



Artículo de Investigación

Análisis Manejo de la Quemazón del arroz (*Pyricularia oryzae*) con la aplicación de *Trichoderma harzianum*

Analysis Management of rice blast (*Pyricularia oryzae*) with the application of *Trichoderma harzianum*

Freddy Antonio Cadena Miranda, Lorenzo Quelali Mamani

RESUMEN:

Con el objetivo de verificar la capacidad antagónica de *Trichoderma harzianum* frente a *Pyricularia oryzae*, principal amenaza de la producción de arroz en Bolivia, se desarrolló un estudio experimental bajo diseño completamente al azar (DCA) en condiciones "in vitro" durante un período controlado en laboratorio, donde se recolectaron muestras de arroz sintomático para el aislamiento e identificación del patógeno, se cultivaron ambas cepas en medio PDA a 28 °C para evaluar su velocidad de crecimiento y se aplicó una prueba dual que evidenció un porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (PICM) del 46,20 %, clasificando el antagonismo en nivel 3 según la escala de Bell, lo que demuestra que *T. harzianum* logra detener el desarrollo de *P. oryzae*, sugiriéndose su incorporación en estrategias de manejo integrado para reducir la propagación del patógeno en el cultivo de arroz.

PALABRAS CLAVE:

antagonista, inhibición, in vitro, integrado.

ABSTRACT:

In order to verify the antagonistic capacity of *Trichoderma harzianum* against *Pyricularia oryzae*, the main threat to rice production in Bolivia, an experimental study was conducted under a completely randomized design (CRD) in vitro conditions during a controlled period in the laboratory, where symptomatic rice samples were collected for pathogen isolation and identification. Both strains were cultured in PDA medium at 28 °C to evaluate their growth rate, and a dual test was applied that showed a percentage of mycelial growth inhibition (MGIP) of 46.20%, classifying the antagonism at level 3 according to the Bell scale, which demonstrates that *T. harzianum* is able to stop the development of *P. oryzae*, suggesting its incorporation into integrated management strategies to reduce the spread of the pathogen in rice cultivation.

KEYWORDS:

antagonist, inhibition, in vitro, integrated.

AUTORES:

Freddy Antonio Cadena Miranda: Docente Investigador, Facultad de Agronomía - UMSA.

Lorenzo Quelali Mamani: Docente Investigador Estación Experimental de Saepcho, Facultad de Agronomía-UMSA, lorenzo.quelali@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1229-3504>

DOI: <https://doi.org/10.53287/ygqv9925ts36u>

Recibido: 12/05/2025. Aprobado: 18/08/2025.



INTRODUCCIÓN

El cultivo de arroz (*Oryza sativa*) se originó hace aproximadamente 10.000 años en diversas regiones húmedas del Asia tropical y subtropical. Se presume que la India fue uno de los primeros lugares donde se cultivó esta gramínea, debido a la abundancia de especies silvestres de arroz en su territorio. Sin embargo, el desarrollo más significativo del cultivo tuvo lugar en China. Es probable que el arroz se haya difundido desde Asia hacia otras regiones del mundo a través de múltiples rutas de introducción (Infoagro, 2023).

De acuerdo con la FAO (2023), la producción mundial de arroz durante el período 2022/2023 alcanzó los 517,7 millones de toneladas (arroz elaborado), lo que representa una disminución del 1,8 % respecto a la estimación del período 2021/2022. Esta última fue revisada al alza, situándose en un máximo histórico de 526,0 millones de toneladas.

La producción de arroz enfrenta diversas limitaciones, entre las cuales destacan los factores climáticos como la temperatura, la radiación solar y el viento. Estos elementos influyen directamente en el rendimiento del cultivo, al afectar el crecimiento de la planta y los procesos fisiológicos relacionados con la formación del grano. Además, inciden de forma indirecta al favorecer el daño causado por plagas y enfermedades (FAO, 2023).

Una de las enfermedades más destructivas del arroz es la piriculariosis o quema del arroz, causada por el hongo *Pyricularia oryzae* Cavara (forma sexual: *Magnaporthe grisea* (T.T. Herbert) Yaegashi & Udagawa). Esta patología afecta todas las partes aéreas de la planta, en especial durante las etapas de crecimiento activo. Las lesiones típicas en las hojas disminuyen la capacidad fotosintética, lo que puede traducirse en reducciones significativas del rendimiento. En casos severos, la enfermedad puede destruir completamente los cultivos.

Entre las estrategias de manejo, los hongos endofíticos y otros microorganismos filosféricos han sido identificados como agentes de biocontrol efectivos contra patógenos importantes como *P. oryzae*. El control biológico ha cobrado mayor relevancia en los últimos años, ya que permite reducir el uso de agroquímicos, contribuyendo así a la conservación del suelo y a la disminución de residuos contaminantes en el ambiente (Pal y McSpadden, 2006).

La presente investigación tiene como objetivo identificar de manera precisa la presencia de *Pyricularia oryzae* en el área de estudio. Posteriormente, se realizará una prueba de antagonismo dual con *Trichoderma harzianum*, con el fin de evaluar su potencial uso como agente de control biológico en campos de cultivo de arroz.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación *in vitro* se llevó a cabo en los laboratorios de Biotecnología de la Estación Experimental de Sapecho (E.E.S.) y en el laboratorio de Fitopatología de la ciudad de La Paz, ambos dependientes de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA).

Las cepas de *Trichoderma harzianum* fueron obtenidas del cepario del laboratorio de Fitopatología de la UMSA. El patógeno *Pyricularia oryzae* fue aislado a partir de muestras provenientes de parcelas de arroz, utilizando medio PDA (Papa-Dextrosa-Agar) para su cultivo, identificación y posterior purificación. Estas actividades se realizaron en el laboratorio de Fitopatología de La Paz, con la colaboración del Ing. Lorenzo Quelali y Ángel Pomacahua, técnicos del SENASAG del municipio de Palos Blancos.

Previo a la prueba de antagonismo, los aislamientos de *Trichoderma* y *Pyricularia* fueron reactivados mediante cultivo en medio PDA en condiciones de crecimiento libre. Se monitoreó la velocidad de crecimiento de cada aislamiento trazando una cruz en el reverso de la placa Petri para marcar el centro y los cuatro radios principales, cada uno

identificado con una letra. Se inoculó el hongo en el centro de la placa y se incubó hasta observar un avance visible del micelio. En cada punto marcado de los radios, se registró el avance del crecimiento cada vez que se realizó una medición. El ritmo promedio de crecimiento se calculó dividiendo el incremento total del micelio entre el tiempo transcurrido (French, 1980).

Una vez determinado el ritmo de crecimiento de cada microorganismo, se procedió a realizar la prueba de antagonismo *in vitro*, empleando un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres repeticiones. La unidad experimental correspondió a una caja Petri con medio PDA.

Para la prueba de enfrentamiento, se tomaron discos de 0,5 cm de diámetro, obtenidos a partir de cultivos en crecimiento libre del patógeno, y se sembraron sobre la superficie del medio PDA a una distancia de 1 cm del borde de la caja Petri (Cundom et al., 2003). Este procedimiento se realizó por triplicado. Después de 24 horas de incubación a 28 °C, se inoculó *Pyricularia oryzae* a 1 cm del borde opuesto de la caja, y en sentido contrario se colocó un disco de 0,5 cm de diámetro del antagonista *Trichoderma harzianum* (Cundom et al., 2003).

Tal como en los ensayos de crecimiento libre, en esta prueba dual se midió el ritmo de crecimiento micelial. Para la evaluación cuantitativa del efecto antagonístico, se calculó el Porcentaje de Inhibición del Crecimiento Micelial (PICM) utilizando la siguiente fórmula:

$$PICM = \frac{Mb - Ma}{Mb} * 100$$

Dónde: Ma = Micelio del fitopatógeno inhibido;
Mb = Micelio del fitopatógeno con crecimiento libre

En la prueba cualitativa, se compararon las cepas según su capacidad antagonística, utilizando la escala propuesta por Bell y colaboradores, citada por Pérez (2004) y mencionada por Suárez y Cabrales (2008).

Tabla 1. Escala propuesta por Bell y colaboradores. (1982)

Nivel	Descripción de interacción	Interpretación
1	El antagonista crece rápidamente y cubre completamente el fitopatógeno, impidiendo su desarrollo.	Antagonismo fuerte (exclusión total).
2	El antagonista crece sobre el fitopatógeno, cubriendolo parcialmente.	Antagonismo moderado a fuerte.
3	Ambos organismos crecen y se encuentran en la línea central de la placa, sin sobrecrecimiento.	Antagonismo moderado (competencia equilibrada).
4	El fitopatógeno sobrecrece parcialmente al antagonista.	Antagonismo débil.
5	El fitopatógeno crece libremente, sin interferencia visible por parte del antagonista.	Ausencia de antagonismo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La primera actividad realizada en la investigación consistió en verificar la presencia del fitopatógeno en la zona de estudio. Para ello, se recolectaron diversas muestras de plantas de arroz que presentaban sintomatología compatible, las cuales fueron desinfectadas en laboratorio y cultivadas en medio puro. Posteriormente, se evaluaron las características morfológicas y el desarrollo de los conidios, confirmándose la presencia de *Pyricularia oryzae* en las muestras analizadas, logrando así su identificación definitiva.



Fig. 1. Conidio encontrado en medio puro PDA.

La velocidad de crecimiento en condiciones de libre desarrollo en medio PDA mostró que *Trichoderma harzianum* presentó un crecimiento acelerado, logrando cubrir completamente la caja Petri al octavo día de la inoculación, con una superficie colonizada de 35,71 cm² a una temperatura constante de 28 °C. Estos resultados coinciden con lo señalado por Wardie et al., citado por Infante et al. (2002), quienes indican que *Trichoderma* está biológicamente adaptado para una colonización agresiva, con abundante esporulación sobre una amplia gama de sustratos, lo cual les confiere una ventaja competitiva frente a otros microorganismos antagónicos, favoreciendo su acción como agente de control por competencia de nutrientes.

En contraste, *Pyricularia oryzae* mostró una velocidad de crecimiento significativamente mayor, alcanzando una superficie de 34,76 cm² al séptimo día, y cubriendo completamente la caja Petri al octavo día, incluso superando en velocidad de colonización a *T. harzianum* bajo condiciones “in vitro”. El seguimiento diario del crecimiento de ambos microorganismos se presenta en la Figura 2.”

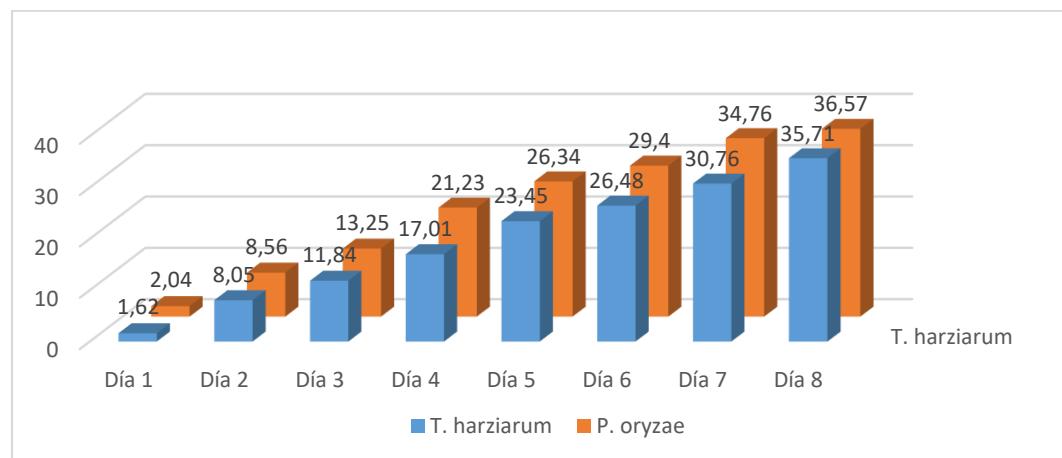


Fig. 2. Velocidad de crecimiento libre de microorganismos

Los resultados de la prueba dual evidencian la capacidad antagónica de *Trichoderma harzianum* frente a *Pyricularia oryzae* bajo condiciones *in vitro*, particularmente a partir del quinto día, donde se observó una leve superioridad en la velocidad de crecimiento de *T. harzianum*. Este comportamiento puede atribuirse a la producción de metabolitos secundarios y compuestos antifúngicos, como enzimas hidrolíticas (quitinasas, glucanasas y proteasas), que inhiben el desarrollo de fitopatógenos (Harman et al., 2004).

La detención del crecimiento de *P. oryzae* al sexto día, mientras *T. harzianum* continuaba avanzando ligeramente, refuerza la hipótesis de competencia directa por espacio y nutrientes, además de la acción de sustancias volátiles o solubles producidas por *T. harzianum*, que afectan el desarrollo del patógeno (Benítez et al., 2004). Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que destacan a *Trichoderma* spp. como agentes de biocontrol eficaces por su habilidad de colonizar rápidamente el sustrato, desplazar patógenos y estimular defensas en la planta hospedera.

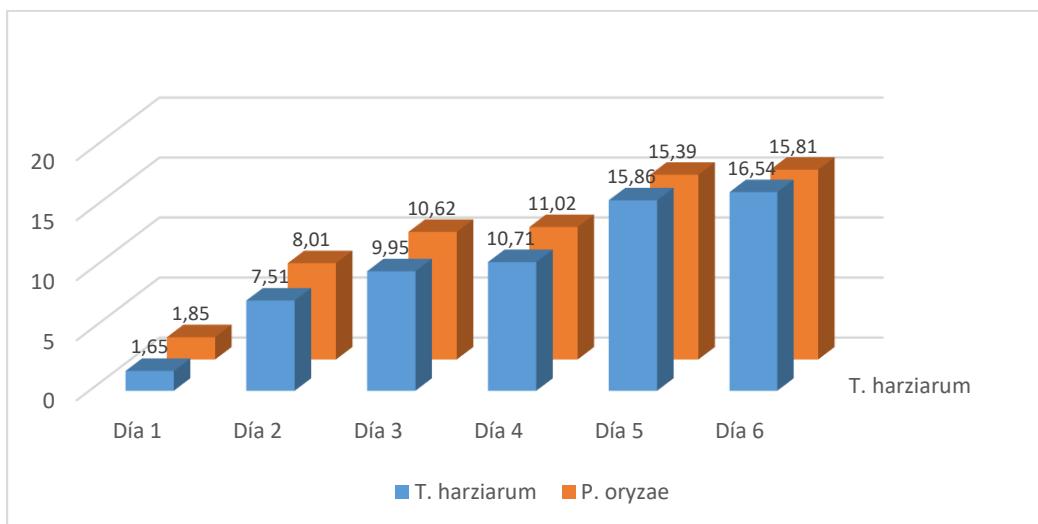


Fig. 3 Crecimiento de *T. harzianum* vs *P. oryzae* en prueba dual.

El porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (PICM) obtenido en la prueba dual entre *Trichoderma harzianum* y *Pyricularia oryzae* alcanzó un valor del 46,2 %, lo que indica una inhibición moderada del patógeno en presencia del antagonista. Este resultado se obtiene al comparar el área de crecimiento de *P. oryzae* en condiciones libres (29,4 cm²) con la registrada durante la interacción con *T. harzianum* (15,81 cm²), evidenciando una reducción de 13,59 cm² atribuible a la acción antagonista.

Al interpretar estos resultados con base en la escala de Bell, el nivel de antagonismo observado corresponde al tipo 3, caracterizado por un crecimiento equilibrado de ambos microorganismos en la caja Petri, sin evidencia de sobrecrecimiento o inhibición total. Este tipo de interacción sugiere que *T. harzianum* limita parcialmente el avance de *P. oryzae*, probablemente a través de mecanismos como la competencia por espacio y nutrientes, sin llegar a una exclusión completa.

Estos hallazgos son relevantes, ya que indican que, aunque *T. harzianum* no erradica al patógeno, sí ejerce una presión biológica que reduce significativamente su desarrollo. Estudios como los de Chet et al. (1997) y Harman et al. (2004) respaldan este tipo de interacción, destacando que *Trichoderma* actúa principalmente a través de micoparasitismo, producción de metabolitos antifúngicos y competencia ecológica, factores que pueden ser modulados por condiciones ambientales y el tipo de sustrato.

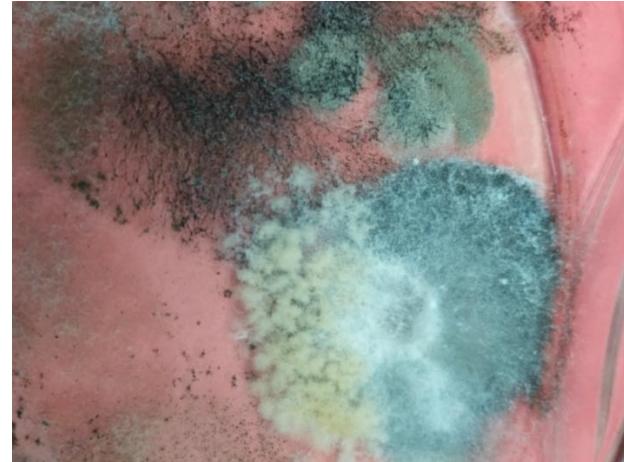


Fig. 4 Inhibición de crecimiento de *T. harzianum* sobre *P. oryzae*

CONCLUSIONES

Trichoderma harzianum demostró una capacidad moderada para inhibir el crecimiento de *Pyricularia oryzae* en condiciones *in vitro*, con un porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (PICM) de 46,2 %. Esta inhibición se atribuye a los mecanismos de competencia por espacio y nutrientes, además de la posible liberación de compuestos antifúngicos.

La interacción entre *T. harzianum* y *P. oryzae* fue clasificada como tipo 3 en la escala de Bell, lo que sugiere que ambos microorganismos compiten por el sustrato sin mostrar una exclusión total del patógeno. Este tipo de antagonismo es compatible con las propiedades biológicas de *T. harzianum*, que favorece la coexistencia sin eliminar completamente al patógeno, lo que podría tener implicaciones para el manejo integrado de enfermedades.

A pesar de que *T. harzianum* no erradicó completamente a *P. oryzae*, su capacidad para reducir significativamente el crecimiento del patógeno sugiere que puede ser una alternativa viable para el control biológico de la piriculariosis en arroz. Este enfoque podría complementar las estrategias tradicionales de control químico, proporcionando una opción más sostenible y menos perjudicial para el medio ambiente.

Se recomienda realizar estudios adicionales en condiciones de campo para evaluar la efectividad de *T. harzianum* en la supresión de *P. oryzae* en cultivos de arroz, así como para determinar las mejores condiciones de aplicación y la dosis adecuada para maximizar su eficiencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Bell, D. K., Wells, H. D., & Markham, C. R. (1982). In vitro antagonism of *Trichoderma* spp. against six fungal plant pathogens. *Phytopathology*, **72**, 379–382.
- Benítez, T., Rincón, A. M., Limón, M. C., & Codón, A. C. (2004). *Biocontrol mechanisms of Trichoderma strains*. International Microbiology, **7**(4), 249–260.
- Cardona R. 2008. Caracterización y patogenicidad de hongos del complejo *helminthosporium* asociados al cultivo del arroz en Venezuela (en línea). Consultado 5 de jun. 2008. Disponible en http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612008000200009
- Cundom, et al., 2003. Evaluación de *Trichoderma* sp contra *Rizoctonia solani* in vitro e invernáculo. <http://www.unne.edu.ar/cyt/2001/5-agrarias/A-051.pdf>.
- Chet, I., Inbar, J., & Hadar, Y. (1997). *Fungal antagonists and mycoparasites*. In Wicklow, D.T. & Soderstrom, B.E. (Eds.), *The Mycota IV: Environmental and Microbial Relationships*. Springer.
- 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.
- INFOAGRO. 2023. El cultivo de arroz (en línea). Consultado 20 may. 2023. Disponible en <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2023. Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de los cereales (en línea). Consultado 20 de may. 2023. Disponible en <https://www.fao.org/worldfoods situation/csdb/es/>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2023. Problemas y limitaciones de la producción de arroz (en línea). Consultado 20 de may. 2023. Disponible en <https://www.fao.org/3/y2778s/y2778s04.htm>
- French, E. (1980). *Métodos de investigación fitopatológica*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. (en linea). Consultado 20 de nov. 2024. North Carolina State University, EE.UU. de Norte America. Disponible en. https://books.google.com.bo/books?id=etdbQtSPTh8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Eva Pla, Mª del Mar Catalá y Núria Tomás. 2020. FICHAS TECNICAS IRTA DE LAS MEJORES PRACTICAS DEL CULTIVO DE ARROZ. PROGRAMA DE ORIGENES DE KELLOGG'S. citado en fecha 7 de mayo 2023, en línea; <https://www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/376035/FICHA%20T%C3%899CNICA%2010.%20Helmintosporiosis.pdf?sequence=8>
- Garcés Fiallos, F. R., Aguirre Calderón, Ángel J., & Díaz Coronel, T. G. (2013). SEVERIDAD DE LA QUEMAZÓN (*Pyricularia oryzae* Cav.) EN GERMOPLASMA DE ARROZ F1 EN LA ZONA CENTRAL DEL LITORAL ECUATORIANO. *Ciencia Y Tecnología*, **5**(2), 1–6. <https://doi.org/10.18779/cyt.v5i2.125>
- Pal, K., McSpadden, G. (2006). Biological Control of Plant Pathogens. The Plant Health Instructor. Disponible DOI: 10.1094/PHI-A-2006-1117-02. (Marcador De Posición 1)
- Suarez, L. Y., & Cabrales, C. P. (2008). Identificación de especies de cepas nativas de *Trichoderma* sp. y *Bacillus* sp. y evaluación de su potencial antagonista in vitro frente al hongo fitopatógeno nativo *Moniliophthora roreri* en el departamento de Norte de Santander. *Respuestas*, **1**(13), 45–55.