para asegurar su productividad, reduciendo la biodiversidad, la mineralización del carbono y nitrógeno (Arora y Sahni, 2016). Esto conlleva a cambiar el paradigma productivo en el manejo de plagas y enfermedades, empleando microorganismos como son los hongos antagonistas aprovechando su capacidad para promover el crecimiento vegetal y controlar fitopatógenos (Zhou *et al.*, 2024; Zin y Badaluddin, 2020).

Ante esta problemática, existe una creciente demanda por desarrollar alternativas de manejo más sostenibles y respetuosas con el ambiente. En este contexto, los hongos del género *Trichoderma* han surgido como una opción promisoria para la sustitución de los insumos convencionales en los sistemas agrícolas (Monteiro *et al.*, 2015; Vinale *et al.*, 2008). El género *Trichoderma*, se caracteriza por ser organismo endofítico, capaz de colonizar el interior de las plantas sin causar daño (Harman *et al.*, 2004; France y Urtubia, 2007). Además, presentan la capacidad de solubilizar fosfatos y promover el crecimiento radicular y foliar de las plantas (Amaro-Leal *et al.*, 2016; Masunaka *et al.*, 2011). Estas cualidades les confieren un gran potencial como agentes de control biológico y promotores del crecimiento vegetal, lo que los convierte en una alternativa sostenible a los agroquímicos convencionales (Bae *et al.*, 2016; Howell, 2003; Shores *et al.*, 2010).

La formulación de bioplaguicidas a base de microorganismos permite mejorar la resiliencia y sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos (Bettoli *et al.*, 2014; Woo *et al.*, 2014). Sin embargo, uno de los principales retos en el desarrollo de estos bioinsumos es garantizar la estabilidad y viabilidad de los conidios (estructuras de reproducción asexual) durante el almacenamiento. Diversos estudios han demostrado que la selección adecuada de materiales inertes puede proteger a los conidios y mantener su actividad biológica a lo largo del tiempo (France y Urtubia, 2007; Naeimi *et al.*, 2020; Viera *et al.*, 2018). Esto es fundamental para asegurar la eficacia y la vida útil de los productos formulados, lo cual representa un desafío clave en el desarrollo de bioplaguicidas.

En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar el desarrollo de formulaciones a base de polvos mojables empleando *Trichoderma*, cepa FRAIII, utilizando diversos materiales inertes, sobre la viabilidad y concentración de los conidios durante el almacenamiento. Los resultados de esta investigación contribuirán al desarrollo de Bioinsumos más estables y efectivos, que puedan ser utilizados como una alternativa sostenible al uso de agroquímicos convencionales en los sistemas agrícolas.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el laboratorio de bioplaguicidas de la Universidad Nacional Agraria, ubicado en el km 12 ½ de la Carretera Norte, Managua, Nicaragua en las coordenadas 12°08'52" latitud Norte y 86°09'41" longitud Oeste.

Se efectuó un estudio experimental, prospectiva, longitudinal, se estableció un diseño completo al azar con arreglo factorial. Se evaluó los materiales inertes sobre la viabilidad y concentración de los conidios a través del tiempo. se consideró dos factores, el factor A: materiales inertes Costa Lite, harina de trigo, silicato de calcio y sustrato orgánico de arroz. Factor B: fechas de evaluación 30, 60, 90, 120, 150 y 180 días, con seis réplicas por tratamiento y para un total de 24 tratamientos.

Material biológico. El hongo utilizado fue *Trichoderma* spp cepa FRAIII proveniente del municipio de Ticuantepe- comunidad Francia III, con coordenadas 12° 01' latitud norte y 86° 12' longitud oeste a 600 metros sobre el nivel del mar. Preservada en sílica gel a una temperatura de 4 °C, en el cepario del laboratorio de bioplaguicidas, de la Universidad Nacional Agraria.

Reproducción del Inoculo. La cepa de *Trichoderma* spp cepa FRAIII, fue sembrado en platos Petri conteniendo el medio nutritivo PDA (papa dextrosa agar), luego de ser inoculados se dejaron a una temperatura de 24 °C a 28 °C por siete días. Una vez obtenido el cultivo puro se procedió a preparar una matriz líquida del hongo en un medio nutritivo a base de leche de soya en polvo, sacarosa y una fuente nutritiva a base de Nitrógeno. Estas matrices se sometieron a la autoclave a 121 °C y 1.5 bar de presión durante 15 minutos, se dejaron enfriar y se inocularon con conidios de *Trichoderma*, cepa FRAIII. Las matrices inoculadas se colocaron en agitación constante dentro de un agitador orbital horizontal a 120 revoluciones por minuto (rpm) durante 72 horas para la obtención de blastosporas.



Los conidios obtenidos se inocularon en un sustrato sólido a base de granos enteros de arroz precocido, en bolsas de polietileno de 400 gramos. Este sustrato se incubó con luz blanca durante un periodo de 72 horas. Posteriormente, se vertieron en bandejas plásticas y se sellaron con plástico (polietileno), negro durante 72 horas para que funcionaran como cámara de humedad, de esta manera se favorece la multiplicación de las esporas. Finalmente, se descubrieron y se dejaron secar durante un periodo de 144 horas. Los conidios se recolectaron mediante frotación usando un tamiz de 0.42 micras para su posterior formulación (Monzón, 2001).

Concentración de conidios por gramo formulado

Se colocó un gramo del hongo formulado en un tubo de ensayo con 9 ml de agua destilada estéril, preparando la primera dilución. Posteriormente, se procedió a preparar las siguientes diluciones en serie: 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} . Se depositaron 10 μl de la dilución 10^{-4} en la cámara de Neubauer, utilizando una micropipeta, y se dejó en reposo durante unos minutos. Para el conteo de los conidios, se utilizaron los cuadros secundarios con cinco réplicas por tratamiento. Para la evaluación de la concentración (número de esporas por gramo de sustrato), se utilizó la ecuación 1 descrita por Monzón (2001):

$$\text{Concentración (ml)} = \text{Número de conidios} * \text{Factor de cámara} * \text{Factor de dilución} \quad (1)$$

Para el ajuste de la solución a la concentración deseada se empleó la fórmula empleada por Lecuona (1996).

$$V_i = \frac{CF * VF}{CI} \quad (2)$$

Donde:

V_i = Volumen inicial

CF = Concentración final

VF = Volumen final

CI = Concentración inicial

Preparación de formulaciones

Se determinó la cantidad de gramos de hongo cosechado (gramos de polvo) necesarios para alcanzar la dosis de campo, la que es equivalente a 1×10^{12} conidios por hectárea, dicha cantidad es la que se utilizó para la formulación, empleando la ecuación 3:

$$\text{Rendimiento neto} = \text{Conidios observados} * \text{Porcentaje de viabilidad} \quad (3)$$

Para obtener la dosis a utilizar a una concentración de 1×10^{12} se partió de la concentración neta, mediante la ecuación 4:

$$\text{Concentración} = 1 \text{ g de hongo cosechado} * 1 \times 10^{12} \quad (4)$$

La proporción de ingrediente activo fue de 8 gramos de conidios de *Trichoderma* por producto formulado, lo que representaba el 3.2 % del peso de la formulación.

Las formulaciones se prepararon en un recipiente plástico con una capacidad de 1,000 gramos, pesado en una balanza digital. Una vez pesados los ingredientes, los conidios del hongo junto con el material inerte fueron depositados en un recipiente plástico, donde se mezclaron hasta homogenizarse. Posteriormente, fueron vertidas en bolsas de papel con forro de aluminio, con dimensiones de 10 × 17 cm, selladas herméticamente a 112 °C. La concentración de las formulaciones Costa Lite, harina de trigo, silicato de calcio y hongo en sustrato a base de granos enteros de arroz fue de 1×10^{12} conidios en 250 gramos, con una viabilidad del 100 % para todos los materiales inertes.

Para este ensayo se emplearon un total de 24 bolsas de papel recubierta en su interior de aluminio como envase del producto, la cuales contenían 250 g de producto formulado, selladas herméticamente, almacenándose a temperatura ambiente de 28 °C. Se definieron seis repeticiones por tratamiento, en donde se efectuaron la lectura de viabilidad y concentración por seis meses de evaluación que duro el estudio.

Viabilidad de conidios

Se determinó mediante la evaluación de la germinación de los conidios por el método de diluciones seriadas que consistió en depositar un gramo del hongo cosechado en un tubo de ensayo con 9 ml de agua destilada estéril, en diluciones en serie $10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}$. Posteriormente, se tomó una alícuota de 5 μ l de la suspensión de *Trichoderma* spp cepa FRAIII y se depositó en cajas de Petri de 90 mm, que contenían el medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA) esterilizado. Realizando la primera lectura a las 16 horas. El porcentaje de germinación se calculó empleando la ecuación 5 (French & Hebert, 1982).

$$\text{Conidios germinadas \%} = \frac{\text{No.de conidios germinadas}}{\text{No.de conidios totales}} \times 100 \quad (5)$$

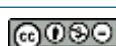
Variables evaluadas

Se evaluaron dos variables de interés, la viabilidad de conidios y la concentración de conidios/g de *Trichoderma* spp cepa FRAIII.

Análisis de datos

Se comprobó estadísticamente el ajuste de las variables a los supuestos de normalidad, con el estadístico de Shapiro-Wilk y la prueba Levene, respectivamente para aplicar estadística paramétrica.

se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$, y separación de medias mediante la prueba de Tukey ($p= 0.05$). Así mismo, se aplicó regresiones lineales,



considerando los materiales inertes y fechas de evaluación como variables independientes y la viabilidad del hongo como variable dependiente con un nivel de significancia de ($P<0.0001$).

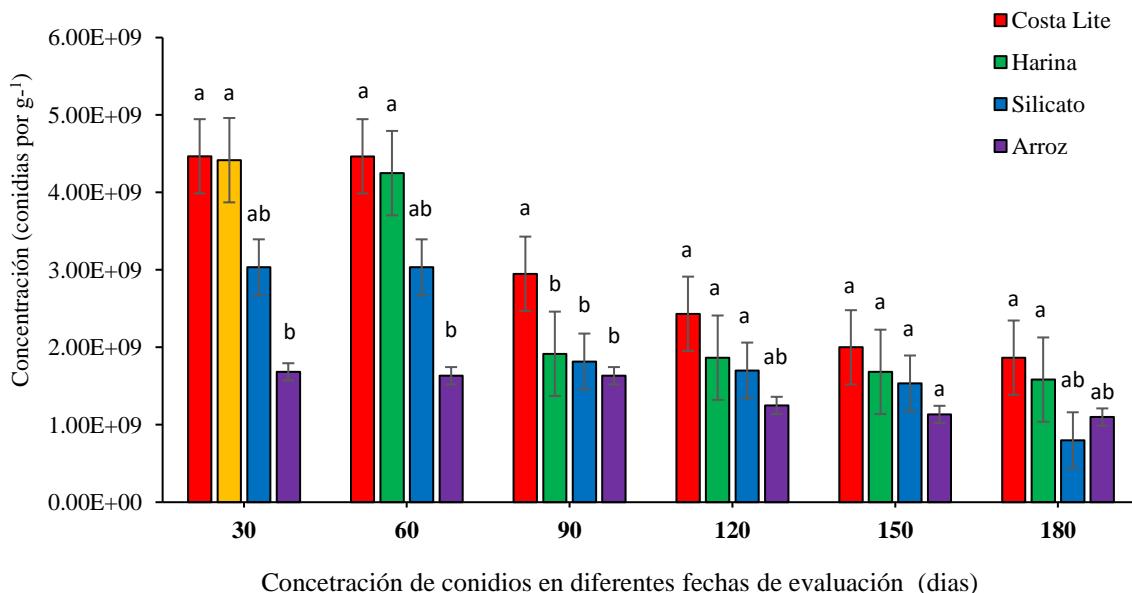
Resultados y discusión

Concentración de conidios de *Trichoderma spp* cepa FRAIII

El análisis de varianza mostró diferencias significativas en la concentración de los conidios con el material inerte Costa Lite donde los porcentajes de concentración oscilaron entre 4.47E+09 y 1.87E+09 por gramo durante los seis meses. esto indicó que a medida que transcurre el tiempo la viabilidad y concentración de los conidios disminuye (figura 1). Estudio efectuado por Losic *et al.* (2018), evidencian que las tierras de diatomeas consisten en fitoplancton fosilizado lo que favorece la unión de los conidios y aumenta su virulencia y viabilidad en el tiempo. Así mismo, Herrera *et al.* (2020) publicaron que las formulaciones a base de productos vegetales reducen su viabilidad a lo largo del tiempo.

Figura 1.

Concentración de conidios de *Trichoderma spp* cepa FRAIII en diferentes fechas y materiales inertes evaluados.



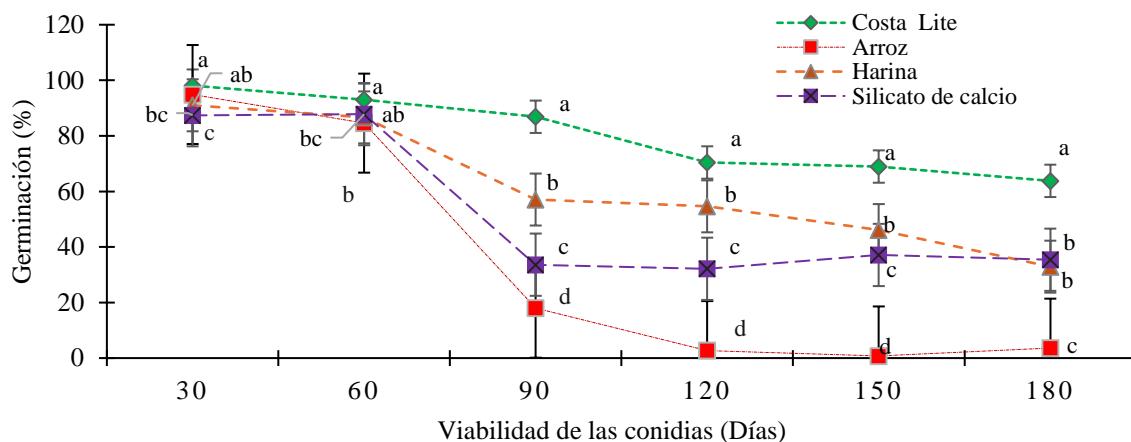
Prueba de viabilidad de conidios de *Trichoderma spp* cepa FRAIII

La viabilidad de los conidios de *Trichoderma spp* cepa FRAIII fue superior, en todas las fechas de muestreos cuando se empleó Costa Lite, siendo el tratamiento a base de Costa Lite quien sobresalió

en todas las fechas de evaluación, lo que demuestra que este material inerte es adecuado para mantener viables los conidios del hongo, sin embargo, los sustratos a base de arroz, Harina y Silicato de Calcio la viabilidad se reduce significativamente después de los 60 días de almacenamiento del hongo (figura 2).

Figura 2.

*Prueba de germinación de conidios de *Trichoderma spp* cepa FRAIII en diferentes fechas y diferentes materiales inertes durante seis meses de evaluación.*

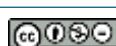


Los conidios de *Trichoderma spp* cepa FRAIII presentaron mayor estabilidad en el tiempo comparado con el sustrato a base de arroz donde está expuesto directamente a luz ultravioleta y degradación de los componentes del grano en el tiempo. Espinoza y Vallejos (2016), demostraron que la viabilidad de los conidios disminuye a medida que transcurre el tiempo cuando se emplea harina de trigo, en el caso de *Beauveria bassiana*. Bettoli, (2014), y Alcántara, (2019) indican que se deben cumplir diversos parámetros para obtener una buena formulación, sin afectar la actividad biológica del hongo y proteger la integridad física de los conidios. Las formulaciones deben garantizar el menor contenido posible de humedad, lo cual se obtuvo con Costa Lite, publicado por Viera *et al.* (2018), quienes mencionan que este material proporciona estabilidad para los conidios.

*Prueba de viabilidad de conidios de *Trichoderma spp* cepa FRAIII realizado en un periodo de seis meses en sustrato de arroz.*

Mediante el análisis de regresión lineal, se encontró que el porcentaje de germinación de los conidios es inversamente proporcional al tiempo de almacenamiento, esto demuestra que la viabilidad

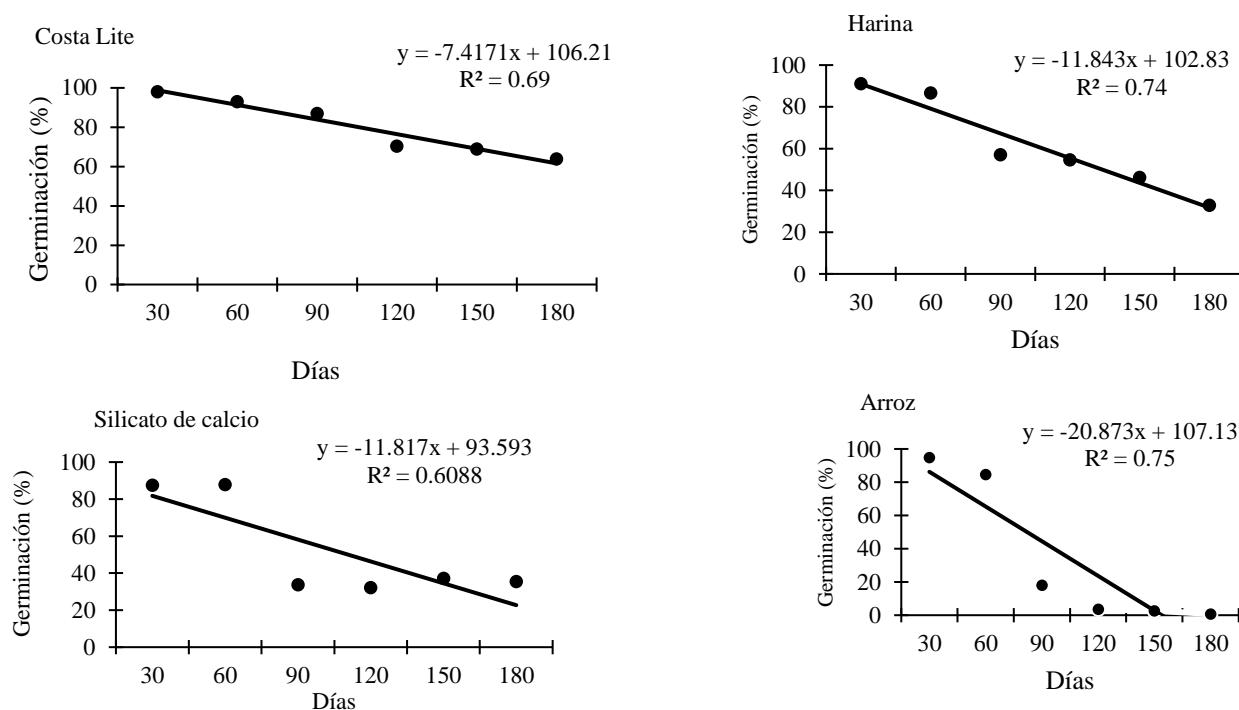
disminuye a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento en los diferentes materiales inertes empleados. En el caso de Costa Lite el modelo de regresión indica que a medida que transcurre el tiempo el porcentaje de germinación disminuye constantemente en un 7.41 % en cada muestreo efectuado. En el caso de la haría y Silicato de calcio la germinación disminuye en un 11.84 % y 11.81



% respectivamente, siendo el arroz en donde la germinación disminuye en un 20.87 %. Estos resultados demuestran que los productos biológicos formulados tienden a disminuir con el transcurrir del tiempo en almacenamiento. Por lo tanto, los productos no formulados tienden a perder viabilidad y concentración de una manera más rápida (figura 3).

Figura 3.

*Prueba de viabilidad de conidios de *Trichoderma* spp cepa FRAIII realizado en un periodo de seis meses en sustrato de arroz.*



Estudio efectuado por Alcántara (2019) afirma que un material inerte es adecuado para la formulación, al proteger los conidios de las condiciones ambientales durante un período prolongado de tiempo en almacenamiento, asegurando su viabilidad. Por otro lado, Ortiz-Catón *et al.* (2011) destacan la importancia de mantener la viabilidad y virulencia de los conidios para que se establezcan rápidamente en el lugar de aplicación, promoviendo así una epizootia. Según estos resultados, se puede considerar que el material inerte Costa lite es idóneo para la formulación de hongos benéficos en presentación de polvo mojable.

Conclusiones

La viabilidad de los conidios de *Trichoderma* spp cepa FRAIII fue superior, en todas las fechas de muestreos cuando se empleó Costa Lite, seguido por Harina y Silicato de Calcio, teniendo un comportamiento similar las concentraciones de conidios en los materiales evaluado mencionados

anteriormente. Se encontró que en arroz la viabilidad disminuye en un 20.87 % entre cada fecha de evaluación. Por lo cual se recomienda formular *Trichoderma* spp cepa FRAIII, empleando Costa Lite, para mantener su viabilidad, y poder almacenarse por un periodo prolongado de tiempo, para su aplicación en Campo.

Contribuciones de los autores

Rodríguez Zamora Markelyn: conceptualización, investigación, metodología, validación, supervisión, redacción, revisión y edición del manuscrito original. Chávez López Frank Alexander: Investigación y metodología, redacción del manuscrito original; Romero Santos David: conceptualización, investigación, curación de datos, metodología, supervisión, Revisión del manuscrito original. Martinuz Alfonso: conceptualización, redacción del manuscrito original; Morán Centeno Juan Carlos: Análisis de datos, Revisión y redacción del manuscrito original.

Declaración de intereses contrapuestos

Los autores declaran que no tienen intereses financieros en conflicto ni relaciones personales conocidas que pudieran haber influido en el trabajo presentado en este artículo.

Disponibilidad de datos

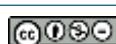
Los conjuntos de datos generados y/o analizados durante el estudio actual están disponibles del autor correspondiente a solicitud razonable.

Agradecimientos y financiamiento

Los autores agradecen por el apoyo a la investigación a la Universidad Nacional Agraria por los fondos facilitados por la Dirección de Ciencias Agrícolas

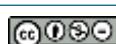
Referencias

- Alcantara, Y. M. L. (2019). Producción y formulación de *Trichoderma asperellum* para el manejo de patógenos de la raíz de caña de azúcar (Tesis de maestría). Universidad Autónoma del Estado de Morelos. <http://riaa.uaem.mx/xmlui/handle/20.500.12055/646>
- Amaro-Leal, J.L., Romero-Arenas, O., Rivera A., Huerta, L.M., Reyes, E. (2016). Effect of the Formulation of Seaweed (*Porphyra umbilical R.*) in Biopreparations based on *Trichoderma harzianum* Rifai. Journal of Pure & Applied Microbiology. <https://microbiologyjournal.org/effect-of-the-formulation-of-seaweed-porphyra-umbilical-r-in-biopreparations-based-on-trichoderma-harzianumem-rifai/>
- Arora, S., y Sahni, D. (2016). Pesticides affect soil microbial ecology and enzyme activity-An overview. Journal of Applied and Natural Science, 8(2), 1126 - 1132. <https://pdfs.semanticscholar.org/2eb8/2810eeecc72ec50195c7f6a46ad397431080.pdf>



- Bae, S. J., Mohanta, T. K., Chung, J. Y., Ryu, M., Park, G., Shim, S., Mehta, S., & Bae, H. (2016). *Trichoderma metabolites as biological control agents against Phytophthora pathogens*. *Biological Control*, 92, 128-138. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.10.005>
- Bettiol, W., Morandi, M. A., Corrêa, E. B., Pinto, Z. V., de Paula Júnior, T. J., Zambolim, L., & Costa, J. C. (2014). Produtos alternativos. In Bettiol, W., Morandi, M.A. (Eds.), *Biocontrole de doenças de plantas: uso perspectivas* (pp. 75-96). Embrapa Meio Ambiente.
- Bettiol, W.; Rivera, M.C.; Mondino, P.; Montealegre, J.R.; Colmenárez, y. 2014. Control biológico de enfermedades de plantas en Argentina. Control biológico de enfermedades de plantas en América Latina y el Caribe. DOI:10.13140/2.1.2368.5922
- Djurfeldt, G., Holmén, H., Jirstrom, M., y Larsson, R. (2005). *The African food crisis: Lessons from the Asian green revolution*. Wallingford: CABI Publishing. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/book/10.1079/9780851999982.0000>
- Espinosa Ruiz, G. y Vallejos Treminio, F. L. (2016). Desarrollo de formulaciones bioplaguicidas a base de *Bauveria bassiana* (Bals & Vuils) con materiales sólidos y líquidos (Tesis de grado), Universidad Nacional Agraria.
- <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/3387>
- France, A; Urtubia, HI. (2007). Formulaciones de hongos entomopatógenos para control de plagas en agricultura. INIA Tierra adentro.46-49. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/b4c27b9f-c425-45c2-bb64-362b7c2fb163/content>
- French, E. Y Hebert T. *Métodos de investigación fitopatológica*. San Jose, Costa Rica. IICA 154-158 pp. https://books.google.com.ni/books?id=etdbQtSPTh8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Garbeva, P. V., Van Veen, J. A., & Van Elsas, J. D. (2004). Microbial diversity in soil: selection of microbial populations by plant and soil type and implications for disease suppressiveness. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 42(1), 243-270. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.42.012604.135455>
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species: opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2(1), 43-56. <https://www.nature.com/articles/nrmicro797>
- Helgason, T., Daniell, T. J., Husband, R., Fitter, A. H., & Young, J. P. W. (1998). Ploughing up the wood-wide web? *Nature*, 394(6692), 431-431. <https://www.nature.com/articles/28764>
- Herrera, W., Valbuena, O., & Pavone-Maniscalco, D. (2020). Formulation of *Trichoderma asperellum* TV190 for biological control of *Rhizoctonia solani* on corn seedlings. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30, 1-8. <https://ejbpc.springeropen.com/articles/10.1186/s41938-020-00246-9>

- Howell, C. R. (2003). Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. *Plant disease*, 87(1), 4-10. [10.1094/PDIS.2003.87.1.4](https://doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.1.4)
- Leucona, R. 1996. Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plagas. Técnicas empleadas con hongos entomopatógenos. Ed. Leucona, R. Pra edición. Buenos Aires. AR. 338 p.
- Losic, D., & Korunic, Z. (2018). Diatomaceous Earth, A Natural Insecticide for Stored Grain Protection: Recent Progress and Perspectives, 219-247. *Diatom Nanotechnology: Progress and Emerging Applications* (Ed. D. Losic). RSC Publishing, Cambridge, UK. <https://doi.org/10.1039/9781788010160-00219>
- Masunaka, A., Hyakumachi, M., y Takenaka, S. (2011). Plant growth-promoting fungus, *Trichoderma koningi* suppresses isoflavonoid phytoalexin vestitol production for colonization on/in the roots of *Lotus japonicus*. *Microbes and Environments*, 26(2), 128-134. [10.1264/jsme2.me10176](https://doi.org/10.1264/jsme2.me10176)
- Monteiro VN, do Nascimento Silva R, Steindorff AS, Costa FT, Noronha EF, Ricart CA, de Sousa MV, Vainstein MH, Ulhoa CJ. New insights in *Trichoderma harzianum* antagonism of fungal plant pathogens by secreted protein analysis. *Curr Microbiol*. 2010 Oct;61(4):298-305. doi: 10.1007/s00284-010-9611-8. Epub 2010 Mar 7. PMID: 20213103.
- Monzón, C. (2001). Producción y uso de hongos Entomopatógenos. Programa CATIE/MIP-AF, Managua (Nicaragua) Universidad Nacional Agraria, Managua (Nicaragua). Facultad de Agronomía. Departamento de Protección Agrícola y Forestal Fundación para el Desarrollo Tecnológico, Agropecuario y Forestal de Nicaragua, Managua (Nicaragua).
- Naeimi, S., Khosravi, V., Varga, A., V' agvolgyi, " C., Kredics, L., 2020. Screening of organic substrates for solid-state fermentation, viability and bioefficacy of *Trichoderma harzianum* AS12-2, a biocontrol strain against rice sheath blight disease. *Agronomy* 10, 1-15. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091258>.
- Ortiz-Catón, M., Alatorre-Rosas, R., Valdivia-Bernal, R., Ortiz-Catón, A., Medina-Torres, R., & Alejo-Santiago, G. (2011). Efecto de la temperatura y humedad relativa sobre el desarrollo de los hongos entomopatógenos. *Revista bio ciencias*. Enero 2011; No 2. Universidad Autónoma de Nayarit. Ciudad de México. 42-53 pp. <https://doi.org/10.15741/revbio.01.02.05>
- Pathak, V. M., Verma, V. K., Rawat, B. S., Kaur, B., Babu, N., Sharma, A., Dewali, S., Yadav, M., Kumari, R., Singh, S., Mohapatra, A., Pandey, V., Rana, N., & Cunill, J. M. (2022). Current status of pesticide effects on environment, human health and it's eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review. In *Frontiers in Microbiology* (13). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.962619>
- Shoresh, M., Harman, G. E., & Mastouri, F. (2010). Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. *Annual review of phytopathology*, 48, 21-43. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20192757/>



- Viera, W., Noboa, M., Bermeo, J., Báez, F., & Jackson, T. (2018). Quality parametres of four types of formulations based on *Trichoderma asperellum* and *Purpuricillium lilacinum*. Enfoque UTE, 9(4), 145-153.
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., Marra, R., Woo, S. L., & Lorito, M. (2008). *Trichoderma* plant pathogen interactions. Soil Biology and Biochemistry, 40(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.07.002>
- Woo, S. L., Ruocco, M., Vinale, F., Manfredini, C., Sivasithamparam, K., & Lorito, M. (2014). *Trichoderma* based products and their widespread use in agriculture. The Open Mycology Journal, 8(1). <https://benthamopen.com/contents/pdf/TOMYCJ/TOMYCJ-8-71.pdf>
- Yao, X., Guo, H., Zhang, K., Zhao, M., Ruan, J., & Chen, J. (2023). Trichoderma and its role in biological control of plant fungal and nematode disease. In Frontiers in Microbiology (14). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1160551>
- Zin, N. A., y Badaluddin, N. A. (2020). Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. In Annals of Agricultural Sciences, 65 (2), 168–178. Faculty of Agriculture, Ain-Shams University. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2020.09.003>
- Zhou, W., Li, M., & Achal, V. (2024). A comprehensive review on environmental and human health impacts of chemical pesticide usage. In Emerging Contaminants, 11 (1). KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2024.100410>

Semblanza de los autores

Markelyn Jose Rodriguez Zamora: Ingeniero en Sistemas de Protección Agrícola y Forestal con Maestría en Sanidad vegetal, Actualmente estudiante del programa de doctorado en sanidad vegetal, docente universitario de la Universidad Nacional Agraria de Nicaragua.

Frank Alexander Chávez López: Ingeniero en sistemas de protección agrícola y Forestal.

Santos David Romero: Ingeniero agrónomo con mención en sanidad vegetal con Maestría en Sanidad vegetal, docente universitario de la Universidad Nacional Agraria de Nicaragua.

Alfonso Martinuz: B.Sc. in Agronomy. EARTH University, Guácimo, Costa Rica, con M.Sc. in Environmental Socioeconomics. Y Ph.D. in Agricultural Sciences enfocadas Nematology and Plant Protection, Coordination of agricultural health agenda and Mesoamerica Hunger-Free Programme - Nicaragua Component. FAO Nicaragua.

Juan Carlos Morán Centeno: Ingeniero en Sistemas de Protección Agrícola y Forestal en la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Con estudios de Maestría en Agroecología, actualmente estudiante de doctorado en Sanidad Vegetal. Ha desarrollado estudios en diversos cultivos de importancia agrícola, Café, Arroz, Maíz, hortalizas. Con estancias de estudio en la Universidad de Recursos Naturales y Ciencias de la Vida (BOKU).