



Artículo Científico

## Efectividad biológica de extractos de *Agave striata* y *Fouquieria splendens* sobre *Pythium aphanidermatum* y *Rhizoctonia solani* *in vitro*

Jesús Eduardo Ramírez-Méndez, Francisco Daniel Hernández-Castillo, Gabriel Gallegos-Morales, Diana Jasso-Cantú, Departamento de Parasitología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista. CP. 25315. Saltillo, Coahuila, México; Roberto Arredondo-Valdés, Marco Antonio Tucuch-Pérez\*, Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Coahuila, México. Ing. J. Cárdenas Valdez S/N, Col. República, CP. 25280. Saltillo, Coahuila, México.

\*Autor de  
correspondencia:  
Marco Antonio  
Tucuch-Pérez  
martp1216@gmail.com

Sección:  
Número Especial

Recibido:  
02 Julio, 2024  
Aceptado:  
09 Noviembre, 2024  
Publicado:  
23 Noviembre, 2024

Cita:  
Ramírez-Méndez JE,  
Hernández-Castillo FD,  
Gallegos-Morales G,  
Jasso-Cantú D, Arredondo-  
Valdés R y Tucuch-Pérez  
MA. 2024. Efectividad  
biológica de extractos de  
*Agave striata* y *Fouquieria  
splendens* sobre *Pythium  
aphanidermatum* y  
*Rhizoctonia solani* *in vitro*.  
Revista Mexicana de  
Fitopatología 42(4): 40.  
[https://doi.org/10.18781/R.  
MEX.FIT.2024-23](https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2024-23)



### RESUMEN

**Antecedentes/Objetivo.** *Pythium aphanidermatum* y *Rhizoctonia solani* son patógenos que afectan cultivos agrícolas. Este estudio tuvo como objetivo evaluar extractos metanólicos de *Agave striata* y *Fouquieria splendens* del desierto chihuahuense sobre estos hongos, buscando alternativas de control biológico.

**Materiales y Métodos.** Se aislaron los patógenos de plantas de chile, identificándolos por métodos morfológicos y moleculares. Se prepararon extractos metanólicos de ambas plantas, y se analizó la capacidad antioxidante (CA), contenido de polifenoles totales (CPT), y compuestos antifúngicos por HPLC-MS. La efectividad antifúngica se evaluó en concentraciones de 3.9 a 2000 mg L<sup>-1</sup> mediante medio envenenado y se observó el daño en las estructuras de los hongos.

**Resultados.** Los extractos de *F. splendens* y *A. striata* mostraron una CA de 55% y 68%, respectivamente, y CPT de 61 mg/g y 112 mg/g. Ambos contenían ácido cafeico y quercetina, mientras que *F. splendens* también presentaba eridictiol, kaempferol, y luteolina; *A. striata* contenía pinocembrina y terflavina B. *F. splendens* logró 100% de inhibición de *P. aphanidermatum* a 250 mg L<sup>-1</sup> y de *R. solani* a 500 mg L<sup>-1</sup>, mientras que *A. striata* alcanzó 100% de inhibición a 1000 mg L<sup>-1</sup> en ambos casos. Los extractos provocaron lisis en oogonios de *P. aphanidermatum* y fragmentación en el micelio de *R. solani*.

**Conclusión.** Los extractos metanólicos de *F. splendens* y *A. striata* muestran actividad antifúngica prometedora contra *P. aphanidermatum* y *R. solani*, sugiriendo

que estos compuestos naturales pueden ser útiles como alternativa biológica para el control de estos patógenos en cultivos agrícolas.

**Palabras clave:** extractos vegetales, efectividad biológica, fitoquímicos, hongos fitopatógenos.

## INTRODUCCIÓN

*Pythium aphanidermatum* y *Rhizoctonia solani* son patógenos ampliamente reconocidos por su capacidad para causar enfermedades devastadoras en una variedad de cultivos agrícolas importantes. *P. aphanidermatum* causa pudrición de raíz, afecta el sistema radicular y provoca muerte de plántulas preemergentes por lesiones acuosas en raíz y tallo (Punja y Yip, 2003; Grijalba *et al.*, 2015). Por su parte *R. solani* afecta tallos desde la base, causando pudriciones blandas y daños radiculares que debilitan y matan las plantas prematuramente (Medeiros *et al.*, 2015). La persistencia y adaptación de estos fitopatógenos en el suelo complican su manejo, afectando la seguridad alimentaria y la economía agrícola. Por lo anterior mencionado, en la actualidad se buscan alternativas sustentables, como los extractos vegetales, destacando las plantas del Desierto Chihuahuense como una opción para la producción de extractos vegetales por su composición fitoquímica y su capacidad para inhibir el desarrollo de microorganismos fitopatógenos (Tucuch-Pérez *et al.*, 2021).

En este sentido *Fouquieria splendens* y *Agave striata* coexisten y se desarrollan dentro del Desierto Chihuahuense. *A. striata* o “agave espadín” tiene una amplia distribución en el sur, desde los estados mexicanos de Coahuila hasta Hidalgo (Gentry, 1982), en tanto que *F. splendens* u “ocotillo” se distribuye desde el suroeste de Estados Unidos hasta la parte sur de Zacatecas, Querétaro e Hidalgo (Henrickson, 1972). Investigaciones indican que plantas del Desierto Chihuahuense pueden inhibir o eliminar microorganismos fitopatógenos (Lira-Saldívar, 2003), los cuales causan enfermedades devastadoras en cultivos de importancia económica (Martínez *et al.*, 2016; Hernández *et al.*, 2018).

El control de microorganismos fitopatógenos se atribuye a los factores ambientales presentes en estas regiones, los cuales estimulan la producción de compuestos antimicrobianos en las plantas silvestres (Larios *et al.*, 2020; Salas *et al.*, 2023). Las familias Agavaceae y Fouquieriaceae han destacado por sus propiedades antimicrobianas (González *et al.*, 2015; Ramírez *et al.*, 2023). Actualmente, se conoce que *A. striata* y *F. splendens* se emplean para tratar diversas afecciones en la medicina tradicional (Pérez *et al.*, 2003; López *et al.*, 2022), y han mostrado propiedades antimicrobianas contra *Clavibacter michiganensis* subsp *michiganensis*, presentando

fitoquímicos tales como alcaloides, carbohidratos, flavonoides, saponinas, taninos y quinonas (Ramírez *et al.*, 2023). Los objetivos de la presente investigación fueron identificar compuestos fitoquímicos presentes en extractos metanólicos de *A. striata* y *F. splendens*, determinar su Capacidad Antioxidante (CA) y Contenido de Polifenoles Totales (CPT), evaluar su efectividad biológica *in vitro* sobre *P. aphanidermatum* y *R. solani*, y observar cambios morfológicos en sus estructuras por los extractos vegetales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Colecta de plantas.** Se colectaron hojas de *A. striata* y tallos de *F. splendens* en el municipio de General Cepeda, Coahuila, México (25°20'27.13"N y 101°27'52.07"O a 1531 m.s.n.m.), durante el mes de agosto. Estas se depositaron en bolsas de plástico color negro para su traslado al laboratorio de Micología y Biotecnología del departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. El material vegetal se lavó con agua corriente, posteriormente se colocaron en una estufa de secado (Arsa AR-130D, México) a 60 °C hasta presentar peso constante. Finalmente, se trituraron con un molino (Surtek Mogral, México); y se tamizaron con un tamiz de 0.2 mm para guardarse en recipientes oscuros debidamente identificados hasta su uso.

**Preparación de los extractos.** Los extractos se prepararon siguiendo la metodología reportada por Jasso *et al.* (2015), con algunas modificaciones, utilizando metanol al 96 % como solvente; se depositaron 42 g del polvo de cada planta en matraces de 500 mL adicionando 375 mL del solvente; y se colocaron en una parrilla de agitación (Thermo Scientific Cimarec, USA) durante 72 h a 60 °C. Posteriormente el solvente se separó mediante rota evaporación (IKA RV 10 digital V, USA) a 150 rpm a 70 °C. Una vez obtenida la fracción metanólica esta se vertió en recipientes de vidrio y se colocaron en una estufa de secado (Arsa AR-130D, México) a 50 °C durante 72 h, finalmente, los extractos se pulverizaron y se almacenaron en frascos color ámbar en refrigeración a temperatura de 4 °C.

**Caracterización de fitoquímicos presentes en extractos de *Agave striata* y *Fouquieria splendens* mediante Cromatografía de líquidos de fase inversa (HPLC-MS).** El análisis por cromatografía líquida de alta resolución en fase inversa se realizó siguiendo la metodología de Ascacio *et al.* (2016), que consiste en utilizar un sistema de HPLC Varian que incluye un inyector automático (Varian ProStar 410, EE. UU.), una bomba ternaria (Varian ProStar 2310, EE. UU.) y un decantor PDA (Varian ProStar 330, EE. UU.). También se utilizó un espectrómetro

de masas con trampa de iones de cromatógrafo de líquidos (Varian 500 – MS IT Mass Spectrometer, EE. UU.) equipado con una fuente de iones por electropulverización. Se inyectaron muestras (5 µL) en una columna Denali C18 (150 mm x 2.1 mm, 3 µm, Grace, EE. UU.). La temperatura del horno se mantuvo a 30 °C. Los eluyentes fueron ácido fórmico (0.2 %, V/V; disolvente A) y acetronitrilo (disolvente B). Se aplicó el siguiente gradiente: inicial, 3 % B; 0 – 5 min, 9 % B lineal; 5 – 15 min, 16 % B lineal; 15 – 45 min, 50 % B lineal. Después la columna se lavó y se reacondicionó, el caudal se mantuvo a 0.2 mL/min y la elución se controló a 245, 280, 320 y 550 nm. Se inyectó todo el efluente (0.2 mL/min) en la fuente del espectrómetro de masas, sin dividir. Todos los experimentos de EM se llevaron a cabo en modo negativo [M-H]<sup>-1</sup>. Se utilizó nitrógeno como gas nebulizador y helio como gas amortiguador. Los parámetros de la fuente de iones fueron: voltaje de pulverización 5.0 kV y voltaje capilar y temperatura fueron 90.0 V y 350 °C, respectivamente. Los datos se recopilaron y procesaron utilizando el Software MS Workstation (V 6.9). Las muestras se analizaron en primer lugar en modo de barrido completo adquiridas en el rango m/z 50 – 2000. 6,951.6

**Capacidad antioxidante DPPH en extractos de *Agave striata* y *Fouquieria splendens*.** Se determinó según lo descrito por Brand *et al.* (1995) con algunas modificaciones, se analizó por espectrofotometría, para ello se pesaron 50 mg de material seco al cual se le agregó 1.0 mL de metanol al 80 %. Posteriormente las muestras se zonificaron durante 20 min y centrifugaron 15 min a 14000 rpm. Una vez obtenido el extracto, se tomó una alícuota de 10 µL la cual fue colocada en microplacas de 96 pocillos y se añadió 290 µL del reactivo DPPH preparado con metanol absoluto al 100 µM. Posteriormente se dejó reaccionar la muestra en la oscuridad durante 30 min. Una vez transcurrido el tiempo la absorbancia fue medida a 515 nm. El porcentaje de inhibición DDPH de los extractos se determinó utilizando como testigo la absorbancia del metanol al 80 %. La CA DPPH se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Inhibición de DPPH (\%)} = \text{Absorbancia del blanco} / \text{Absorbancia del extracto} \times 100$$

**Capacidad de Polifenoles Totales en extractos de *Agave striata* y *Fouquieria splendens*.** La CPT se determinó utilizando el método de Folin-Ciocalteu descrito por Singleton y Rossi (1965) con algunas modificaciones. En el análisis se tomó una alícuota de 10 µL del extracto de metanol al 80 %, posteriormente se agregó 790 µL de agua destilada, 50 µL de Folin y 150 µL de carbonato de sodio al 20 %. Posteriormente la muestra se dejó reposar 1 h en oscuridad, una vez transcurrido el tiempo la absorbancia fue medida en un lector de microplaca a 765 nm. El CPT se determinó usando una curva estándar con ácido gálico, y se expresó como GAE mg/g (miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo).

**Aislamiento e identificación de *Pythium aphanidermatum* y *Rhizoctonia solani*.**

Se colectaron raíces y tallos de plantas de chile serrano (*Capsicum annuum*) Var. Platino en etapa de floración, con síntomas de marchitez, en el municipio de Escuinapa, Sinaloa, México, mediante un muestreo aleatorizado tomando 6 plantas por muestra, y se sembraron 5 muestras de tejido por caja Petri, realizando seis repeticiones. Las muestras se desinfectaron siguiendo la metodología de Booth (1977) se lavaron, seccionaron y sumergieron en cloro al 3 % durante 3 min, posteriormente se enjuagaron y secaron. Se sembraron en medio PDA y se incubaron a 28 °C por siete días. La purificación de los hongos se llevó a cabo mediante la técnica de punta de hifa, un método que permite obtener hongos axénicos o libres de contaminantes. Posteriormente se realizó la identificación morfológica usando claves taxonómicas de Díaz *et al.* (2011) para la caracterización de *P. aphanidermatum*, y de Watanabe y Matsuda (1966) para *R. solani*. La identificación molecular la realizó el Laboratorio Nacional de Biotecnología Agrícola, Médica y Ambiental (LANBAMA) del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT). Utilizando los primers ITS1 e ITS4, los cuales amplifican la región ITS entre los genes de la subunidad ribosomal 18S y la subunidad ribosomal 28S, lo que permite una identificación específica de las especies fúngicas.

**Actividad antifúngica de extractos de *Agave striata* y *Fouquieria splendens* sobre el crecimiento micelial de *Pythium aphanidermatum* y *Rhizoctonia solani*.**

La actividad antifúngica se determinó por el método de medio envenenado propuesto por Jasso *et al.* (2011); Se utilizaron los extractos de *A. striata* y *F. splendens* a concentraciones de 3.9 a 2000 mg L<sup>-1</sup>, además se utilizó un control negativo el cual consistió solo de medio de cultivo PDA sin extracto, se utilizaron cuatro repeticiones por concentración. Se colocaron discos de 0.4 mm de diámetro con micelio activo de *P. aphanidermatum* y *R. solani* de siete días de crecimiento en el medio envenenado; y se incubaron a 28 ± 2 °C. La evaluación se realizó midiendo el crecimiento radial de los hongos diariamente, y concluyó, cuando el control negativo cubrió la placa Petri por completo, repitiéndose el experimento dos veces. El porcentaje de inhibición se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de Inhibición} = (\text{DC} - \text{DT} / \text{DC}) * 100.$$

Donde DC es el diámetro del tratamiento control, y DT es el diámetro de las diferentes concentraciones.

**Efecto de extractos de *Agave striata* y *Fouquieria splendens* sobre estructuras y morfología de *Pythium aphanidermatum* y *Rhizoctonia solani*.** Se utilizó la metodología de Khaledi *et al.* (2015) con modificaciones para evaluar los

cambios morfológicos inducidos por los extractos en oogonios de *P. aphanidermatum* e hifas de *R. solani*, usando los resultados de la concentración inhibitoria al 50 % (CI<sub>50</sub>) de *A. striata* y *F. splendens*. Para obtener oogonios de *P. aphanidermatum*, se empleó el medio envenenado con las concentraciones de 199.17 y 61.22 mg L<sup>-1</sup> con los extractos de *A. striata* y *F. splendens*, respectivamente, en medio de cultivo Agar V8 (20 g de agar, 3 g de CaCO<sub>3</sub>, 160 mL de jugo de verduras V8 Campbell's y 840 mL de agua destilada), en tanto que para el crecimiento del micelio de *R. solani* se utilizó el medio de cultivo PDA en medio envenenado con los extractos a concentraciones de 211.18 y 92.59 mg L<sup>-1</sup>, en los dos experimentos se utilizó un control negativo sin extracto. Tras siete días de cultivo, se evaluaron los cambios morfológicos bajo microscopio óptico con el objetivo 40X y 100X, ambos experimentos se llevaron a cabo utilizando 6 repeticiones y se realizaron por duplicado.

**Análisis estadístico.** Se realizó un análisis Probit de los ensayos *in vitro* para determinar la CI<sub>50</sub> de cada tratamiento utilizando el programa estadístico Statistical AnalysisSys, V9.0., con los resultados obtenidos se realizó análisis de varianza con las concentraciones inhibitorias; y se realizaron pruebas de Tukey (p<0.05).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Caracterización de fitoquímicos presentes en extractos de *Agave striata* y *Fouquieria splendens* mediante cromatografía de líquidos de fase inversa (HPLC-MS).** Los fitoquímicos identificados en los extractos de *A. striata* y *F. splendens* se pueden observar en el Cuadro 1. En el caso de *A. striata* se observó la presencia de dos elegitaninos (pedunculagina y terflavina B), un ácido hidroxicinámico (ácido cafeico), un metoxiflavonol (brasidina), un flavonol (quercetina), una flavonona (pinocepmbrina), y un terpeno fenólico (rosmadial). En *A. striata* se han reportado diversos compuestos bioactivos, incluyendo flavonoles (derivados de quercetina) (Almaraz *et al.*, 2013), saponinas triterpenoides y esteroidales, así como alcaloides, carbohidratos, flavonoides (flavononas y chalconas), saponinas (triterpenoides y esteroidales), taninos (fenoles), quinonas (antraquinonas y benzoquinonas) y cumarinas (Ramírez *et al.*, 2023). En el caso de *F. splendens* se detectó la presencia de dos flavonoles (kaempferol y quercetina), dos flavones (roifolina y leutina), dos metoxiflavonoles (patuletina y dimetilquercetina), una flavanona (eriodictiol), un ácido hidroxicinámico (ácido cafeico), un dihidroflavonol (dihidroquercetina), y otro polifenol (Phlorin). En este sentido Nevárez-Prado *et al.*, 2021, mencionan que los fitoquímicos más característicos del género *Fouquieria* corresponden a flavonoides (leucocianidina, kaempferol y quercetina), los ácidos p-cumárico, cafeico, ferúlico, y elágico, así como cumarina y escopoletina. Por otra



**Cuadro 1.** Compuestos fitoquímicos identificados en extractos metanólicos de *Agave striata* y *Fouquieria splendens* caracterizados mediante cromatografía de líquidos de fase inversa (HPLC-MS).

Especie	Fitoquímico	Tiempo de retención (min)	Masa	CAS	Familia
<i>Agave striata</i>	Ácido cafeico 4-O-glucósido	5.554	341.1	166735-99-5	Ácidos hidroxycinámicos
	Pinocembrina	21.192	255.0	480-39-7	Flavanonas
	Pedunculagina II	30.902	785.1	87687-52-3	Elagitaninos
	Terflavina B	35.351	784.9	103744-86-1	Elagitaninos
	Brasidina	40.341	623.1	17331-71-4	Metoxiflavonoles
	Quercetina 3-O-glucurónido	43.630	477.2	22688-79-5	Flavonoles
<i>Fouquieria splendens</i>	Rosmadial	49.237	343.9	85514-31-4	Terpenos fenólicos
	Ácido cafeico 4-O-glucósido	5.525	341.5	166735-99-5	Ácidos hidroxycinámicos
	Patuletina 3-O-glucosil-(1->6)-[apiosil (1->2)]-glucósido	34.539	787.1	101021-30-1	Metoxiflavonoles
	Kaempferol 3-O-xilosil-rutinósido	35.796	739.1	31921-42-3	Flavonoles
	Kaempferol 3-O-glucosil-ramnosil-glucósido	37.228	755.0	136449-09-7	Flavonoles
	Kaempferol 3-O-rutinósido	37.924	593.1	17650-84-9	Flavonoles
	3,7-dimetilquercetina	39.085	329.0	2068-02-2	Metoxiflavonoles
	Dihidroquercetina	40.224	303.0	480-18-2	Dihidroflavonoles
	Rhoifolina 4'-O-glucósido	40.506	739	31498-83-6	Flavones
	Luteolina 7-O-rutinósido	41.399	593	20633-84-5	Flavones
	Quercetina 3-O-glucurónido	43.62	480.2	22688-79-5	Flavonoles
Eriodictiol	43.803	287.0	552-58-9	Flavanonas	
Florina	47.363	286.9	28217-60-9	Otros polifenoles	

parte, Rodríguez (2010), encontró en *F. splendens* presencia de grupos carbonilo, oxidrilos fenólicos, esteroides y metilesteroides, cumarinas, saponinas, sesquiterpen-lactonas y flavonoides. En los tallos y hojas se han encontrado flavonoides como el kaempferol, ermanina y cetina, además flavonas apigenina, acetina, luteolina y crisoeriol. Entre estos, apigenina y ermanina, rutina y quercetina-3-O-glucósido fueron los principales compuestos fenólicos en las hojas (Wollenweber, 1994; Monreal-García *et al.*, 2019), también se han descubierto triterpenos, triterpenoi-des, saponinas esteroideas y compuestos iridoides (Takhtajan, 2009), y en las flores los fitoesteroides y alcanos de cadena larga y corta; y en el tallo compuestos como el Dammaran-triterpeno, el fouquierol y el isofouquierol, así como el dammarendiol en las raíces (Hegnauer, 1989; Waterman 1985). Por otro lado, se han aislado el pyxinol y el ocotillol, este último es una saponina triterpenoide el cual presenta actividades antimicrobianas (Bi *et al.*, 2017). López *et al.* (2022) identificaron los principales fenoles en hojas de *F. splendens* como ácido gálico, ácido elágico y kaempferol-3-β-glucósido. Además, Ramírez *et al.* (2023) informaron que

el extracto metanólico de tallos de *F. splendens* contiene alcaloides, carbohidratos, flavonoides (flavononas, flavonas, flavonoles y chalconas), azúcares reductores, saponinas (triterpenoides), taninos (derivados de ácido gálico, derivados de catecol y fenoles), y quinonas (antraquinonas y benzoquinonas). Las plantas dentro de su metabolismo producen compuestos con propiedades antimicrobianas, los cuales pueden controlar enfermedades causadas por microorganismos fitopatógenos. La extracción de estos compuestos y su análisis permiten su aplicación frente a diversos fitopatógenos, lo que ofrece una alternativa para el manejo de enfermedades en la agricultura (Hernández-Lauzardo *et al.*, 2007). En este sentido, Ramírez *et al.* (2023) observaron que extractos de *A. striata* y *F. splendens* tuvieron actividad antimicrobiana contra *Clavibacter michiganensis in vitro* y bajo condiciones de invernadero. Siendo, el extracto de *F. splendens* el más efectivo al reducir la incidencia y severidad de la enfermedad. Los extractos de *A. striata* y *F. splendens* han mostrado actividad antifúngica en más estudio (Sánchez *et al.*, 2005; Wang *et al.*, 2010), sin embargo, no se ha investigado específicamente su efecto antifúngico sobre *R. solani* y *P. aphanidermatum*.

**Capacidad antioxidante DPPH en extractos de *Agave striata* y *Fouquieria splendens*.** Los resultados mostraron que el extracto de *F. splendens* mostró una actividad antioxidante significativamente mayor en comparación con el extracto de *A. striata* (Cuadro 2). La inhibición del radical DPPH se expresó en porcentaje (%), siendo del 68.7 para *F. splendens* y del 55.9 para *A. striata*. En este sentido, Garza *et al.* (2012) determinaron que el extracto metanólico de *F. splendens* tenía una concentración efectiva media (CE<sub>50</sub> considerada como la concentración de la muestra requerida para atrapar el 50 % de radicales DPPH libres) de 130.2 µg. López *et al.* (2022) determinaron la actividad antioxidante de *F. splendens* con resultados de DPPH (2430.1 µmol TE/g), Capacidad Antioxidante Equivalente a Trolox (TEAC) de 60.4 µmol TE/g, Capacidad de Absorción de Radicales Oxigenados (ORAC) de 4948.4 µmol TE/g y Poder de Reducción Férrica (FRAP) de 7803 µmol Fe(II)/g (p < 0.0001). En *Agave* ya hay investigaciones en la determinación de la capacidad

**Cuadro 2.** Capacidad Antioxidante y Capacidad de Polifenoles Totales de extractos metanólicos de *Agave striata* y *Fouquieria splendens*.

Especie	CA Porcentaje de Inhibición	CPT CFT (GAE mg/g)
<i>Agave striata</i>	55.90 ± 1.63 <sup>a</sup>	61.2 ± 1.17 <sup>a</sup>
<i>Fouquieria splendens</i>	68.71 ± 1.22 <sup>a</sup>	112.2 ± 3.69 <sup>b</sup>

\*Valores con la misma letra son estadísticamente similares (Tukey, p<0.05).



antioxidante. En una investigación realizada por Ahumada *et al.* (2013) obtuvieron resultados que mostraron variaciones significativas en la actividad antioxidante entre diferentes especies de *Agave*. En *Agave rzedowskiana* presentó la mayor actividad antioxidante con 27.4  $\mu\text{M TE/g p.s.}$ , seguido de *Agave ornithobroma* con 19.9  $\mu\text{M TE/g p.s.}$

**Capacidad de Polifenoles Totales en extractos de *Agave striata* y *Fouquieria splendens*.** Los resultados mostraron que el extracto de *F. splendens* exhibió polifenoles totales significativamente mayor en comparación con el extracto de *A. striata*. La CPT se expresó en valores de CFT (GAE mg/g), siendo 112.2 para *F. splendens* y 61.2 para *A. striata* (Cuadro 2). López *et al.* (2022) analizaron los compuestos fenólicos del extracto metanólico de hojas de *F. splendens* utilizando el método de Folin Ciocalteu y tras fraccionar, observaron que la fracción de acetato de etilo contenía la mayor cantidad de compuestos fenólicos, con 479.9 mg GAE/g ( $p < 0,0001$ ). En otro estudio, Ahumada *et al.* (2013) encontraron variaciones significativas en contenido total de fenoles entre diferentes especies de *Agave*. *A. ornithobroma* tuvo el valor más alto con 12.37 mg GAE/g p.s., mientras que *Agave angustifolia* mostró el valor más bajo con 2.06 mg GAE/g p.s., indicando una variabilidad considerable en los compuestos antioxidantes y fenólicos entre las especies estudiadas.

**Aislamiento e identificación de *Pythium aphanidermatum* y *Rhizoctonia solani*.** De las muestras de chile serrano variedad Platino con síntomas de marchitez, se aislaron e identificaron *R. solani* y *P. aphanidermatum*. En *R. solani* se observaron hifas marrones pálido de 5-8  $\mu\text{m}$  de ancho, ramificadas en ángulo de 90 °C (Watanabe y Matsuda, 1966), en tanto que para *P. aphanidermatum* se observó micelio cenocítico, esporangios y oogonios (Días *et al.*, 2011), lo que corresponde a las especies *R. solani* y *P. aphanidermatum* respectivamente. En relación a la identificación molecular, las secuencias proporcionadas por el LANBAMA del IPICYT de cada especie, fueron comparadas en el BLAST del National Center for Biotechnology Information. En el caso de *R. solani*, su secuencia obtuvo un 100 % de cobertura y 100 % de similitud al compararse con el número de acceso JX535004.1. Por su parte, la secuencia de *P. aphanidermatum* obtuvo 100 % de cobertura y 100 % de similitud al compararse con el número de acceso EU245039.1. Finalmente, ambas secuencias fueron depositadas en el GenBank obteniendo los números de acceso PQ571162 para *R. solani*, y PQ571194 para *P. aphanidermatum*.

**Actividad antifúngica de extractos de *Agave striata* y *Fouquieria splendens* sobre el crecimiento micelial de *Pythium aphanidermatum* y *Rhizoctonia solani*.** Los resultados de los extractos vegetales sobre el crecimiento micelial de

*P. aphanidermatum* mostraron un efecto altamente significativo. *F. splendens* fue el más efectivo con una inhibición del 100 % desde 250 mg L<sup>-1</sup>, mientras que *A. striata* alcanzó el 100 % de inhibición a 1000 mg L<sup>-1</sup> (Figura 1). Los valores de CI<sub>50</sub> fueron de 61.2 mg L<sup>-1</sup> para *Fouquieria splendens* y 199.2 mg L<sup>-1</sup> para *Agave striata*, mostrando significancia estadística (Cuadro 3). Un estudio realizado por Milagrosa *et al.* (2007) informaron que la vinaza de vino a concentraciones del 5 % inhibió al

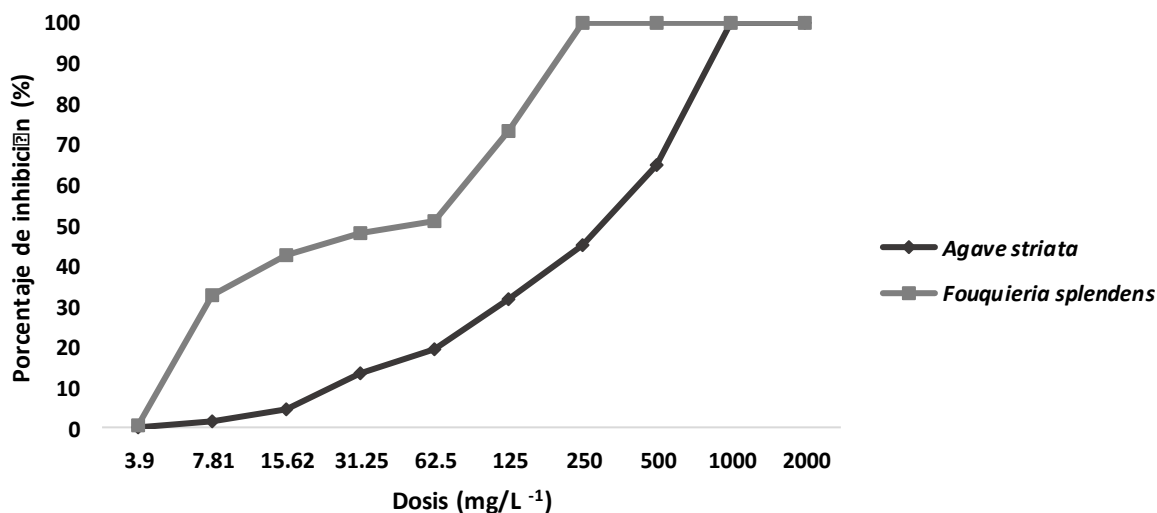


Figura 1. Inhibición de *Pythium aphanidermatum* por extractos metanólicos de *Agave striata* y *Fouquieria splendens* por el método de medio envenenado.

100 % a *P. aphanidermatum*. En tanto, los resultados obtenidos de los extractos vegetales sobre el crecimiento micelial de *R. solani* mostraron inhibición en el desarrollo micelial del patógeno. Por su parte *F. splendens* mostró una inhibición del 100 % desde 500 mg L<sup>-1</sup>, mientras que *A. striata* alcanzó el 100 % de inhibición desde 1000 mg L<sup>-1</sup> (Figura 2). Las CI<sub>50</sub> más baja fue de 92.6 mg L<sup>-1</sup> para *F. splendens* y 211.2 mg L<sup>-1</sup> para *A. striata*, observándose diferencia estadística (Cuadro 3). En una investigación realizada por Rodríguez *et al.* (2020) reportaron inhibiciones del crecimiento micelial (ICM, %) de *R. solani* del 100 y 50 % utilizando extractos de *Larrea tridentata* y *Rosmarinus officinalis*, respectivamente.

El ácido cafeico, presente en los extractos de *A. striata* y *F. splendens*, ha mostrado capacidad antifúngica (Freires *et al.*, 2016), como se ha observado en estudios previos. Un ejemplo de esto es el estudio realizado por Romero *et al.* (2009) investigaron el efecto de compuestos fenólicos como el ácido cafeico, rutina y quercetina en el crecimiento de *Aspergillus carbonarius* y la producción de ocratoxina A.

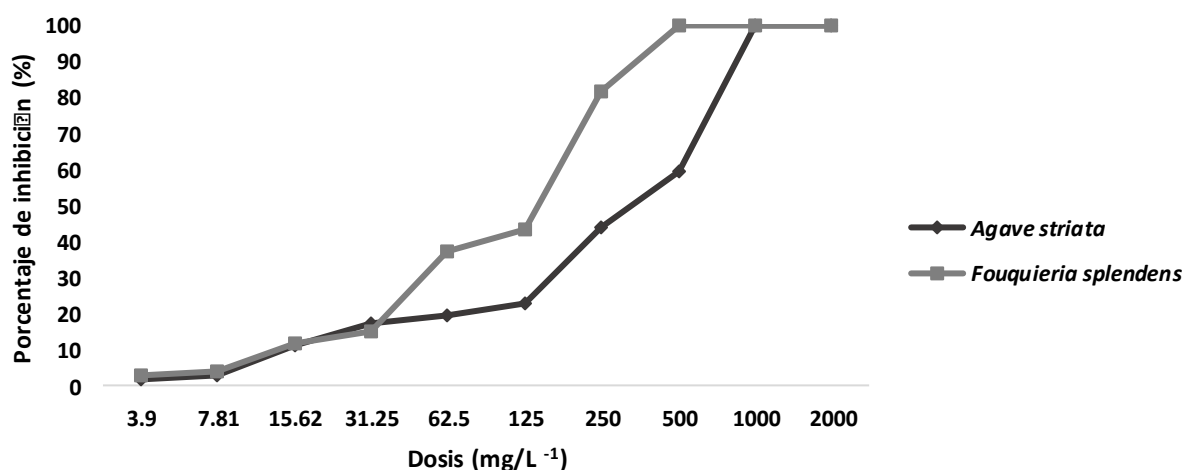


Figura 2. Inhibición de *Rhizoctonia solani* por extractos vegetales *Agave striata* y *Fouquieria splendens* por el método de medio envenenado.

Cuadro 3. Concentración inhibitoria al 50 % (CI<sub>50</sub>) de extractos metanólicos de *Agave striata* y *Fouquieria splendens* sobre *Pythium aphanidermatum* y *Rhizoctonia solani*.

	<i>Pythium aphanidermatum</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>
<i>Agave striata</i>	199.17 <sup>b</sup>	211.18 <sup>b</sup>
<i>Fouquieria splendens</i>	61.22 <sup>a</sup>	92.59 <sup>a</sup>

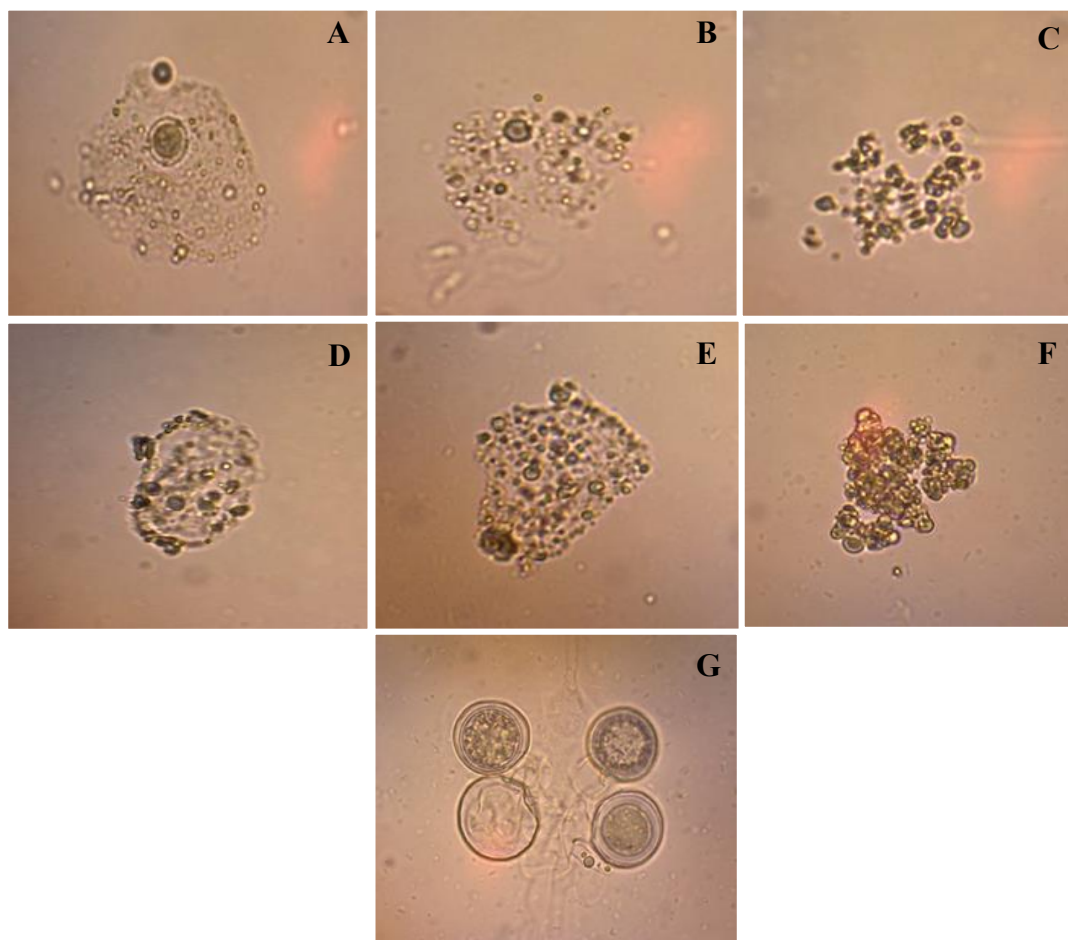
\*Valores con la misma letra son estadísticamente similares (Tukey, p<0.05).

Observaron que todos los compuestos fenólicos, a una concentración de 250 mg L<sup>-1</sup>, tuvieron un impacto significativo en la tasa de crecimiento de *A. carbonarius*. Además, Bisogno *et al.* (2007) reportaron que la concentración mínima inhibidora (CIM) del ácido cafeico para *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* y *Aspergillus terreus* fue superior a 250 mg L<sup>-1</sup>. Por otro lado, la quercetina presente en ambos extractos (*A. striata* y *F. splendens*) ha mostrado actividad antifúngica contra cinco especies de hongos: *Alternaria alternata*, *Aspergillus fumigatus*, *A. niger*, *Macrophomina phaseolina* y *Penicillium citrii* (Kanwal *et al.*, 2010). El flavonoide pino-cembrina encontrado en *A. striata* tiene un papel antiinflamatorio, antimicrobiano y antioxidante (Rasul *et al.*, 2013), ha mostrado efecto inhibitorio contra *Candida albicans* (Hernández-Tasco *et al.*, 2018; Tundis *et al.*, 2018). El elagitanino ter-flavina B, presente en *A. striata*, ha demostrado un efecto inhibitorio contra *C. albicans* (Salih *et al.*, 2022). Además, se descubrió que el tanino pedunculagina,

un fitoquímico presente en *A. striata*, exhibió efecto inhibitorio contra *A. flavus* en extractos de *Punica granatum*. (Mostafa *et al.*, 2011). Ilk *et al.* (2017) desarrollaron nanopartículas de lecitina/quitosano cargadas con kaempferol en el cual observaron la actividad de inhibición contra *Fusarium oxysporum*. Sin embargo, kaempferol puro también demostró ser eficaz contra *C. albicans* (Yordanov *et al.*, 2008). Los flavonoides eriodictiol, dihidroquercetina y luteolina, presentes en *F. splendens*, han demostrado actividad antifúngica contra *Fusarium graminearum* y *Septoria zeicola* en el extracto de *Ficus sarmentosa* var. *henryi* tras un proceso de fraccionamiento (Wang *et al.*, 2010).

**Efecto de extractos de *Agave striata* y *Fouquieria splendens* sobre estructuras y morfología de *Pythium aphanidermatum* y *Rhizoctonia solani*.** Ambos extractos mostraron actividad contra los oogonios de *P. aphanidermatum*, provocando lisis a dosis altas de 2000 a 500 mgL<sup>-1</sup>, y malformación y deformación de hifas a concentraciones de 199.2 y 61.2 mg L<sup>-1</sup> con los extractos de *A. striata* y *F. splendens* (Figura 3). López *et al.* (2022) probaron que lipopéptidos de *Bacillus amyloliquefaciens* inhibieron completamente la germinación de zoosporas de *Phytophthora capsici*, causando enquistamiento, malformaciones en el tubo germinal y degradación celular. El uso de extractos vegetales alteró la morfología de las hifas de *R. solani*, que aparecían distorsionadas y fragmentadas con concentraciones de 211.2 mg L<sup>-1</sup> con el extracto de *A. striata* y de 92.6 mg L<sup>-1</sup> con el extracto de *F. splendens* (Figura 4), similar a lo descrito por Khaledi *et al.* (2015) con aceites esenciales de *Mentha piperita*, *Bunium persicum* y *Thymus vulgaris*.

Los resultados pueden atribuirse a la presencia de compuestos antifúngicos en los extractos de *A. striata* y *F. splendens*. Por ejemplo, la quercetina presente en ambos extractos es un flavonoide, que ha demostrado reducir el contenido de ergosterol, un esterol crucial para la fluidez y estabilidad de las membranas celulares, en *Trichophyton rubrum* (Bitencourt *et al.*, 2013), así también ha mostrado inhibición de la enzima CYP51, que está involucrada en la síntesis de esteroides en hongos (Khanzada *et al.*, 2021). El flavonoide pinocembrina encontrado en *A. striata* ha mostrado diferentes mecanismos de acción, entre los que se encuentran; la interferencia en la homeostasis energética, aumentos en la permeabilidad de la membrana celular, disminuciones en el contenido de los constituyentes intracelulares (proteínas solubles, azúcares reductores y lípidos totales), además, se indujo una marcada disminución en los contenidos de quitina y glucanasa de los micelios de *Penicillium italicum* (Peng *et al.*, 2012; Chen *et al.*, 2020). Por otro lado, el flavonoide kaempferol encontrado en *F. splendens* ha sido sugerido en estudios por causar daños en las hifas y probablemente esté asociado con la alteración de la pared celular, lo que provoca fugas celulares y pérdida de integridad celular (Ilk *et al.*, 2017), también ha mostrado actividades antifúngicas sinérgicas de la histona desacetilasa (Rajasekharan *et al.*, 2014), así también inhibición de las enzimas



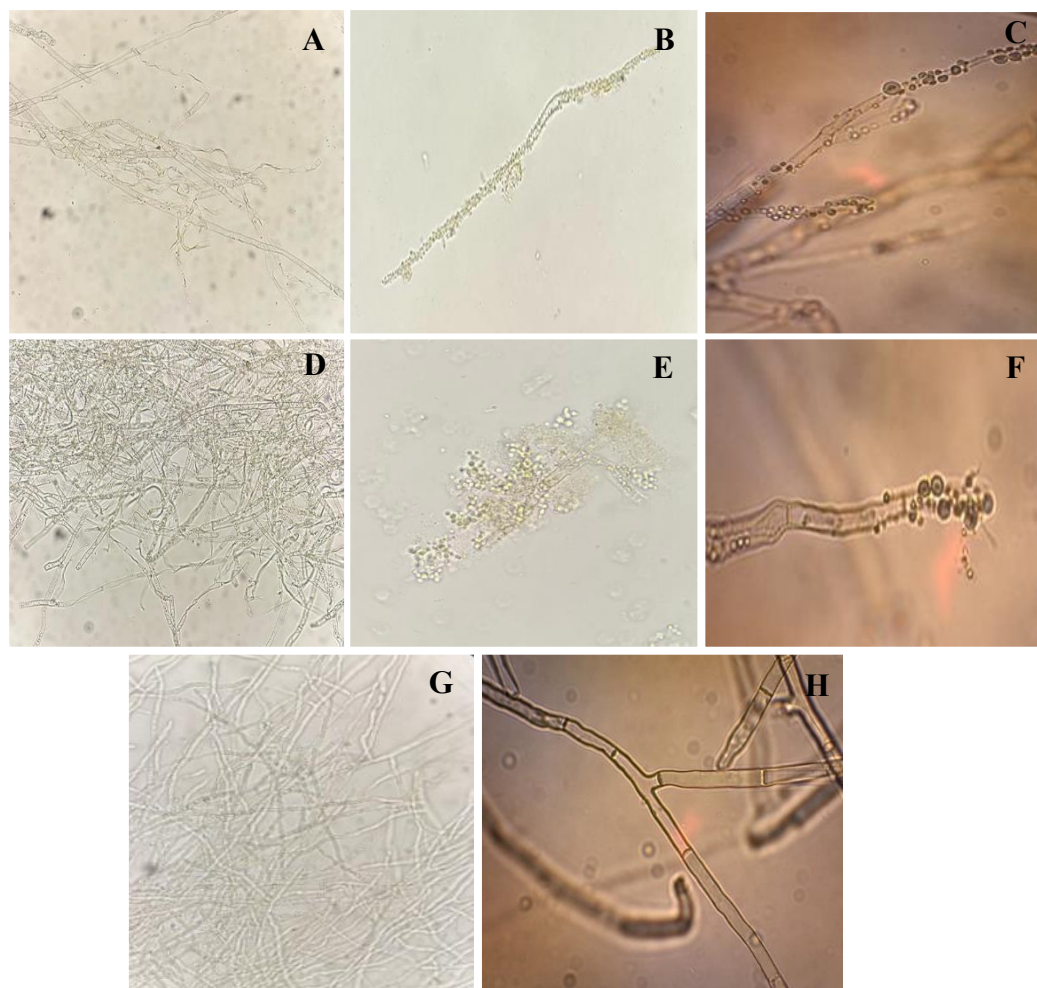
**Figura 3.** Efecto de extractos vegetales sobre oogonios de *Pythium aphanidermatum* a 100X. A, B y C) *Fouquieria splendens*, D, E y F) *Agave striata*, y G) Control negativo.

CYP51 y NDK la cual es una enzima implicada en la fosforilación de nucleósidos y nucleótidos (Khanzada *et al.*, 2021).

### CONCLUSIONES

Se identificaron fitoquímicos con potencial antifúngico en *A. striata* y *F. splendens*. Ambos extractos contenían ácido cafeico y quercetina. Además, *A. striata* mostró presencia de pinocembrina y terflavina B, mientras que *F. splendens* presentó eridictiol, kaempferol, dihidroquercetina, luteolina y pedunculagina. Por otro lado, se encontró que *F. splendens* exhibía una actividad antioxidante y CFT significativamente mayor que *A. striata*. Ambos extractos demostraron efectividad





**Figura 4.** Efecto de extractos vegetales sobre estructuras miceliales de *Rhizoctonia solani* a 40X y 100X. A, B, C) *Fougieria splendens*, D, E, F) *Agave striata*, y G), H) Control negativo.

biológica contra *P. aphanidermatum* y *R. solani*. Así también estos mostraron alteraciones en la morfología de los oogonios de *P. aphanidermatum* y de las hifas de *R. solani*. Estos resultados indican que extractos de *A. striata* y *F. splendens* poseen compuestos antifúngicos prometedores, sugiriendo su potencial en futuros estudios de control de fitopatógenos.

#### AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y al Departamento de Parasitología Agrícola (proyecto 2129), así como al CONACYT (proyecto 2019-000002-01NACF-00360) por su invaluable apoyo y financiamiento en este estudio.



## LITERATURA CITADA

- Ahumada-Santos YP, Montes-Ávila J, Uribe-Beltrán MJ, Díaz-Camacho SP, López-Angulo G, Vega-Ávila R, López-Valenzuela JA, Basilio-Heredia J and Delgado-Vargas F. 2013. Chemical characterization, antioxidant and antibacterial activities of six *Agave* species from Sinaloa, Mexico. *Industrial Crops and Products* 49: 143–149. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.04.050>
- Almaraz-Abarca N, González-Elizondo M, Graca-Campos M, Ávila-Sevilla ZE, Delgado-Alvarado EA and Ávila-Reyes JA. 2013. Variability of the foliar felon profiles of the *Agave victoriae-reginae* complex (Agavaceae). *Botanical Sciences* 91(3): 295-306. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-42982013000300005&script=sci\\_arttext&tlng=en](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-42982013000300005&script=sci_arttext&tlng=en)
- Ascacio-Valdés JA, Aguilera-Carbó AF, Buenrostro JJ, Prado-Barragán A, Rodríguez-Herrera R and Aguilar CN. 2016. The complete biodegradation pathway of ellagitannins by *Aspergillus niger* in solid-state fermentation. *Journal of Basic Microbiology* 56(4): 329-336. <https://doi.org/10.1002/jobm.201500557>
- Bi Y, Liu XX, Zhang HY, Yang X, Liu ZY, Lu J, Lewis PJ, Wang ChZ, Xu JY, Meng QG, Ma K. and Yuan ChS. 2017. Synthesis and antibacterial evaluation of novel 3-substituted ocotillol-type derivatives as leads. *Molecules* 22(4):1-10. <https://doi.org/10.3390/molecules22040590>
- Bisogno F, Mascoti L, Sanchez C, Garibotto F, Giannini F, Kurina SM. and Enriz R. 2007. Structure-antifungal activity relationship of cinnamic acid derivatives. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 55:10635– 10640. <https://doi.org/10.1021/jf0729098>
- Bitencourt TA, Komoto TT, Massaroto BG, Miranda CES, Belebony RO, Marins M and Fachin AL. 2013. Trans-chalcone and quercetin down-regulate fatty acid synthase gene expression and reduce ergosterol content in the pathogenic dermatophyte *Trichophyton rubrum*. *BMC complementary and alternative medicine* 13(1): 1-6. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-13-229>
- Booth C. 1977. *Fusarium*. Laboratory Guide for the Identification of the Major Species. C.M.I. Kew, Surrey, England. 43p. <https://www.cabdigitalibrary.org/doi/full/10.5555/19771334716>
- Brand-Williams W, Cuvelier Y and Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT – Food Science Technology* 28: 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Chen C, Chen J and Wan C. 2020. Pinocebrin-7-Glucoside (P7G) reduced postharvest blue mold of navel orange by suppressing *Penicillium italicum* growth. *Microorganisms* 8(4): 536. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8040536>
- Díaz-Celaya M, Rodríguez-Alvarado G, Silva-Rojas HV, Pedraza-Santos ME, Salgado-Garciglia R y Fernández-Pavía SP. 2011. Identificación de especies de *Pythium* aisladas de plantas ornamentales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 2(SPE3): 431-443. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S200709342011000900003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200709342011000900003&lng=es&tlng=es).
- Freires IA, Queiroz VCP, Furlletti VF, Ikegaki M, Alencar SM, Duarte MCT and Rosalen PL. 2016. Chemical composition and antifungal potential of Brazilian propolis against *Candida* spp. *Journal de mycologie medicale* 26(2): 122-132. <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2016.01.003>
- Garza RR, Padrón RG, Cruz NM, Rubio MM, Neávez JT, y González MB. 2012. Extractos metanólicos de plantas silvestres con actividad antirradical. Aprovechamiento biotecnológico de productos agropecuarios III. 91p. <https://riuat.uat.edu.mx/bitstream/123456789/1536/1/1536.pdf#page=88>
- Gentry HS. 1982. *Agaves de América del Norte continental*. Prensa de la Universidad de Arizona, Tucson, Arizona, EE.UU. <https://books.google.com.pe/books?id=SCqGyWNpRHwC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>
- González-Álvarez M, Moreno-Limón S, Salcedo-Martínez SM y Pérez-Rodríguez EC. 2015. Evaluación *in vitro* de la actividad antifúngica de extractos de *Agave* (*Agave scabra*, Salm Dyck) frente a hongos poscosecha. *Phyton* 84 (2): 427-434. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S185156572015000200023&lng=es&tlng=en](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S185156572015000200023&lng=es&tlng=en).
- Grijalba PE, Zapata RL, Palmucci HE, y Baron Claudio. 2015. Podredumbre basal de plantas adultas de tomate causada por *Pythium aphanidermatum* (Oomycota). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 50 (1): 11-15. [doi.org/10.31055/1851.2372.v50.n1.10843](https://doi.org/10.31055/1851.2372.v50.n1.10843)
- Henrickson J. 1972. A taxonomic revision of the Fouquieriaceae. *Aliso* 7:439-537. <https://doi.org/10.5642/aliso.19720704.08>
- Hernández-Hernández JE, Hernández-Ríos I, Almaraz-Suarez JJ, López-López A, Torres-Aquino M y Morales-Flores F. 2018. Caracterización *in vitro* de rizobacterias y su antagonismo con hongos causantes del damping off en Chile. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 9(3): 525- 537. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i3.335>

- Hernández-Lauzardo, A. N., Bautista-Baños, S., & Velázquez-del Valle, M. G. (2007). Prospectiva de extractos vegetales para controlar enfermedades postcosecha hortofrutícolas. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30(2): 119-119. <https://doi.org/10.35196/rfm.2007.2.119>
- Hegnauer R. 1989. Chemotaxonomie Der Pflanzen. In an overview of the distribution and the systematic importance of plant substances. Birkhäuser-Verlag, Basel 8: 684-689. [https://portal.cybertaxonomy.org/flora-de-cuba-en-linea/cdm\\_dataportal/referencia/b95201eb149b-482d-910c-7782714e0ccd](https://portal.cybertaxonomy.org/flora-de-cuba-en-linea/cdm_dataportal/referencia/b95201eb149b-482d-910c-7782714e0ccd)
- Hernández-Tasco AJ, Ramírez-Rueda RY, Alvarez CJ, Sartori FT, Sacilotto ACB, Ito IY Vichnewski W and Salvador MJ. 2018. Antibacterial and antifungal properties of crude extracts and isolated compounds from *Lychnophora markgravii*. *Natural Product Research*. 1–5pp. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1503263>
- Ilk S, Saglam N and Özgen M. 2017. Kaempferol loaded lecithin/chitosan nanoparticles: Preparation, characterization, and their potential applications as a sustainable antifungal agent. *Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology* 45(5): 907-916. <https://doi.org/10.1080/21691401.2016.1192040>
- Jasso de Rodríguez DJ, Rodríguez-García R, Hernández-Castillo FD, Aguilar-González CN, Sáenz-Galindo A, Villarreal-Quintanilla JA and Moreno-Zuccolotto LE. 2011. *In Vitro* antifungal activity of extracts of Mexican Chihuahuan Desert plants against postharvest fruit fungi. *Industrial Crops and Products* 34(1):960-966. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.03.001>
- Jasso de Rodríguez D, Trejo-González FA, Rodríguez-García R, Díaz-Jiménez MLV, Sáenz-Galindo A, Hernández-Castillo FD, Villarreal-Quintanilla JA and Peña-Ramos FM. 2015. Antifungal activity *in vitro* of *Rhus muelleri* against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Industrial Crops and Products* 75: 150-158. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.05.048>
- Kanwal Q, Hussain I, Latif SH and Javaid A. 2010. Antifungal activity of flavonoids isolated from mango (*Mangifera indica* L.) leaves. *Natural Product Research* 24(20): 1907-1914. <https://doi.org/10.1080/14786419.2010.488628>
- Khaledi N, Taheri P and Tarighi S. 2015. Antifungal activity of various essential oils against *Rhizoctonia solani* and *Macrophomina phaseolina* as major bean pathogens. *Journal of applied microbiology* 118(3): 704-717. <https://doi.org/10.1111/jam.12730>
- Khanzada B, Akhtar N, Okla MK, Alamri SA, Al HA, Baig MW. and Mirza B. 2021. Profiling of antifungal activities and *in silico* studies of natural polyphenols from some plants. *Molecules* 26(23): 7164. <https://doi.org/10.3390/molecules26237164>
- Larios-Palacios OE, López-Vázquez ÉY, Curiel-Rodríguez A, Ruíz-Espinoza FJ, Solano-Vidal R y Serrato-Cruz MÁ. 2020. Evaluación *in vitro* de métodos contra *Botrytis cinerea*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 11(3): 593-606. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i3.2077>
- López-Romero JC, Torres-Moreno H, Rodríguez-Martínez KL, Ramírez-Audelo V, Vidal-Gutiérrez M, Hernández J, Robles-Zepeda RE, Ayala-Zavala JF, González-Ríos FH, Valenzuela-Melendez M, Villegas-Ochoa MA, Salazar-López MJ and González-Aguilar GA. 2022. *Fouquieria splendens*: A source of phenolic compounds with antioxidant and antiproliferative potential. *European Journal of Integrative Medicine* 49: 102084. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2021.102084>
- López NL, Heredia JB, Hernández CSM, Rodríguez RI, Escalante MÁA y Estrada RSG. 2022. Biosíntesis inducida de fengicina y surfactina en una cepa de *Bacillus amyloliquefaciens* con actividad oomicida sobre zoosporas de *Phytophthora capsici*. *Revista argentina de microbiología* 54 (3): 91-100. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S03257541202200300091&lng=es&tlng=](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S03257541202200300091&lng=es&tlng=)
- Marker RE y López J. 1947. Sapogeninas esteroides. N° 162. Kappogenina y Furcogenina. *Journal of American Society* 69(10): 2380-2383. <https://doi.org/10.1021/ja01202a041>
- Martínez-Ruiz FE, Cervantes-Díaz L, Aíl-Catzim CE, Hernández-Montiel LG, Del Toro-Sanchez CL y Rueda-Puente EO. 2016. Hongos fitopatógenos asociados al tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) en la zona árida del noroeste de México: la importancia de su diagnóstico. *European Scientific Journal*, 12(18). <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n18p232>
- Medeiros AC, Mota DR, Queiroz MM, Glauber SN and Costa JM. 2015. Methods of inoculation of *Rhizoctonia solani* and *Macrophomina phaseolina* in melon (*Cucumis melo*). *Summa Phytopathologica* 41(4): 281-286. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/2083>
- Milagrosa VNN, Vicente F, Diánez F, de Cara M y Tello JC. 2007. Vinazas y hongos del suelo. *Agroecología* 2: 39-45 <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/12071/11641>

- Monreal GH, Almaraz AN, Ávila RJ, Torres RR, González ES, Herrera AY and Gutiérrez VMV. 2019. Phytochemical variation among populations of *Fouquieria splendens* (Fouquieriaceae). *Botanical Science* 97(3): 398-412. <https://doi.org/10.17129/bots-ci.2191>
- Mostafa AA, Al RAN and Abdel-Meegeed A. 2011. Evaluation of some plant extracts for their antifungal and antiaflatoxic activities. *Journal of Medicinal Plants Research* 5(17): 4231-4238. <http://www.academicjournals.org/JMPR>
- Nevárez-Prado L, Rocha-Gutiérrez BA, Neder-Suárez D, Cordova-Lozoya MT, Ayala-Soto JB, Salazar-Balderrama MI, Ruiz-Anchondo TJ & Hernández-Ochoa LR. 2021. El género *Fouquieria*: descripción y revisión de aspectos etnobotánicos, fitoquímicos y biotecnológicos. *Tecnociencia Chihuahua* 15: 186-220. <https://doi.org/10.54167/tecnociencia.v15i3.840>
- Peng L, Yang S, Cheng YJ, Chen F, Pan S. and Fan G. 2012. Antifungal activity and action mode of pinocembrin from propolis against *Penicillium italicum*. *Food Science and Biotechnology* 21: 1533-1539. <https://doi.org/10.1007/s10068-012-0204-0>
- Pérez-Escandón BE, Villavicencio-Nieto MA y Ramírez-Aguirre A. 2003. Lista de las plantas útiles del estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Centro de Investigaciones Biológicas. México. 21p. [https://books.google.com.mx/books/about/Lista\\_de\\_las\\_plantas\\_%C3%BAtiles\\_del\\_Estado.html?id=m5L3tqHwGn8C&redir\\_esc=y](https://books.google.com.mx/books/about/Lista_de_las_plantas_%C3%BAtiles_del_Estado.html?id=m5L3tqHwGn8C&redir_esc=y)
- Punja ZK and Yip R. 2003. Biological control of damping-off and root rot caused by *Pythium aphanidermatum* on greenhouse cucumbers. *Canadian Journal of Plant Pathology* 25(4): 411-417. <https://doi.org/10.1080/07060660309507098>
- Ramírez-Méndez JE, Hernández-Castillo FD, Tucuch-Pérez MA, Camacho-Aguilar I, Arredondo-Valdés R y Villarreal-Quintanilla JÁ. 2023. Efectividad biológica de extractos de *Agave striata* y *Fouquieria splendens* contra *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. *Biotecnia* 25(1): 34-42. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v25i1.1751>
- Rajasekharan SK, Ramesh S y Bakkiyaraj D. 2014. Sinergia de flavonoides con inhibidor de HDAC: nuevo enfoque para atacar las biopelículas de *Candida tropicalis*. *Revista de quimioterapia* 27(4): 246-249. <https://doi.org/10.1179/1973947814Y.0000000186>
- Rasul A, Millimouno FM, Ali EW, Ali M, Li J, and Li X. 2013. Pinocembrin: A Novel Natural Compound with Versatile Pharmacological and Biological Activities. *BioMed Research International*. 2013: 379850. <https://doi.org/10.1155/2013/379850>
- Rodríguez-Castro A, Torres-Herrera S, Domínguez-Calleros A, Romero-García A y Silva-Flores M. 2020. Extractos vegetales para el control de *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* y *Rhizoctonia solani*, una alternativa sostenible para la agricultura. *Abanico Agroforestal*, 2.3. <https://doi.org/10.37114/abaagrof/2020.7>
- Rodríguez-Garza RG. 2010. Tamizaje fitoquímico y actividad biológica de *Fouquieria splendens* (Engelmann), *Ariocarpus retusus* (Scheidweiler) y *Ariocarpus kotschoubeyanus* (Lemaire). Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma De Nuevo León. Nuevo León, México. 32-35pp. <http://eprints.uanl.mx/2243/1/1080190946.pdf>
- Romero, S. M., Alberto, M. R. and Manca NMC. 2009. Inhibition of growth and ochratoxin A biosynthesis in *Aspergillus carbonarius* by flavonoid and nonflavonoid compounds. *Mycotoxin Research* 25: 165-170. <https://doi.org/10.1007/s12550-009-0026-y>
- Salas-Valdez R, Chávez-González ML, Martínez-Hernández JL, Torres-León C, Aguilar-González CN, Martínez-García C y Sepúlveda-Torre L. 2023. Plantas del semidesierto de Coahuila: un panorama general. *Innovación tecnológica: Aprovechamiento de plantas del semidesierto. Área de aplicación industrial: Obtención de productos y alimentos*. No. 66. [https://riit.com.mx/apps/site/files\\_v2450/p\\_semidesierto\\_coah\\_1\\_riit\\_div\\_ene-feb\\_2024.pdf](https://riit.com.mx/apps/site/files_v2450/p_semidesierto_coah_1_riit_div_ene-feb_2024.pdf)
- Lira-Saldívar RHL. 2003. Estado actual del conocimiento sobre las propiedades biocidas de la gobernadora [*Larrea tridentata* (DC) Coville]. *Revista mexicana de fitopatología*, 21(2), 214-222. <https://www.redalyc.org/pdf/612/61221217.pdf>
- Salih EY, Julkunen-Titto R, Luukkanen O and Fyhrqvist P. 2022. Anti-*Candida* Activity of Extracts Containing Ellagitannins, Triterpenes and Flavonoids of *Terminalia brownii*, a Medicinal Plant Growing in Semi-Arid and Savannah Woodland in Sudan. *Pharmaceutics* 14(11): 2469. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14112469>
- Sánchez E, Heredia N and García S. 2005. Inhibition of growth and mycotoxin production of *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* by extracts of *Agave* species. *International Journal of Food Microbiology* 98(3): 271-279. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.07.009>
- Singleton, V. and Rossi, J. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagent. *American Journal of Enology and Viticulture* 16: 144-158. <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
- Takhtajan, A. (2009). Class Magnoliopsida (Dicotyledons). In Takhtajan, A. (Ed.), *Flowering plants*. Amsterdam: Springer Science. 7-588pp. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=oumyfo-NHuUC&oi=fnd&pg=PA7&dq=Takhtajan,+A.+\(Ed.\)+2009](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=oumyfo-NHuUC&oi=fnd&pg=PA7&dq=Takhtajan,+A.+(Ed.)+2009)

- +Class+Magnoliopsida+(Dicotyledons).+Flowering+Plants.+Springer.+%C3%81msterdam,+Netherlands.+7588.&ots=iP9GQ5ytw&sig=8t19KwDjKJVKD1XV\_XzJX2Tykj8#v=onepage&q&f=false
- Tucuch-Pérez MA, Bojórquez-Vega JJ, Arredondo-Vales R, Hernández-Castillo FD y Anguiano-Cabello JC. 2021. Actividad biológica de extractos vegetales del semidesierto mexicano para manejo de *Fusarium oxysporum* de tomate. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 8(2): e2745 <https://doi.org/10.19136/era.a8n2.2745>
- Tundis R, Frattaruolo L, Carullo G, Armentano B, Badolato M, Loizzo MR, Aiello F and Cappello AR. 2018. An ancient remedial repurposing: synthesis of new pinocembrin fatty acid acyl derivatives as potential antimicrobial/anti-inflammatory agents. *Natural Product Research*, 1–7. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1440224>
- Wang X, Wei X, Tiang Y, Shen L and Xu H. 2010. Antifungal flavonoids from *Ficus sarmentosa* var. *henryi* (King) Corner. *Agricultural Sciences in China* 9:690–694. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(09\)60144-9](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(09)60144-9)
- Watanabe B and Matsuda A. 1966. Studies on grouping *Rhizoctonia solani* Kühn pathogenic to upland crops. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 36:1–131 <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19701101297>
- Waterman PD. 1985. Triterpenes from the stem bark of *Commiphora dalzielii*. *Phytochemistry* 23(12): 2925-2928. [http://doi.org/10.1016/s0031-9422\(00\)80607-x](http://doi.org/10.1016/s0031-9422(00)80607-x)
- Wollenweber, E. 1994. External Flavonoids of Ocotillo (*Fouquieria splendens*). *Journal of Biosciences*. 49(9-10): 689-690. <https://doi.org/10.1515/znc-1994-9-1022>
- Yordanov M, Dimitrova P, Patkar S, Saso L and Ivanovska N. 2008. Inhibition of *Candida albicans* extracellular enzyme activity by selected natural substances and their application in *Candida* infection. *Journal of Microbiology* 54: 435–440. <https://doi.org/10.1139/w08-029>