



## Evaluación *in vitro* de la capacidad micoparásita de *Irpex lacteus* P7B contra hongos y oomicetes asociados a enfermedades de planta

Francisco Palemón-Alberto, Santo Ángel Ortega-Acosta\*, <sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Autónoma de Guerrero, Periférico Poniente s/n. C.P. 40020. Iguala de la Independencia, Guerrero, México; Erubiel Toledo-Hernández, César Sotelo-Leyva, Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Av. Lázaro Cárdenas s/n. C.P. 39070. Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México; <sup>1</sup>Guadalupe Reyes-García, <sup>1</sup>Elizabeth Tecomulapa-Acatitlán.

\*Autor de  
correspondencia:

Santo Ángel Ortega-Acosta  
angelortega011185@  
hotmail.com

Sección:  
Número Especial

Recibido:  
07 Julio, 2024

Aceptado:  
15 Noviembre, 2024

Publicado:  
4 Diciembre, 2024

Cita:

Palemón-Alberto F,  
Ortega-Acosta SA, Toledo-  
Hernández E, Sotelo-Leyva  
C, *et al.*, 2024. Evaluación  
*in vitro* de la capacidad  
micoparásita de *Irpex*  
*lacteus* P7B contra hongos  
y oomicetes asociados a  
enfermedades de plantas.  
Revista Mexicana de  
Fitopatología 42(4): 42.  
[https://doi.org/10.18781/R.  
MEX.FIT.2024-21](https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2024-21)



### RESUMEN

**Antecedentes/Objetivo.** Las enfermedades de los cultivos agrícolas afectan los rendimientos y la calidad de los productos, para su control generalmente se utilizan compuestos químicos sintéticos, éstos causan impactos nocivos al medio ambiente, así como a la salud del ser humano. En este sentido, los microorganismos benéficos pueden ser utilizados en la agricultura como agentes de biocontrol, y contribuir a obtener alimentos en cantidades suficientes e inocuos. El hongo *Irpex lacteus* se ha reportado como potencial agente de biocontrol. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la capacidad micoparásita *in vitro* del hongo endófito *I. lacteus* P7B frente a 22 hongos y un oomicete asociados a enfermedades de plantas.

**Materiales y Métodos.** Se utilizó el aislamiento P7B, previamente detectado como micoparásito, el cual fue identificado molecularmente mediante amplificación y secuenciación de la región espaciador transcrito interno (ITS) del ADN ribosómico, con el uso de primers ITS1/ITS4. Las confrontaciones del micoparásito (P7B) contra los microorganismos fitopatógenos se realizaron en medio de cultivo PDA, para cada microorganismo se utilizaron tres repeticiones, además de los controles, que consistió en colocar de forma individual a los microorganismos.

**Resultados.** Los análisis moleculares determinaron que el aislamiento P7B correspondió a *Irpex lacteus* (GenBank: PP922180). Los resultados de los ensayos *in vitro* indicaron que *I. lacteus* P7B inhibió a todos los agentes fitopatógenos con los que fue confrontado, la inhibición al 100% por *I. lacteus* ocurrió aproximadamente

en 14 días, excepto para *Rhizopus* spp., esto fue a los 23 días después de las confrontaciones.

**Conclusión.** El presente estudio demuestra que el hongo *I. lacteus* presentó capacidad micoparásita *in vitro* de 100% contra los diversos hongos y un oomicete evaluados, por lo que trabajos futuros podrían enfocarse en evaluar su actividad micoparásita en condiciones de campo.

**Palabras claves:** agente de biocontrol, fitopatógenos, micoparásito.

## INTRODUCCIÓN

Anualmente las enfermedades causadas por hongos y oomicetes provocan pérdidas económicas importantes en los cultivos (Meng *et al.*, 2009). Por otra parte, el aumento de la población mundial demanda mayor cantidad y calidad de productos agrícolas, y consecuentemente mayor uso de pesticidas para el combate de enfermedades (Lahlali *et al.*, 2022); sin embargo, en los últimos años, los consumidores han generado conciencia sobre los efectos secundarios de los pesticidas como fungicidas químicos en la salud humana y el medio ambiente (Hou y Wu, 2010). Una de las alternativas para disminuir la dependencia de pesticidas es el control biológico (Compant *et al.*, 2005; Barratt *et al.*, 2018), el cual se define de manera general como el uso de cualquier microorganismo vivo (incluido los virus) para combatir un patógeno o plaga mediante parasitismo, antibiosis, competencia por espacio o recursos (Eilenberg *et al.*, 2001; Stenberg *et al.*, 2021). Al respecto, se han documentado diversas especies de basidiomicetos micoparasitos como potenciales agentes de biocontrol (White y Traquair, 2006; Pineda-Suazo *et al.*, 2021). El micoparasitismo es un estilo de vida en el que un hongo establece interacciones parasitarias con otros hongos (Karlsson *et al.*, 2017). Los hongos micoparásitos son productores de enzimas que tienen la capacidad de degradar la pared celular de los hongos, esto permite que puedan penetrar a otros hongos para poder extraer nutrientes para su desarrollo (Cao *et al.*, 2009). En este sentido, el hongo *Irpex lacteus*, se caracteriza por su hábito saprófito; no obstante, se ha demostrado que tiene un comportamiento micoparásito bajo ciertas condiciones, esto implica interacciones en las que *I. lacteus* coloniza y obtiene nutrientes de otros hongos, mediante la secreción de diversas enzimas hidrolíticas (Metreveli *et al.*, 2014; Mezule y Civzele, 2020; Gafforov *et al.*, 2023). Las capacidades micoparasitarias de *I. lacteus* sugieren posibles aplicaciones en el control biológico de fitopatógenos en el contexto agrícola (White y Traquair, 2006; Sivanandhan *et al.*, 2017; Yin *et al.*, 2021). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar

*in vitro* al hongo *I. lacteus* (aislamiento P7B) mediante confrontación dual contra 22 hongos y un oomicete.

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Fisiología y Biotecnología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Autónoma de Guerrero (FCAA-UAGro), ubicada en Iguala de la Independencia, Guerrero, México.

Para el presente estudio, se seleccionó el aislamiento P7B de un hongo endófito micoparásito, el cual fue aislado de la zona asintomática de la rizosfera de *Cedrus* sp., identificado molecularmente mediante extracción de ADN, para lo cual se amplificó por PCR la región espaciador transcrito interno (ITS) del ADN ribosómico, mediante los oligos ITS1/ITS4 (White *et al.*, 1990). La extracción de ADN, PCR y secuenciación fueron realizadas por el servicio de secuenciación de la empresa Macrogen (Macrogen, Inc., Seúl, Corea). Las secuencias obtenidas fueron editadas y alineadas, con el programa MEGA X®, y se obtuvo una secuencia consenso la cual fue comparada con las disponibles en el GenBank.

El aislamiento *I. lacteus* P7B fue sometido a confrontación dual contra 22 hongos y un oomicete asociados a diversas enfermedades (Cuadro 1), pertenecientes a la colección de hongos fitopatógenos del Laboratorio de Fisiología y Biotecnología Vegetal de la FCAA-UAGro. Se utilizaron cepas de hongos fitopatógenos y del agente micoparásito (P7B) de 12 días de edad, desarrollados en medio PDA. Para la confrontación, se colocó un disco de 0.5 cm de diámetro con micelio a 1.0 cm de la periferia de la caja Petri, cada aislamiento se colocó en los extremos opuestos de la caja de forma equidistante. Se utilizaron tres repeticiones por cada hongo u oomicete, además de tratamientos control que consistió en colocar un disco de micelio de cada microorganismo en un extremo de la caja Petri. Los medios de cultivos se colocaron a temperatura de 28 °C, y se registró la zona de inhibición con una regla milimétrica cuando los tratamientos control cubrieron la superficie de la caja Petri con medio PDA, lo cual ocurrió aproximadamente 14 días después de la siembra, excepcionalmente los tratamientos confrontados con *Rhizopus* spp., se sembraron por 23 días aproximadamente, debido a que se observó para este género un micoparasitismo lento por parte de *I. lacteus* P7B. Se capturaron fotografías cada 24 horas del avance de las confrontaciones duales (Cámara Sony, Vario-Tessar®). Adicionalmente, se analizó la zona de interacción entre microorganismos contra el hongo antagónico *I. lacteus* P7B, con el propósito de observar posibles daños en las estructuras de los microorganismos parasitados, mediante un microscopio compuesto (LABOMED®).

Con base en los valores registrados de las confrontaciones de los microorganismos y el hongo *I. lacteus* P7B, se estimó el porcentaje de inhibición utilizando la fórmula  $= (D1-D2)/D1 * 100$ .

**Cuadro 1.** Microorganismos utilizados en la evaluación para la confrontación con *Irpex lacteus* P7B, provenientes de la colección de hongos fitopatógenos del Laboratorio de Fisiología y Biotecnología Vegetal, FCAA-UAGro.

Microorganismos	Método de identificación	Referencia	Hospedante	Clave	Enfermedad
<i>Corynespora cassiicola</i>	Morfológico y molecular	Ortega-Acosta et al., 2020	<i>Hibiscus sabdariffa</i>	CC47GRO	Manchado de cálices
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Morfológico y molecular	Cruz-Lagunas et al., 2020	<i>Citrus paradisi</i>	COLTOR1	Antracnosis en frutos
<i>Rhizopus oryzae</i>	Morfológico y molecular	Palemón-Alberto et al., 2019	<i>Annona muricata</i>	ANTRAGUB	Podredumbre blanda de frutos
<i>Phytophthora</i> sp.	Morfológico	NA*	<i>Carica papaya</i>	PAP-4	Asociado a pudrición basal
<i>Macrophomina</i> sp.	Morfológico	NA	<i>Arachis hypogaea</i>	C4	Asociado a pudrición carbonosa de frutos
<i>Colletotrichum</i> sp.	Morfológico	NA	<i>Plumeria rubra</i>	CACALO1	Asociado a antracnosis en hojas
<i>Rhizopus</i> sp.	Morfológico	NA	<i>Stenocereus</i> sp.	RIPITA	Asociado a pudrición blanda de frutos
<i>Phoma</i> sp.	Morfológico	NA	<i>Parmentiera</i> sp.	PHOCUA1	Asociados a pudrición parda de frutos
<i>Colletotrichum</i> sp.	Morfológico	NA	<i>Citrus paradisi</i>	TOCOCE	Asociado a antracnosis de frutos
<i>Colletotrichum</i> sp.	Morfológico	NA	<i>Stenocereus</i> sp.	SALP	Asociado a antracnosis de frutos
<i>Fusarium</i> sp.	Morfológico	NA	<i>Musa</i> sp.	FUPLA	Asociado a manchado de frutos
<i>Alternaria</i> sp.	Morfológico	NA	<i>Passiflora edulis</i>	AL1	Asociado a manchado de frutos
<i>Colletotrichum</i> sp.	Morfológico	NA	<i>Citrus paradisi</i>	TORTEPE	Asociado a pudrición de frutos
<i>Colletotrichum</i> sp.	Morfológico	NA	<i>Eriobotrya japonica</i>	COLNISP	Asociado a antracnosis de frutos
<i>Diplodia</i> sp.	Morfológico	NA	<i>Punica granatum</i>	GRANA1	Asociado a mancha de frutos
<i>Fusarium</i> sp.	Morfológico	NA	<i>Persea americana</i>	AGUAT	Asociado a pudrición de basa de tallo
<i>Colletotrichum</i> sp.	Morfológico	NA	<i>Mangifera indica</i>	COLMAN	Asociado a antracnosis de frutos
<i>Colletotrichum</i> sp.	Morfológico	NA	<i>Mangifera indica</i>	COLCRIO	Asociado a antracnosis de frutos
<i>Rhizopus</i> sp.	Morfológico	NA	<i>Carica papaya</i>	RIZOPAP	Asociado a pudrición blanda de frutos
<i>Verticillium</i> sp.	Morfológico	NA	<i>Mangifera indica</i>	VERT1	Asociado a marchitez vascular de tallo
<i>Phoma</i> sp.	Morfológico	NA	<i>Crescentia alata</i>	CRES1	Asociado a pudrición de frutos
<i>Phoma</i> sp.	Morfológico	NA	<i>Punica granatum</i>	GRANPIC	Asociados a manchas de frutos
<i>Penicillium</i> sp.	Morfológico	NA	<i>Allium sativum</i>	AJOPENI	Asociado a pudrición de bulbo

\*NA=No aplica, identificado morfológicamente.

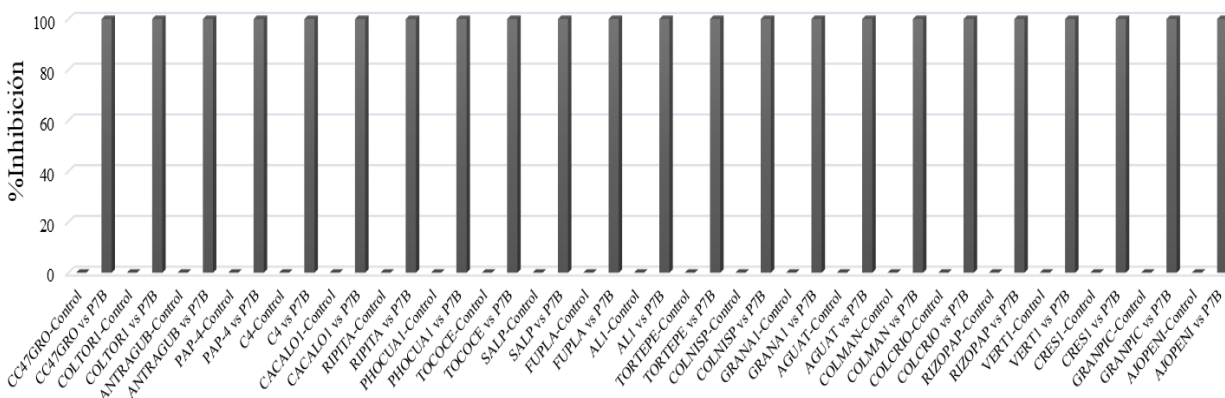
Dónde:

D1= Diámetro micelial del control

D2= Diámetro micelial del microorganismo confrontado

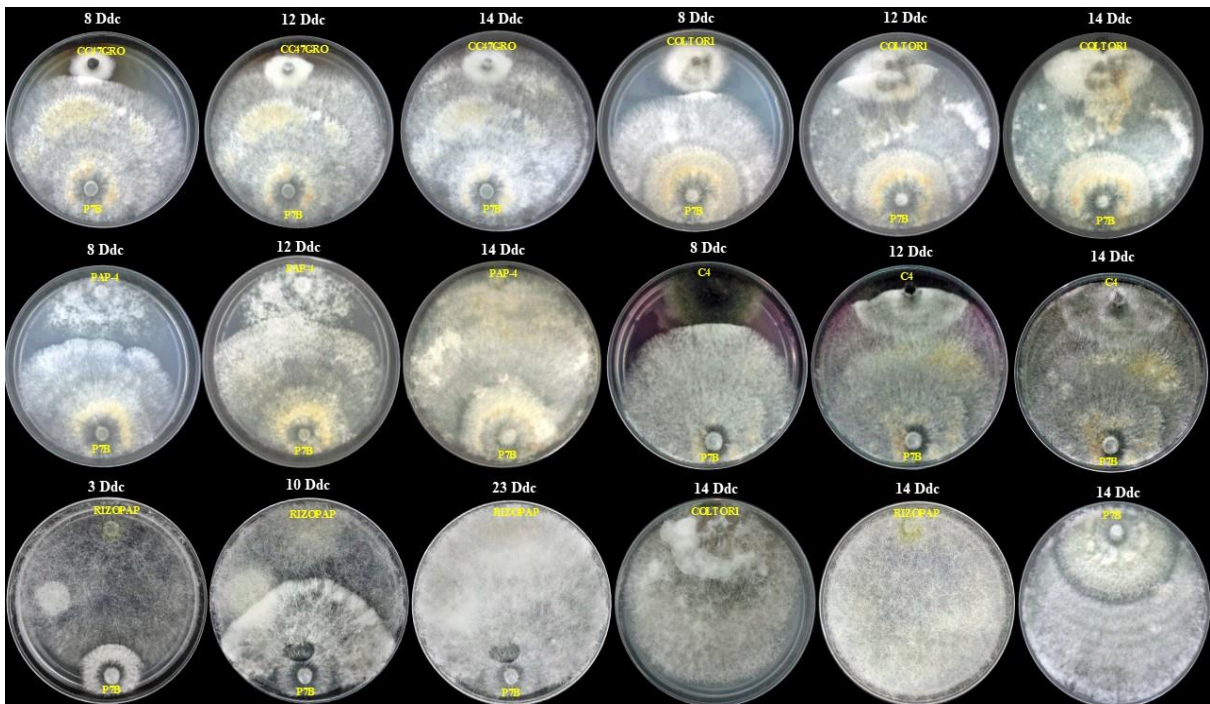
El análisis de la secuencia consenso en GenBank con la herramienta BLAST, indicó que el aislamiento P7B tuvo un porcentaje de identidad del 99.85% con *Irpex lacteus* (número de acceso: JX290579). La secuencia consenso derivada del presente estudio se depositó en GenBank con el número de acceso PP922180.

En la evaluación *in vitro* de 22 hongos y un oomicete contra *I. lacteus* P7B (Cuadro 1), aproximadamente después de 14 días, micoparasitó en 100% a todos los microorganismos con los que fue confrontado (Figura 1), excepto para el género *Rhizopus* (23 días). En la Figura 2, se muestran algunos ejemplos representativos de la confrontación entre *I. lacteus* P7B contra hongos y un oomicete, en el cual se observó evidente invasión micelial gradual, y se determinó que al final del experimento el hongo *I. lacteus* P7B indujo inhibición del 100% en todas las confrontaciones (Figura 1, 2).



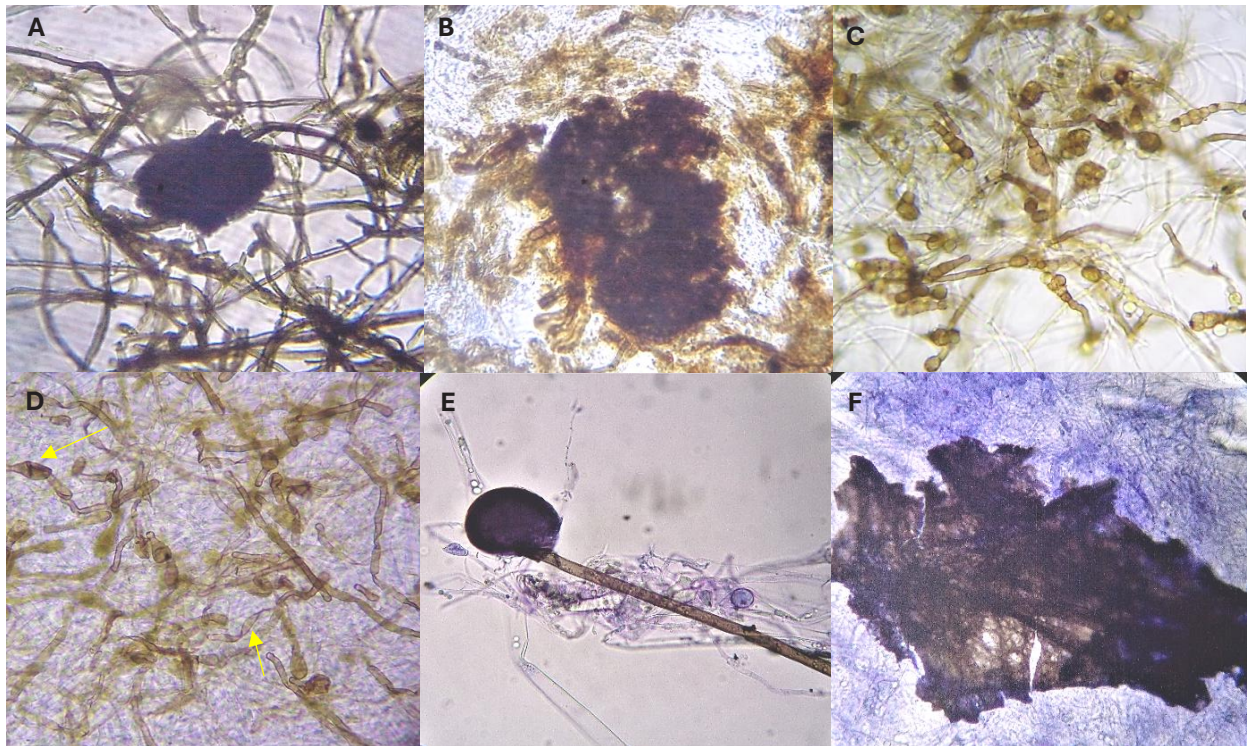
**Figura 1.** Efecto de la confrontación en cultivo dual en PDA en condiciones *in vitro* entre *I. lacteus* P7B contra hongos y un oomicete asociado a enfermedades de plantas.

Por otra parte, los hongos y un oomicete confrontados con *I. lacteus* P7B, todos presentaron degradación de sus estructuras al ser observadas microscópicamente, por ejemplo, en el caso de *Macrophomina* sp. (aislamiento C4), en la zona de interacción presentó degradación de esclerocios e hifas (Figura 3B), en *Alternaria* sp. (aislamiento AL1), presentó conidios e hifas degradadas (Figura 3D), para *Rhizopus* sp. (aislamiento RIZOPAP), se observó degradación de esporangios (Figura 3F), en los tratamientos control, las estructuras no mostraron daño aparente (Figura 3A, C y E).



**Figura 2.** Efecto de la confrontación en cultivo dual en PDA en condiciones *in vitro* entre *I. lacteus* P7B contra hongos y un oomicete asociados a enfermedades de plantas. P7B = *Irpex lacteus*. CC47GRO = *Corynespora cassicola*. COLTOR1 = *Colletotrichum gloeosporioides*. PAP-4= *Phytophthora* sp. C4 = *Macrophomina* sp. RIZOPAP= *Rhizopus* sp. Ddc=días después de la confrontación.

En el presente trabajo, se demostró la capacidad micoparásita de *I. lacteus* P7B contra 22 hongos y un oomiceto asociados a diversos problemas fitosanitarios. Existe escasa literatura sobre el potencial de *I. lacteus* como agente de biocontrol. El hongo *I. lacteus* tiene la capacidad de producir diversas enzimas hidrolíticas como quitinasas y glucanasas, que degradan las paredes celulares de otros hongos, lo que le facilita la adquisición de nutrientes (Qin *et al.*, 2018; Roncero y Vázquez de Aldana, 2019). En un estudio realizado por White y Traquair (2006), mediante confrontación *in vitro* entre *I. lacteus* contra *Botrytis cinerea*, demostraron que *I. lacteus* fue capaz de parasitar a *B. cinerea* al degradar sus estructuras como conidióforos y conidios y parasitar sus esclerocios, además reportaron porcentaje de micoparasitismo del 100%, resultados similares a los determinados en el presente estudio. Por otra parte, en México se ha evaluado a *I. lacteus* contra *Fusarium pseudocircinatum*, *F. mexicanum*, *Colletotrichum coccodes*, *C. gloeosporioides*, *Phytophthora capsici* y *P. cinnamomi* con porcentaje de inhibición de 16.7 a 46.3% (Pineda-Suazo *et al.*, 2021), en el presente trabajo de investigación, *I. lacteus* P7B, mostró mayor capacidad para micoparasitar diversos hongos y un oomicete, lo an-



**Figura 3.** Efecto de la confrontación *in vitro* de *I. lacteus* P7B contra hongos y un oomicete. A= *Macrophomina* sp. (aislamiento C4) control; B= *Macrophomina* sp. (aislamiento C4) confrontado con *I. lacteus* P7B, se observa degradación de esclerocio e hifas. C = *Alternaria* sp. (aislamiento AL1) control; D = *Alternaria* sp. (aislamiento AL1) confrontado con *I. lacteus* P7B, en el que se observa degradación de conidios e hifas. E = *Rhizopus* sp. (aislamiento RIZOPAP) control; F = *Rhizopus* sp. (aislamiento RIZOPAP) confrontado con *I. lacteus* P7B, se observa el esporangio degradado. Imágenes capturadas con el microscopio óptico con el objetivo de 10X (A, B, E y F) y 40X (C y D).

terior pudiera atribuirse al tipo de aislamiento. Además, se ha reportado que *I. lacteus* pertenece al grupo de micoparásitos necrotróficos, éstos se caracterizan por ser altamente destructivos, poco especializados (Viterbo *et al.*, 2007), presentan generalmente una alta gama de hospedantes, los cuales incluyen fitopatógenos y se extienden a diversos grupos taxonómicos (Viterbo y Horwitz *et al.*, 2010), como lo ocurrido en el presente estudio, en el que *I. lacteus* parasitó a hongos y un oomicete de las divisiones Ascomycota, Zygomycota y Oomycota. Adicionalmente, se han detectado compuestos con potencial antifúngico derivados de *I. lacteus* como terpenos y aldehídos (Pineda-Suazo *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2021).

El hongo *I. lacteus* micoparasitó en 100% de manera *in vitro* a 22 hongos y un oomicete evaluados en el presente estudio. Trabajos futuros podría enfocarse en evaluar la actividad antagónica de *I. lacteus* en condiciones de campo para el control de fitopatógenos; así como la evaluación y determinación de compuestos antifúngicos derivados de *I. lacteus* P7B.

## LITERATURA CITADA

- Barratt BIP, Moran VC, Bigler F and Van Lenteren JC. 2018. The status of biological control and recommendations for improving uptake for the future. *BioControl* 63:155-167. <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9831-y>
- Cao R, X Liu, K Gao, K Mendgen, Z Kang, J Gao, Y Dai and X Wang. 2009. Mycoparasitism of endophytic fungi isolated from reed on soilborne phytopathogenic fungi and production of cell wall-degrading enzymes in vitro. <https://doi.org/10.1007/s00284-009-9477-9>
- Compant S, Duffy B, Nowak J, Clément C, Barka EA. 2005. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. *Applied and Environmental Microbiology* 71: <https://doi.org/10.1128/AEM.71.9.4951-4959.2005>
- Cruz-Lagunas B, Ortega-Acosta SÁ, Reyes-García G, Toribio-Jiménez J, Juárez-López P, Guillen-Sánchez D, Damián-Nava A, Romero-Ramírez Y and Palemón-Alberto F. 2020. *Colletotrichum gloeosporioides* causes anthracnose on grapefruit (*Citrus paradisi*) in Mexico. *Australasian Plant Disease Notes* 15: 31. <https://doi.org/10.1007/s13314-020-00401-z>
- Eilenberg J, Hajek A and Lomer C. 2001. Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl* 46:387-400. <https://doi.org/10.1023/A:1014193329979>
- Gafforov Y, Deshmukh SK, Tomšovský M, Yarasheva M, Wang M and Rapior S. 2023. *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. - IRPICACEAE. Pp: 1203-2217. In: Khojimatov OK, Gafforov Y and Bussmann RW (eds.). *Ethnobiology of Uzbekistan*. Ethnobiology. Springer, Cham, Suiza. 1513p. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-23031-8\\_114](https://doi.org/10.1007/978-3-031-23031-8_114)
- Hou B, and Wu L. 2010. Safety impact and farmer awareness of pesticide residues. *Food and Agricultural Immunology* 21(3):191-200. <https://doi.org/10.1080/09540105.2010.484858>
- Karlsson M, Atanasova L, Jensen DF, Zeilinger S. 2017. Necrotrophic mycoparasites and their genomes. *Microbiology Spectrum* 5(2): FUNK-0016-2016. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.funk-0016-2016>
- Lahlali R, Ezrari S, Radouane N, Kenfaoui J, Esmaeel Q, El Hamss H, Belabess Z, Barka EA. 2022. Biological control of plant pathogens: a global perspective. *Microorganisms*. 9:10(3):596. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10030596>
- Meng S, Torto-Alalibo T, Chibucos MC, Tyler BM and Dean RA. 2009. Common processes in pathogenesis by fungal and oomycete plant pathogens, described with gene ontology terms. *BMC Microbiology*. 9 (Suppl 1): S7. <https://doi.org/10.1186/1471-2180-9-S1-S7>
- Metreveli E, Kachlishvili E, Denchev D and Elisashvili V. 2014. Improved cellulose and xylanase production by co-cultivation of white-rot basidiomycetes. *Ecological Engineering and Environment Protection* 1: 5-11.
- Mezule L and Civzele A. 2020. Bioprospecting white-rot Basidiomycete *Irpex lacteus* for improved extraction of lignocellulose-degrading enzymes and their further application. *Journal of Fungi (Basel)* 6(4):256. <https://doi.org/10.3390/jof6040256>
- Ortega-Acosta SA, Ochoa-Martínez DL, HernándezMorales J and Palemón-Alberto F. 2020. Morphological and genetic characterization of *Corynespora cassiicola* isolates obtained from roselle and associated weeds. *Mexican Journal of Phytopathology* 38(1): 62-78. <http://dx.doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1909-2>
- Palemón-Alberto F, Cruz-Lagunas B, Ortega-Acosta SÁ, Reyes-García G, Damián-Nava A, Toribio-Jiménez J, Romero-Ramírez Y, Vargas-Álvarez D and Bello-Martínez A. 2020. First report of rhizopus soft rot on soursop (*Annona muricata*) caused by *Rhizopus oryzae* in México. *Journal of Plant Disease and Protection* 127:275–277. <https://doi.org/10.1007/s41348-019-00287-9>
- Pineda-Suazo D, Montero-Vargas JM, Ordaz-Ortiz JJ, Vázquez-Marrufo G. 2021. Growth inhibition of phytopathogenic fungi and oomycetes by Basidiomycete *Irpex lacteus* and identification of its antimicrobial extracellular metabolites. *Polish Journal of Microbiology* 70(1):131-136. <https://doi.org/10.33073/pjm-2021-014>
- Qin X, Luo H, Zhang X, Yao B, Ma F and Su X. 2018. Dye-decolorizing peroxidases in *Irpex lacteus* combining the catalytic properties of heme peroxidases and laccase play important roles in ligninolytic system. *Biotechnology for Biofuels* 11:302. <https://doi.org/10.1186/s13068-018-1303-9>
- Roncero C and Vázquez de Aldana CR. 2019. Glucanases and Chitinases. Pp: :131-166. In: Latgé JP. (eds). *The Fungal Cell Wall*. *Current Topics in Microbiology and Immunology*. Springer, Cham, Suiza. 369p. [https://doi.org/10.1007/82\\_2019\\_185](https://doi.org/10.1007/82_2019_185)



- Sivanandhan S, Khusro A, Paulraj MG, Ignacimuthu S and AL-Dhabi NA. 2017. Biocontrol properties of Basidiomycetes: An Overview. *Journal of Fungi* 3(1):2. <https://doi.org/10.3390/jof3010002>
- Stenberg JA, Sundh I, Becher, PG, Bjorkman C, Dubey M, Egan PA, Friberg H, Gil JF, Jensen, DF, Jonsson M, Karlsson M, Khalil S, Ninkovic V, Rehermann G, Vetukuri RR and Viketoft M. 2021. When is it biological control? A framework of definitions, mechanisms, and classifications. *Journal of Pest Science* 94: 665–676. <https://doi.org/10.1007/s10340-021-01354-7>
- Viterbo A and Horwitz BA. 2010. Mycoparasitism. Pp: 676-693. *In: Borkovich KA and Ebbole DJ (eds). Cellular and Molecular Biology of Filamentous Fungi. ASM Press, Washington, DC., USA. 784p.* <https://doi.org/10.1128/9781555816636.ch42>
- Viterbo A, Inbar J, Hadar Y and Chet I. 2007. Plant disease biocontrol and induced resistance via fungal mycoparasites. Pp 127-146. *In: Kubicek CP and Druzhinina I (eds). The Mycota, vol. IV. Springer, Berlin, Germany. 350p.* [https://doi.org/10.1007/978-3-540-71840-6\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-540-71840-6_8)
- Wang DL, Yang XQ, Shi WZ, Cen RH, Yang YB and Ding ZT. 2021. The selective anti-fungal metabolites from *Irpex lacteus* and applications in the chemical interaction of *Gastrodia elata*, *Armillaria* sp., and endophytes. *Fitoterapia*. 155: 105035. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2021.105035>
- White GJ, Traquair JA. 2006. Necrotrophic mycoparasitism of *Botrytis cinerea* by cellulolytic and ligninocellulolytic Basidiomycetes. 2006. *Canadian Journal of Microbiology* 52(6):508-18. <https://doi.org/10.1139/w05-141>
- White TJ, Bruns T, Lee S, and Taylor J. 1990. Amplification and Direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *In: Innis MA, Gelfand DA, Sninsky JJ, White TJ. (eds.) PCR Protocols. A Guide to Methods and Applications. Academic Press, CA, USA p. 315-322.*
- Yin HY, Yang XQ, Wang DL, Zhao TD, Wang CF, Yang YB, and Ding ZT. 2021. Antifeedant and antiphytopathogenic metabolites from co-culture of endophyte *Irpex lacteus*, phytopathogen *Nigrospora oryzae*, and entomopathogen *Beauveria bassiana*. *Fitoterapia*. 148: 104781. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2020.104781>