



Control *in vitro* de *Colletotrichum gloeosporioides* causante de la antracnosis en toronja (*Citrus paradisi*) mediante extractos vegetales

Guadalupe Reyes-García¹, Santo Ángel Ortega-Acosta¹, Francisco Palemón-Alberto^{1*}, Juan Elías Sabino López¹, Oscar Martín Antunez Ocampo², Claudia Martínez Alonso¹, Anayeli Morales Rosales¹. ¹Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Autónoma de Guerrero, Periférico poniente s/n. Frente a la Colonia Villa de Guadalupe, C. P. 40040. Iguala de la Independencia, Guerrero, México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo experimental Iguala. Carretera Iguala-Tuxpan km 2.5. C. P. 40000, Iguala de la Independencia, Guerrero, México.

*Autor de Correspondencia:
Francisco Palemón-Alberto
14971@uagro.mx

Sección:
Edición periódica

Recibido:
01 Diciembre, 2025
Aceptado:
23 Enero, 2026
Publicado:
05 Febrero, 2026

Cita:
Reyes-García G, Ortega-Acosta SA, Palemón-Alberto F, Sabino López JE, Antunez Ocampo OM, et al. 2026. Control *in vitro* de *Colletotrichum gloeosporioides* causante de la antracnosis en toronja (*Citrus paradisi*) mediante extractos vegetales. Revista Mexicana de Fitopatología 44(2): 111. <https://doi.org/10.18781/R.ME.X.FIT.2512-1>

RESUMEN

Antecedentes/Objetivo. Anualmente, la producción de cítricos (*Citrus* spp.) es afectada por la antracnosis, asociada a *Colletotrichum* spp. Esta enfermedad se puede presentar en precosecha y postcosecha, y generalmente se controla con fungicidas sintéticos. Una alternativa a estos productos es la aplicación de extractos de plantas con propiedades antifúngicas, por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de extractos vegetales en condiciones *in vitro* contra *Colletotrichum gloeosporioides* causante de antracnosis en toronja (*Citrus paradisi*).

Materiales y Métodos. Los extractos se obtuvieron de 17 especies de plantas colectadas de diferentes zonas de Guerrero. La evaluación de la efectividad de los extractos se realizó mediante la técnica de cultivo PDA envenenado (PDA + extracto vegetal al 10 %), en el cual se sembraron discos de 5 mm de diámetro del hongo en cajas Petri. Como control positivo se utilizó el fungicida Benomyl al 10 %, y el control negativo fue PDA puro. Se usó el diseño experimental completamente al azar con 19 tratamientos y tres repeticiones. El porcentaje de inhibición del crecimiento micelial de *C. gloeosporioides*, se registró cuando el control negativo cubrió totalmente la superficie de la caja Petri. Los datos fueron analizados con el programa estadístico SAS Ver. 9.0.

Resultados. Los mejores extractos fueron semilla de zopilote (*Swietenia macrophylla*), corteza de sangre de toro (*Bocconia arborea*), hoja-tallo de sangre de toro (*B. arborea*) y semilla de moringa (*Moringa oleifera*), al inhibir el crecimiento de *C. gloeosporioides* en 69.2, 67.5, 44.1 y 35.6 %, respectivamente. El control positivo Benomyl inhibió un 100 % el crecimiento de *C. gloeosporioides*.

Conclusión. El mejor efecto inhibitorio *in vitro* de *Colletotrichum gloeosporioides*, se obtuvo con los extractos de semillas de *Swietenia macrophylla* (69.2 %), seguido corteza de *Bocconia arborea* (67.5 %), hoja-tallo de *B. arborea* (44.1 %) y *Moringa oleifera*. (35.6 %).

Palabras clave: Manejo biorracional, Enfermedades fungosas, Biofungicida



INTRODUCCIÓN

Los cítricos (*Citrus* spp.), se produce en regiones templadas y tropicales del mundo (Spiegel-Roy y Goldschmidt, 2008). En México, la producción citrícola es de gran importancia ya que se realiza en 23 estados de la república donde genera diversos empleos e ingresos económicos. Sin embargo, la antracnosis de los cítricos causada por *Colletotrichum* spp., limita la citricultura, ya que en precosecha reduce los rendimientos, mientras que en poscosecha afecta la calidad de la fruta, lo que dificulta su comercialización (Phoulivong *et al.*, 2012; Ghanei y Mollazade, 2023). En México *C. gloeosporioides* es el principal agente asociado a la antracnosis de cítricos (Rojo-Báez *et al.*, 2017; Cruz-Lagunas *et al.*, 2020).

El método más común para su manejo precosecha y poscosecha es el control químico, principalmente mediante la aplicación de fungicidas sintéticos como productos cúpricos, estrobirulinas, ditiocarbamatos, clorotalonil, entre otros (Bordoh *et al.*, 2020; Ciofini *et al.*, 2022). No obstante, el uso de estos fungicidas en productos agrícolas destinados al consumo humano representa un riesgo para la salud, además de que contaminan el suelo, agua y afectan a organismos no objetivo (Ncama *et al.*, 2019). Adicionalmente, el mal uso, así como el uso frecuente de un solo fungicida con el mismo modo de acción ha propiciado el desarrollo de cepas resistentes de fitopatógenos (Gan y Wickings, 2017; Damalas, 2018; Zhang *et al.*, 2020).

Por lo tanto, es necesario generar alternativas biorracionales de manejo de enfermedades con el fin de disminuir el impacto negativo de los agrotóxicos. En este contexto, el uso de extractos vegetales es considerada una alternativa sustentable para mitigar los problemas fitosanitarios, disminuir pérdidas económicas y reducir el impacto de la actividad humana en el ambiente (Cerqueira *et al.*, 2016; Bernal *et al.*, 2005). Los extractos vegetales han sido evaluados debido a su efecto biofungicida, atribuido a la presencia de diversos metabolitos secundarios, como compuestos fenólicos, flavonoides, quinonas, taninos, cumarinas, entre otros (Vig *et al.*, 2009; Ncama *et al.*, 2019); además de que su uso tiene una mayor aceptación por la sociedad al evitar los riesgos secundarios referidos anteriormente (Tomazoni *et al.*, 2016). Acorde con los antecedentes, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de 17 extractos etanólicos contra *C. gloeosporioides* causante de la antracnosis en frutos de toronja en condiciones *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento. El trabajo de investigación fue desarrollado en el laboratorio de Fisiología y Biotecnología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Autónoma de Guerrero, ubicada en Iguala de la Independencia, Guerrero, México, perteneciente a la Región Norte, localizada a una altitud de 731 m s. n. m. entre las coordenadas geográficas: 18°21'21.8"N, 99°32'57.6"W.

Fitopatógeno evaluado. Se utilizó el hongo fitopatógeno *Colletotrichum gloeosporioides*, previamente identificado morfológica, con la realización de postulados de Koch y molecularmente, como causante de antracnosis en toronja (*Citrus paradisi*) aislamiento con clave COLTOR1 (Cruz-Lagunas *et al.*, 2020).

Colecta y obtención de extractos etanólicos. Las muestras de corteza, hojas, tallos y semillas fueron recolectadas en las regiones Centro y Norte de Guerrero (Cuadro 1), las muestras fueron prelavadas con jabón y agua, mismas que se sometieron a secado a temperatura ambiente a la sombra durante siete días; en el caso de las semillas se conservaron en frascos de vidrio hasta ser procesadas. Se pesaron 50 g de material vegetal seco y 100 g de semilla con una báscula

granataria digital (Denver Instrument®), posteriormente se realizó un prelavado con solución de NaClO al 0.5 % por 2 minutos, seguido de cuatro lavados con agua destilada estéril. Posteriormente, el material se extendió en sanitas y se mantuvo a temperatura ambiente para eliminar el exceso de humedad. El material vegetal se pulverizó en una licuadora convencional y el polvo resultante se mantuvo en etanol a 96 % (Ochoa *et al.*, 2012) por 24 horas aproximadamente. Posteriormente, los extractos etanólicos de cada muestra se filtraron con gasas estériles y se colocaron en un horno de secado digital (Novatech®) para eliminar el etanol. Los extractos vegetales fueron colocados en recipientes de plástico, etiquetados y colocados en refrigeración a 6 °C hasta su uso posterior.

Preparación del medio de cultivo envenenado. Para evaluar el efecto de los extractos, se utilizó la técnica de medio de cultivo envenenado (Wilson *et al.*, 1997). Para este fin, se elaboró medio de cultivo PDA, siguiendo las instrucciones del fabricante (MCD LAB®), se le agregaron 2 mL de gentamicina + 2 mL de cloranfenicol/litro y, posteriormente, la mezcla se vació en cajas Petri con el extracto vegetal al 10 % (Shamim y Chowdhury, 2016) que consistió en una mezcla de 22.5 mL de medio PDA + 2.5 mL del extracto vegetal. Para el control positivo se utilizó el fungicida comercial Benomyl al 10 % (22.5 mL de medio PDA + 2.5 mL de Benomyl), mientras que como control negativo se utilizó solo medio PDA (25 mL) sin extracto vegetal. El diseño experimental fue completamente al azar con 19 tratamientos (Cuadro 1) y tres repeticiones/tratamiento. En cada caja Petri preparada con el tratamiento correspondiente se colocó en la parte central un disco (5 mm de diámetro) del hongo *C. gloeosporioides*. Posteriormente, las cajas fueron selladas, etiquetadas e incubadas en condiciones de laboratorio.

Variable evaluada. Para determinar la inhibición del crecimiento del hongo, se midió el diámetro del crecimiento micelial con una regla graduada a cada colonia, después de que el control negativo cubrió totalmente la superficie de la caja Petri. Posteriormente, el diámetro radial micelial fue registrado, se le restó el diámetro del disco del hongo fitopatígeno (5 mm) transferido inicialmente y se calculó el promedio y el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (Rebolledo-Prudencio *et al.*, 2025).

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{\text{diámetro micelial del testigo} - \text{diámetro micelial del tratamiento}}{\text{diámetro micelial del testigo}} \times 100$$

Análisis estadístico. Con los datos generados del porcentaje de inhibición micelial, se efectuó un análisis de varianza y cuando se detectaron diferencias estadísticas, éstas se separaron mediante la prueba de medias LSD (*Least Significant Difference*) por sus siglas en inglés, con una probabilidad del 95 % ($p \leq 0.05$). Los análisis se realizaron con el software SAS Ver. 9.0.

Cuadro 1. Colecta del material vegetal en la Región Centro y Norte de Guerrero y tratamientos.

Núm.	Nombre común	Nombre científico	Parte utilizada	Tratamiento	Ubicación	Altitud	Referencia de actividad antimicrobiana
1	Árbol de zopilote	<i>Swietenia macrophylla</i>	Semilla	T1 = SZop			Tan <i>et al.</i> , 2021
2	Moringa	<i>Moringa oleifera</i>	Semilla	T2 = SMor	Iguala, Gro., Región Norte	731 m s. n. m.	Riad <i>et al.</i> , 2014
3	Chicalote	<i>Argemone ochroleuca</i>	Hoja y tallo	T3 = ChHT			Juárez-García <i>et al.</i> , 2020
4	Higuerilla	<i>Ricinus communis</i>	Hoja	T4 = HHig			Montes-Belmont, 2009
5	Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	Hoja y tallo	T5 = EHT	Zoquitipa, municipio de Chilapa de Álvarez, Gro., Región Centro	1511 m s. n. m.	Baños <i>et al.</i> , 2004
6	Zacate limón	<i>Cymbopogon citratus</i>	Hoja	T6 = ZLH			Scalvenzi <i>et al.</i> , 2016
7	Fresno	<i>Fraxinus excelsior</i>	Hoja y tallo	T7 = FHT			Sin registro
8	Quina	<i>Hintonia latiflora</i>	Hoja y tallo	T8 = QHT			Sin registro
9	Jarilla	<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	Hoja y tallo	T9 = JHT			Hernández-Albíter <i>et al.</i> , 2007
10	Cornejo sedoso	<i>Cornus sericea</i>	Hoja	T10 = HCS	Acayahualco, municipio de Tepecoacuilco, Gro., Región Norte	800 m s. n. m.	Sin registro
11	Cornejo sedoso	<i>Cornus sericea</i>	Semilla	T11 = SCS			Sin registro
12	Guazuma	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Hoja	T12 = HGzm			Ramírez-Salcedo <i>et al.</i> , 2019
13	Guazuma	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Fruto	T13 = FGzm			Ramírez-Salcedo <i>et al.</i> , 2019
14	Sangre de toro	<i>Bocconia arborea</i>	Hoja y tallo	T14 = STHC	Coaxtlahuacán, municipio de Mochitlán, Gro., Región Centro	1716 m s. n. m.	Yu <i>et al.</i> , 2014
15	Sangre de toro	<i>Bocconia arborea</i>	Corteza del árbol	T15 = STC			Yu <i>et al.</i> , 2014
16	Cola de caballo	<i>Equisetum arvense</i>	Tallo y hoja	T16 = CCTH			García <i>et al.</i> , 2013
17	Cubata	<i>Acacia cochliacantha</i>	Hoja, tallo y espina	T17 = CHTE	Tomatal, municipio de Iguala, Gro., Región Norte	866 m s. n. m.	Sin registro
18	-----	-----	-----	T18 = CNP ¹	-----	-----	-----
19	-----	-----	-----	T19 = CPB ²	-----	-----	-----

¹Control negativo=PDA puro

²Control positivo=Benomyl

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico detectó significancia estadística en el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (PICM) de *Colletotrichum gloeosporioides* por efecto de los tratamientos evaluados. Para el PICM, los resultados estadísticos indicaron que el control positivo Benomyl (CPB) y el extracto de semilla de zopilote (T1 = SZop) (*Swietenia macrophylla*) fueron los mejores estadísticamente ($p \leq 0.05$), al lograr inhibir el 100 y 69.2 % del PICM de *C. gloeosporioides*, respectivamente, seguido de la corteza de sangre de toro (T15 = STC) (*Bocconia arborea*) con 67.5 %, hoja-tallo de sangre de toro (T14 = STHC) con 44.1 % y semilla de moringa (T2 = SMor) (*Moringa oleifera*) con 35.6 % (Figuras 1 y 2).

Por otra parte, los extractos que presentaron de moderado a mínimo efecto en el PICM de *C. gloeosporioides* fueron los tratamientos de extracto de hoja-tallo de chicalote (T3 = ChHT) (*Argemone ochroleuca*), hoja-tallo de fresno (T7 = FHT) (*Fraxinus excelsior*), hoja-tallo de quina (T8 = HTQ) (*Hintonia latiflora*), hoja de higuera (T4 = HHig) (*Ricinus communis*) y hoja-tallo de eucalipto (T5 = EHT) (*Eucalyptus globulus*), que presentaron de 19.8 a 6.3 % de PICM. El resto de los tratamientos mostraron un efecto nulo sobre el crecimiento micelial de *C. gloeosporioides* (0 % de PICM) (Figura 1).

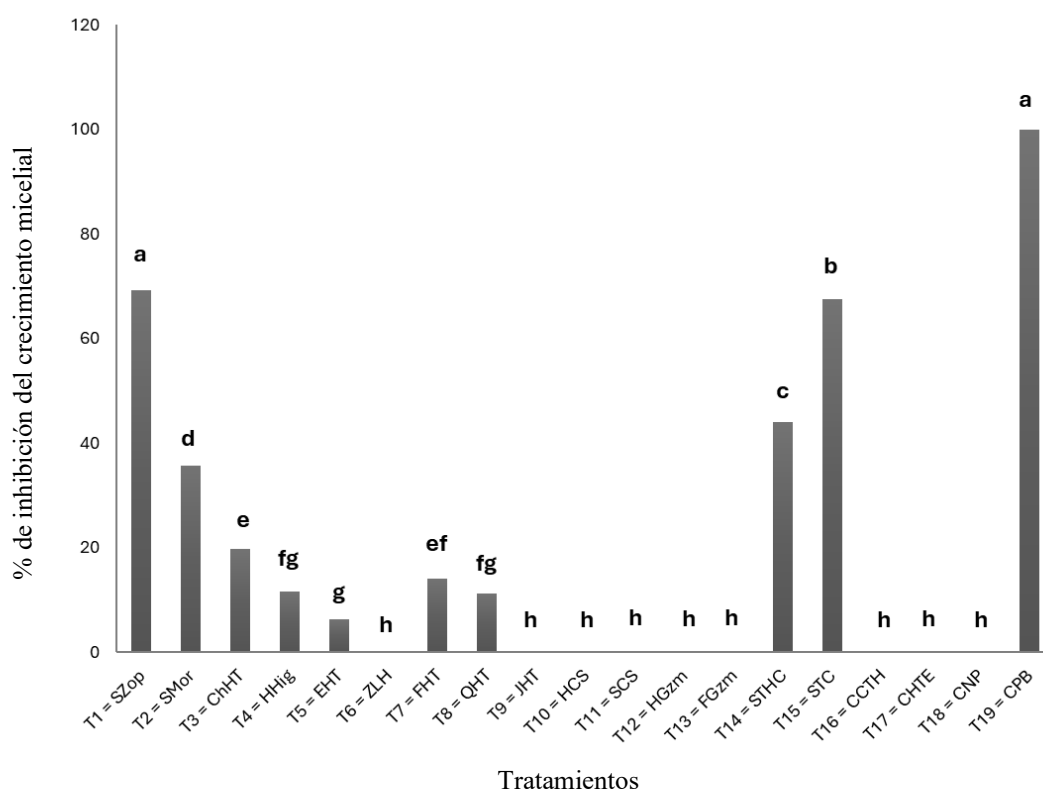


Figura 1. Efecto de los extractos de 17 especies de plantas sobre el crecimiento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides* aislamiento COLTOR1. Medias con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba LSD ($p \leq 0.5$).

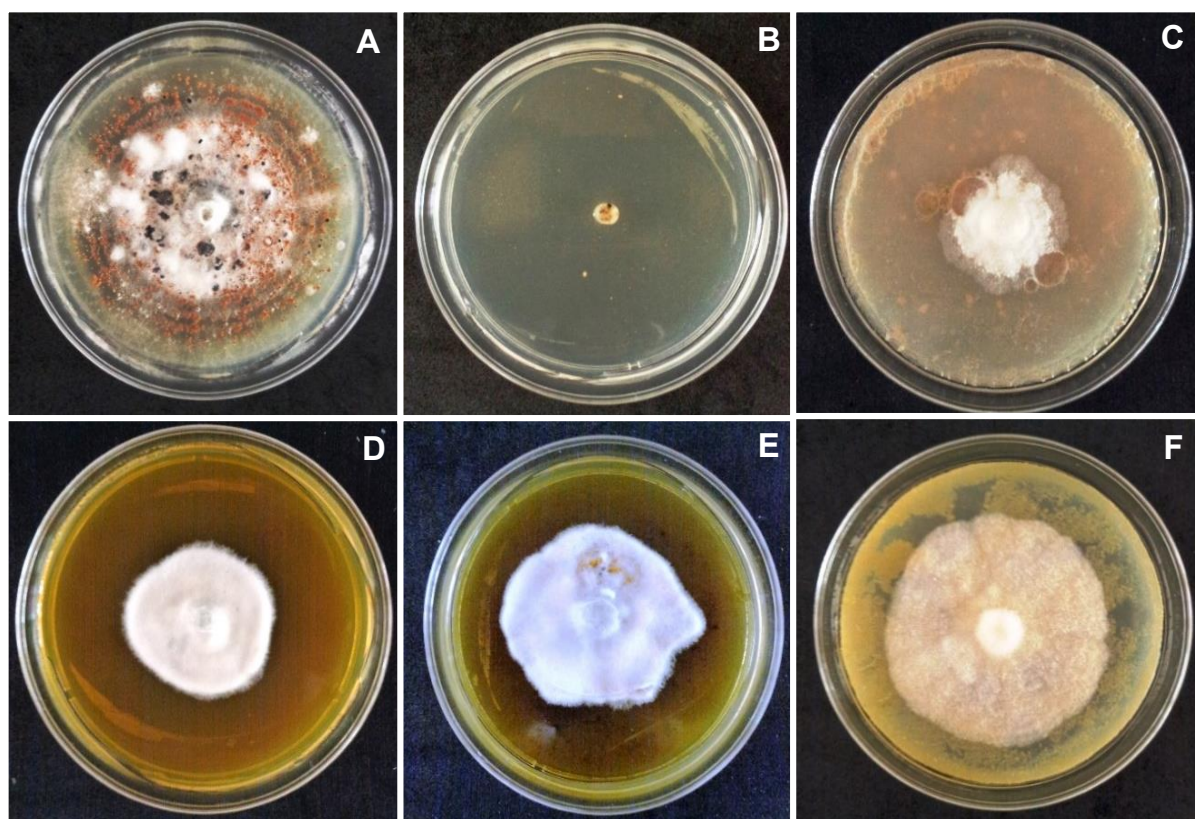


Figura 2. Efecto de extractos botánicos contra *Colletotrichum gloeosporioides*. A= Control negativo (PDA) (T18); B= Control positivo (T=19) (Benomyl); C= Semilla de zopilote (*Swietenia macrophylla*) (T1 = SZop); D= Corteza de sangre de toro (*Bocconia arborea*) (T15 = STC); E= Tallo-hoja de sangre de toro (*B. arborea*) (T14 = STHC) y F= Semilla de moringa (*Moringa oleifera*) (T2 = SMor).

En 2021, Tan y colaboradores evaluaron el efecto de extractos metanólicos de semillas de *Swietenia macrophylla* contra los fitopatógenos *Magnaporthe oryzae*, *Phytophthora capsici* y *P. palmivora*, y determinaron una alta efectividad antifúngica, la cual fue atribuida principalmente a la presencia de compuestos limonoides. Igualmente, Mukherjee *et al.* (2011), demostraron una alta efectividad de semillas de *S. macrophylla* para controlar *C. gloeosporioides* bajo condiciones *in vitro* con resultados similares a los obtenidos en este estudio. Por otra parte, extractos etanólicos de corteza, hoja y tallo de sangre de toro presentaron efecto inhibitorio del crecimiento radial de *C. gloeosporioides*, no se encontraron reportes de su efectividad contra fitopatógenos; sin embargo, Navarro y Delgado (1999) y Yu *et al.* (2014), mencionan que el efecto antimicrobiano de *Bocconia arborea* se debe a la presencia de diversos alcaloides con capacidad antibacteriana y antifúngica.

El extracto etanólico de semillas de moringa (*Moringa oleifera*) presentó un efecto moderado (35.5 %) de inhibición micelial de *C. gloeosporioides*. Al respecto, Riad *et al.* (2014), determinaron que el extracto de semillas de moringa al 10 y 20 % inhibieron el crecimiento micelial de *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Alternaria solani* y *A. alternata* entre un 66.7 y un 95.5 %. Cabe destacar que el efecto antifúngico del extracto de moringa está asociada a su naturaleza fenólica y a la presencia de cumarinas volátiles, saponinas, triterpenos, esteroides, flavonoides y taninos (Linares-Rivero *et al.*, 2018).

La actividad antifúngica del extracto etanólico de hoja-tallo de chicalote (*Argemone ochroleuca*) inhibió en un 19.8 % a *C. gloeosporioides*. Al respecto, Juárez-García *et al.*

(2020), evaluaron el efecto del extracto etanólico de *A. ochroleuca* contra *Fusarium oxysporum* en tres concentraciones (13, 23 y 31 %), y documentaron que la inhibición fue de un 66 % empleando un extracto al 13 %. Al incrementar las concentraciones a 23 y 31 %, reportaron una inhibición del crecimiento micelial del 100 % del hongo. Se sabe que su actividad biológica frente a diversos hongos fitopatógenos se atribuye a que contiene compuestos químicos como alcaloides, terpenoides, flavonoides y fenoles (Brahmachari *et al.*, 2013). Un extracto etanólico de hoja-tallo de fresno (*Fraxinus excelsior*) mostró baja actividad antifúngica *in vitro* frente a *C. gloeosporioides* (PICM = 14.0 %). Aunque a la fecha, no se ha informado sobre estudios que demuestren una alta actividad *in vitro* de extractos etanólicos de *F. excelsior* contra hongos fitopatógenos; sin embargo, si se han publicado estudios que demuestran una alta actividad antibacteriana de estos extractos por la presencia de cumarinas, secoiridoides, glucósidos feniletanoides, lignanos, flavonoides, compuestos fenólicos, esteroides y triterpenos (Häuser *et al.*, 2025).

La actividad antifúngica del extracto de hoja de higuera (*Ricinus communis*) inhibió en 11.7 % a *C. gloeosporioides*. Se han publicado estudios que muestran actividad antifúngica del extracto de *R. communis* contra hongos fitopatógenos de los géneros *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium* y *Sphaerotheca* (Schlösser, 1980; Montes-Belmont, 2009). Vargas *et al.* (2009), informaron que la higuera posee capacidad antifúngica para disminuir la enfermedad de la sigatoka negra del plátano provocada por *Mycosphaerella fijiensis*. La actividad antifúngica de este extracto se atribuye a diversas sustancias como flavonoides, glucósido cianogénico, saponinas, oxalato, alcaloides y taninos (Yeboah *et al.*, 2020).

La actividad antifúngica del extracto de hoja-tallo de quina (*Hintonia latiflora*) inhibió el crecimiento micelial del hongo *C. gloeosporioides* en un 11.3 %. A la fecha, no se han encontrado evidencias científicas que muestren un efecto antifúngico de extractos etanólicos provenientes de la quina. El extracto de hoja-tallo de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) presentó mínima actividad antifúngica con PICM de 6.3 % del hongo *C. gloeosporioides*. Baños *et al.* (2004) reportaron la reducción del crecimiento micelial de *C. gloeosporioides* (39 %) con un extracto botánico de eucalipto blanco (*Eucalyptus globulus*). Las hojas y las raíces de las especies del género *Eucalyptus* inhibieron el crecimiento de hongos fitopatógenos debido a que contienen los ácidos clorogénico, elágico, cafeínico, ferulico, gálico, gentísico, además el aceite esencial de *Eucalyptus* está constituido por taninos y flavonoides (Celis *et al.*, 2008). El control positivo consistió en la aplicación del fungicida benomyl, este producto comercial inhibió el 100 % a *C. gloeosporioides*. Para el resto de los tratamientos el efecto fue nulo (0 %); sin embargo, no se descarta su capacidad antifúngica a mayores concentraciones, por lo que trabajos posteriores podrían enfocarse en evaluar otros métodos de extracción y mayores dosis.

CONCLUSIONES

Se determinó que los extractos etanólicos que mostraron mayor porcentaje de inhibición de crecimiento micelial (PICM) de *Colletotrichum gloeosporioides* en condiciones *in vitro* fueron los tratamientos semilla de zopilote (SZop) con 69.2 %, seguido de la corteza de sangre de toro (67.5 %) (STC), hoja de sangre de toro (STH) con 44.1 % y semilla de moringa (SMor) con 35.6 % de PICM. Los extractos de semilla de zopilote, corteza y tallo-hoja de sangre de toro y semilla de moringa, podrían ser evaluados en condiciones de pre cosecha y post cosecha en frutos de toronja para el control de *C. gloeosporioides*, con el objetivo de evaluar su potencial antifúngico en dichas condiciones.

Limitaciones. No aplica.

Conflicto de interés. Entre los autores no hay conflicto de intereses.

Financiamiento. El trabajo de investigación no fue financiado por ninguna institución, los autores solventaron los gastos.

Agradecimientos. Los autores agradecen a las personas que contribuyeron en donar las muestras de plantas utilizadas en el presente estudio.

Contribución de los autores. La estudiante y el comité tutorial condujeron el trabajo de investigación. Los autores contribuyeron en la revisión y conceptualización del manuscrito.

Material Suplementario. No aplica.

REFERENCIAS

- Baños PE, Zavaleta ME, Colinas MT, Luna RI y Gutiérrez AJA. 2004. Control biológico de *Colletotrichum gloeosporioides* [(Penz.) Penz. y Sacc.] en papaya Maradol Roja (*Carica papaya* L.) y fisiología postcosecha de frutos infectados. Revista Mexicana de Fitopatología 22(2):198-205. <https://www.redalyc.org/pdf/612/61222206.pdf>
- Bernal A, Zamora J, Virgen G y Nuño R. 2005. Actividad biológica *in vitro* de extractos de *Lupinus* spp. sobre hongos fitopatógenos. Revista Mexicana de Fitopatología 23(2): 140-146. <https://www.redalyc.org/pdf/612/61223205.pdf>
- Bordoh PK, Ali A, Dickinson M, Siddiqui Y and Romanazzi G. 2020. A review on the management of postharvest anthracnose in dragon fruits caused by *Colletotrichum* spp. Crop Protection 130: 105067. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.105067>
- Brahmachari G, Gorai D and Roy R. 2013. *Argemone mexicana*: chemical and pharmacological aspects. Revista Brasileira de Farmacognosia, 23(3): 559-567. <https://doi.org/10.1590/s0102-695x2013005000021>
- Celis A, Mendoza C, Pachón M, Cardonal J, Delgado W, *et al.* 2008. Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la Familia Piperaceae. Agronomía Colombiana 26(1): 97-106. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652008000100012&lng=en&tlng=es
- Cerqueira M, Barcellos H, Bueno P, Aires J and Dummer M. 2016. Antifungal activity of plants extracts with potential to control plant pathogens in pineapple. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine 6(1): 26-31. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2015.09.026>
- Ciofini A, Negrini F, Baroncelli R and Baraldi E. 2022. Management of post-harvest anthracnose: current approaches and future perspectives. Plants 11: 1856. <https://doi.org/10.3390/plants11141856>
- Cruz-Lagunas B, Ortega-Acosta SÁ, Reyes-García G, Juárez-López P, Guillén-Sánchez D, *et al.* 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>
- Damalas CA. 2018. Current status and recent developments in biopesticide use. Agriculture 8(13):1-6. <https://doi.org/10.3390/agriculture8010013>
- Gan H and Wickings K. 2017. Soil ecological responses to pest management in golf turf vary with management intensity, pesticide identity, and application program. Agriculture, Ecosystems & Environment 246(1): 66-77. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.05.014>
- García D, Ramos AJ, Sanchis V and Marín S. 2013. *Equisetum arvense* hydro-alcoholic extract: phenolic composition and antifungal and antimycotoxigenic effect against *Aspergillus flavus* and *Fusarium verticillioides* in stored maize. Journal of the Science of Food and Agriculture. 93(9):2248-53. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6033>
- Ghaneai GN and Mollazade K. 2023. Optical Techniques for Fungal Disease Detection in Citrus Fruit: A Review. Food and Bioprocess Technology. <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03005-4>
- Häuser H, Pilger A, Ulrichs C and Kätzel R. 2025. Phenolic leaf compounds in ash trees (*Fraxinus excelsior* L.) in the context of ash dieback. Forests 16(9), 1387. <https://doi.org/10.3390/f16091387>
- Hernández-Albíter R C, Barrera-Necha LL, Bautista-Baños S and Bravo-Luna L. 2007. Antifungal potential of crude plant extracts on conidial germination of two isolates of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. and Sacc. Revista Mexicana de Fitopatología 25(2): 180-185. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092007000200013&lng=es&tlng=en
- Juárez-García RA, Sanzón-Gómez D, Ramírez-Santoyo LF, Ruíz-Nieto JE y Hernández-Ruiz J. 2020. Inhibición del crecimiento *in vitro* de *Fusarium oxysporum* Schltdl., con extracto de *Argemone ochroleuca* Sweet (Papaveraceae). Acta Agrícola y Pecuaria 6 (1): 2-8. <https://doi.org/10.30973/aap/2020.6.0061012>

- Linares-Rivero C, Quiñones-Gálvez J, Pérez-Martínez A, Carvajal-Ortiz C, Rivas-Paneca M, *et al.* 2018. Obtención de extractos fenólicos foliares de *Moringa oleifera* Lam mediante el uso de diferentes métodos de extracción. Biotecnología Vegetal 18(1): 47-56. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/575>
- Montes-Belmont R. 2009. Diversidad de compuestos químicos producidos por las plantas contra hongos fitopatógenos. Revista Mexicana de Micología 29:73-82. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802009000100010&lng=es&tlng=es
- Mukherjee A, Khandker S, Islam M and Shahid SB. 2011. Efficacy of some plant extracts on the mycelial growth of *Colletotrichum gloeosporioides*. Journal of the Bangladesh Agricultural University 9(1): 43-48. <https://doi.org/10.3329/jbau.v9i1.8742>
- Navarro V and Delgado G. 1999. Two antimicrobial alkaloids from Bocconia arborea. Journal of Ethnopharmacology 66(2):223-226. [https://doi.org/10.1016/s0378-8741\(98\)00182-2](https://doi.org/10.1016/s0378-8741(98)00182-2)
- Ncama K, Mditshwa A, Tesfay SZ, Mbili NC and Magwaza LS. 2019. Topical procedures adopted in testing and application of plant-based extracts as bio-fungicides in controlling postharvest decay of fresh produce. Crop Protection 115: 142-151. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.09.016>
- Ochoa YM, Cerna E, Landeros J, Hernández S y Delgado JC. 2012. Evaluación *in vitro* de la actividad antifúngica de cuatro extractos vegetales metanólicos para el control de tres especies de *Fusarium* spp. Phyton 81(1): 69-73. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572012000100010&lng=es&tlng=es
- Phoulivong S, McKenzie EHC and Hyde KD. 2012. Cross infection of *Colletotrichum* species; a case study with tropical fruits. Current Research in Environmental and Applied Mycology. 2:99-111. <https://doi.org/10.5943/cream/2/2/2>
- Ramírez-Salcedo HE, Barrientos-Ramírez L, Vargas-Radillo JJ, Rodríguez-Macías R, Ruíz-López MA, *et al.* 2019. Inhibition of *Colletotrichum gloeosporioides* and *Botrytis cinerea* by *Guazuma ulmifolia* Lam extracts. Mexican Journal of Phytopathology 37(2), 330-344. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1812-1>
- Rebolledo-Prudencio OG, Chan-Cupul W, Moreno-Zúñiga G, Cruz-Jiménez CA and Sánchez-Rangel JC. 2025. *Bipolaris oryzae* associated agent at the leaf spot disease in *Cocos nucifera* hybrid “Brazilian Green Dwarf”. Mexican Journal of Phytopathology 43(4): 55. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2024-09>
- Riad R, El-Mohamedy R and Abdalla AM. 2014. Antifungal activity of *Moringa oleifera* oil and seed extract against some plant pathogenic fungi. Middle East Journal of Agriculture Research 3(2): 242-249. <https://www.curreweb.com/mejar/2014/242-249.pdf>
- Rojo-Báez I, Álvarez-Rodríguez B, García-Estrada RS, León-Félix J, Sañudo-Barajas A, *et al.* 2017. Situación actual de *Colletotrichum* spp. en México: Taxonomía, caracterización, patogénesis y control. Revista Mexicana de Fitopatología 35(3): 549-570. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1703-9>
- Scalvenzi L, Yaguache-Camacho B, Guerrini A, Radice M y Chiurato M. 2016. Efectos de los aceites esenciales amazónicos de *Citrus limon* y *Cymbopogon citratus* sobre el crecimiento de hongos fitopatógenos. Revista Amazónica Ciencia y Tecnología, 5 (3): 206-217. <https://doi.org/10.59410/RACYT-v05n03ep01-0070>
- Schlösser F. 1980. Preformed internal chemical defenses. In: Horsfall, J. G. and G. Cowling. (eds.). Plant Disease Vol. V. Academic Press. NY. pp. 161-177.
- Shamim S and Chowdhury P. 2016. Evaluation *in vitro* of fungicides and some plant extracts against rice sheath rot pathogen *Sarocladium oryzae*. Bangladesh Journal of Scientific Research 29(1): 47-54. <https://doi.org/10.3329/bjsr.v29i1.29757>
- Spiegel-Roy P and Goldschmidt EE. 2008. The Biology of Citrus. Cambridge University Press; Cambridge, UK: 2008.
- Tan TN, Hieu HT, Dang QL, Thi HV, Vu HD, *et al.* 2021. Characterization and antifungal activity of limonoid constituents isolated from Meliaceae plants *Melia dubia*, *Aphanamixis polystachya*, and *Swietenia macrophylla* against plant pathogenic fungi *in vitro*. Journal of Chemistry, 2021: 4153790, 12 pp. <https://doi.org/10.1155/2021/4153790>
- Tomazoni EZ, Pansera MR, Pauletti GF, Moura S, Ribeiro RT, *et al.* 2016. *In vitro* antifungal activity of four chemotypes of *Lippia alba* (Verbenaceae) essential oils against *Alternaria solani* (Pleosporeaceae) isolates. Anais da Academia Brasileira da Ciências 88: 999-1010. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201620150019>
- Vargas L, Rodríguez D, Sanabria M y Hernández J. 2009. Efecto de tres extractos vegetales sobre la sigatoka negra del plátano (*Musa* AAB cv. Hartón). Revista UDO Agrícola 9(1):182-190. https://www.researchgate.net/publication/47372025_Efecto_de_tres_extractos_vegetales_sobre_la_Sigatoka_negra_del_platano_Musa_AAB_cv_Hartón
- Vig AP, Rampal G, Thind TS and Arora S. 2009. Bio-protective effects of glucosinolates-A review. Food Science and Technology 42(10): 1561-1572. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.05.023>
- Wilson CL, Solar JM, El-Ghaouth A and Wisniewski ME. 1997. Rapid evaluation of plant extracts and essential oils for antifungal activity against *Botrytis cinerea*. Plant Disease 81 (2): 204-210. <https://doi.org/10.1094/pdis.1997.81.2.204>
- Yeboah A, Lu J, Gu S, Shi Y, Amoanimaa-Dede H, *et al.* 2020. The utilization of *Ricinus communis* in the phytomanagement of heavy metal contaminated soils. Environmental Reviews 28(4): 466-477. <https://doi.org/10.1139/er-2020-0016>
- Yu X, Gao X, Zhu Z, Cao Y, Zhang Q, *et al.* Alkaloids from the tribe Bocconieae (papaveraceae): a chemical and biological review. Molecules 25:19(9):13042-13060. <https://doi.org/10.3390/molecules190913042>
- Zhang L, Song L, Xu X, Zou X, Duan K, *et al.* 2020. Characterization and fungicide sensitivity of *Colletotrichum* species causing strawberry anthracnose in Eastern China. Plant Disease 104:1960-1968. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-19-2241-RE>