

**EFFECTO ANTIFÚNGICO DE EXTRACTOS  
ETANÓLICOS DE PLANTAS  
MEDICINALES DE LA SIERRA NORTE DE  
PUEBLA CONTRA *Phytophthora* sp. Y  
*Rhizoctonia* sp.**

**ANTIFUNGAL EFFECT OF THE  
ETANOLIC EXTRACTS FROM  
MEDICINAL PLANTS OF THE SIERRA  
NORTE DE PUEBLA AGAINST  
*Phytophthora* sp. AND *Rhizoctonia* sp.**

**Bernal Alzate, J., L.M. Hernández Loaiza, F.J. Camacho Martínez, K.A. Arroyo Guevara, L. Ortega-Hernández y J. Trocoli Carmona**

EFFECTO ANTIFÚNGICO DE EXTRACTOS ETANÓLICOS DE PLANTAS MEDICINALES DE LA SIERRA NORTE DE PUEBLA CONTRA *Phytophthora* sp. Y *Rhizoctonia* sp.

ANTIFUNGAL EFFECT OF THE ETANOLIC EXTRACTS FROM MEDICINAL PLANTS OF THE SIERRA NORTE DE PUEBLA AGAINST *Phytophthora* sp. AND *rhizoctonia* sp.



## Efecto antifúngico de extractos etanólicos de plantas medicinales de la Sierra Norte de Puebla contra *Phytophthora* sp. y *Rhizoctonia* sp.

### Antifungal effect of the etanolic extracts from medicinal plants of the Sierra Norte de Puebla against *Phytophthora* sp. and *Rhizoctonia* sp.

José Bernal Alzate, Luis Manuel Hernández Loaiza, Francisco Javier Camacho Martínez, Karla Arroyo Guevara, Laura Ortega-Hernández, Juana Trocoli Carmona

EFFECTO ANTIFÚNGICO DE EXTRACTOS ETANÓLICOS DE PLANTAS MEDICINALES DE LA SIERRA NORTE DE PUEBLA CONTRA *Phytophthora* sp. Y *Rhizoctonia* sp.

ANTIFUNGAL EFFECT OF THE ETANOLIC EXTRACTS FROM MEDICINAL PLANTS OF THE SIERRA NORTE DE PUEBLA AGAINST *Phytophthora* sp. AND *Rhizoctonia* sp.

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 59: 251-260. Enero 2025

DOI:  
10.18387/polibotanica.59.16

**José Bernal-Alzate.** Autor de correspondencia: [Claudio.bernal@uiepa.edu.mx](mailto:Claudio.bernal@uiepa.edu.mx)  
<https://orcid.org/0009-0000-1411-2677>

**Luis Manuel Hernández-Loaiza** <https://orcid.org/0009-0001-8086-783X>  
Universidad interserrana del estado de Puebla Ahuacatlán UIEPA Los llanos Km carretera Amixtlán San Andrés Tlayehualancingo, 73330 Amixtlán, Puebla.  
Departamento de ingeniería agroindustrial

**Francisco Javier Camacho-Martínez** <https://orcid.org/0009-0002-3222-2081>  
**Karla Arroyo-Guevara** <https://orcid.org/0009-0002-5481-3413>  
Universidad interserrana del estado de Puebla Ahuacatlán UIEPA Los llanos Km carretera Amixtlán San Andrés Tlayehualancingo, 73330 Amixtlán, Puebla.  
Departamento de ingeniería en biotecnología.

**Laura Ortega-Hernández** <https://orcid.org/0000-0002-5565-7152>  
Universidad interserrana del estado de Puebla Ahuacatlán UIEPA Los llanos Km carretera Amixtlán San Andrés Tlayehualancingo, 73330 Amixtlán, Puebla.  
Departamento de ingeniería en enfermería.

**Juana Trocoli-Carmona** <https://orcid.org/0009-0000-3460-103X>  
Universidad interserrana del estado de Puebla Ahuacatlán UIEPA Los llanos Km carretera Amixtlán San Andrés Tlayehualancingo, 73330 Amixtlán, Puebla.  
Departamento de ingeniería agroindustrial.

**RESUMEN:** *Phytophthora* sp. y *Rhizoctonia* sp. son patógenos de relevancia agronómica debido a su capacidad de causar daños en diferentes etapas del ciclo productivo de las plantas. Por lo que se ha motivado a la búsqueda de alternativas sostenibles para su manejo. El objetivo del presente trabajo consistió en la obtención de extractos de las plantas medicinales *Cyathea divergens*, *Bocconia frutescens* y *Cnidioscolus multilobus* y su uso en el control de los agentes causales de damping off *Phytophthora* sp. y *Rhizoctonia* sp. Para esto se prepararon extractos etanólicos y se realizó una caracterización fitoquímica parcial para determinar la presencia de metabolitos de interés, posteriormente se determinó el porcentaje de inhibición de crecimiento micelial (% ICP) mediante la prueba de medio envenenado utilizando una concentración de 10,000 ppm teniendo como control los medios con etanol para descartar el efecto inhibitorio del solvente. Para ambos patógenos el mayor % ICP fue el de *B. frutescens* con un 82% para *Phytophthora* sp. y un 53% para *Rhizoctonia* sp. en ambos casos el concentrado con menor %ICP lo presentó *C. divergens*. Por lo que el estudio mostró la efectividad antifúngica estadísticamente representativa ( $p \leq 0.05$ ) de las plantas estudiadas de la Sierra Norte de Puebla, sugiriendo su uso para futuras investigaciones.

**Palabras clave:** biocontrol, biofumigante, *Bocconia frutescens*.

**ABSTRACT:** *Phytophthora* sp. and *Rhizoctonia* sp. are pathogens of agronomic relevance due to their ability to cause damage at different stages of the productive cycle

of plants. Therefore, the search for sustainable alternatives for its management has been motivated. The objective of the present work was to obtain extracts from the medicinal plants *Cyathea divergens*, *Bocconia frutescens* and *Cnidioscolus multilobus* and their use in the control of the causal agents of damping off *Phytophthora* sp. and *Rhizoctonia* sp. For this, ethanolic extracts were prepared and a partial phytochemical characterization was carried out to determine the presence of metabolites of interest. Subsequently, the percentage of inhibition of mycelial growth (% ICP) was determined by means of the poisoned medium test using a concentration of 10, 000 ppm having as a control the media with ethanol to rule out the inhibitory effect of the solvent. For both pathogens, the highest % ICP was that of *B. frutescens* with 82% for *Phytophthora* sp. and 53% for *Rhizoctonia* sp. In both cases, the concentrate with the lowest % ICP was presented by *C. divergens*. Therefore, the study showed the statistically representative antifungal effectiveness ( $p \leq 0.05$ ) of the studied plants from the Sierra Norte de Puebla, suggesting its use for future research.

**Key words:** *biocontrol*, *biofumigants*, *Bocconia frutescens*.

## INTRODUCCIÓN

Los patógenos como *Phytophthora* sp. y *Rhizoctonia* sp. son agentes causales de ahorcamiento del tallo o damping off y desempeñan un papel importante en la patología vegetal, sirviendo como modelo de estudio para el manejo de enfermedades que causen pérdidas en todas las etapas del cultivo y que representan una amenaza a nivel mundial ya que su capacidad para causar daños en diferentes etapas del ciclo de vida de las plantas es evidente. Aunque los síntomas de ambas enfermedades normalmente son más notorias en etapa de emergencia y en plántula también pueden causar pudriciones de raíz, tallos, amarillamientos en hojas, marchitamientos y finalmente la muerte de la planta, (Giachero *et al.*, 2022).

Aunque el uso de agroquímicos ha sido la alternativa tradicional para el manejo para el manejo de estos fitopatógenos, la tendencia actual apunta a alternativas más sostenibles, como el uso de productos biológicos (Akber *et al.*, 2023), y el uso de metabolitos secundarios extraídos de plantas. En este sentido las plantas medicinales destacan por tener propiedades con efectos beneficiosos para la salud humana o animal. Estas se han utilizado desde tiempos ancestrales por diversas culturas y pueblos que poseen un amplio conocimiento de sus propiedades y usos. Sin embargo, sus aplicaciones se extienden más allá de las terapéuticas ya que sus usos en otras industrias como la agrícola han sido documentados. Algunas de estas aplicaciones incluyen el uso de concentrados de plantas para formular biopelículas que mejoran la vida post cosecha de frutas, también como biofumigante, como agentes naturales que controlan plagas en los cultivos sin afectar al medio ambiente ni a la salud humana (Castresan *et al.*, 2013; Moreno Paredes & Cedeño Luzardo, 2021).

En el estado de Puebla, México, la gran diversidad de especies de plantas medicinales que se distribuyen en diferentes regiones y ecosistemas ha sido documentada (Rodríguez Landa-Guerrero *et al.*, 2020), para algunas de estas plantas se han encontrado usos que van desde la industria alimenticia hasta la farmacéutica. Ejemplos destacables incluyen a *Cyathea divergens* y otras ciatáceas que han sido investigadas por sus propiedades antiinflamatorias y antimicrobianas, también se han estudiado debido a su contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante (Chaparro-Hernández *et al.*, 2022; Nath *et al.*, 2019), *Bocconia frutescens* de la cual se conocen sus usos para combatir algunas enfermedades en plantas, tener efectos insecticidas, además de que contener una alta concentración de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante (López-Guzmán, 2018; Montes R. *et al.*, 2013; Yu *et al.*, 2014a), *Cnidioscolus multilobus* y otras plantas del mismo género de las cuales se existen amplios estudios de su uso potencial farmacológico y nutricional (De Oliveira-Júnior *et al.*, 2018; Lyons *et al.*, 2020; Padilla-Camberos *et al.*, 2021).

A pesar de este conocimiento, aún existe una brecha significativa en la literatura científica en cuanto a la descripción y caracterización los efectos antifúngicos de las plantas anteriormente mencionadas especialmente frente a los patógenos *Phytophthora* sp. y *Rhizoctonia* sp. En este contexto la presente investigación ha tenido como objetivo la obtención de extractos etanólicos a

partir de las plantas medicinales *Cyathea divergens*, *Bocconia frutescens* y *Cnidioscolus multilobus* y su uso en el control de los agentes causales de damping off *Phytophthora* sp. y *Rhizoctonia* sp.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Selección y obtención de las plantas

Las plantas *Cyathea divergens*, *Bocconia frutescens* y *Cnidioscolus multilobus* se seleccionaron en base a literatura consultada y el conocimiento de los pobladores de la región en sus usos medicinales. Fueron identificadas taxonómicamente mediante la aplicación en línea *Plants of the world online* (POWO) además de ser registradas en el herbario de la Universidad Interserrana del Estado de Puebla Ahuacatlán con los números de Voucher 0041, 0042 y 0043 a cargo de la ingeniería en biotecnología, también se corroboraron sus usos en el libro “Catálogo de plantas útiles de la Sierra Norte de Puebla, México” (Alfaro *et al.*, 1995). Las plantas seleccionadas fueron obtenidas en tres distintas colectas en la sierra norte de Puebla siendo el municipio Tepango de Rodríguez (20°00'10"N 97°47'49"O) el más cercano a las colectas, el 24 de febrero se colectaron partes de tallo cortando hasta la mitad sin derribar la planta de *C. divergens*, el 27 de febrero se colectaron hojas jóvenes con un largo de 30 a 35 cm y un ancho de 20 a 25 cm de *B. frutescens*, finalmente, el 4 de abril de 2023 se colectó raíz de *C. multilobus*, las muestras se tomaron según el uso común que tienen las partes de la planta, se mantuvieron en bolsas plásticas perforadas y en hielera hasta su procesamiento.

Las cepas de *Phytophthora* sp. y *Rhizoctonia* sp., fueron donadas por el Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto politécnico nacional y fueron identificadas y corroboradas hasta género morfológicamente. Para reactivarlas se dispusieron discos de 5 mm de diámetro en medios PDA (Difco™) y EMA (Difco™) ambos adquiridos de AVANTOR PERFORMANCE MATERIALS MX.

### Preparación de los extractos etanólicos

Los extractos evaluados fueron producidos en las instalaciones del laboratorio de microbiología de la Universidad Interserrana del Estado de Puebla. Se utilizó el método descrito Benítez-Benítez *et al.*, (2020) con modificaciones en los tiempos de maceración; las muestras colectadas se lavaron con agua corriente durante dos minutos y posteriormente se sumergieron en hipoclorito de sodio al 1% durante cuatro minutos, seguido de un lavado con abundante agua destilada para retirar el exceso de hipoclorito y secados a la sombra por 24 h. Para obtener el concentrado etanólico se tomó una muestra de 100 g de material vegetal por cada 400 mL de etanol al 96%, y se mezclaron matraces Erlenmeyer, las mezclas se mantuvieron en etanol durante dos semanas para posteriormente ser filtrada en papel filtro Whatman No.1. El concentrado se transfirió a frascos ámbar y refrigeró a 4 °C para su posterior utilización.

### Análisis fitoquímico de los concentrados

Se llevó a cabo una caracterización fitoquímica parcial con el fin de identificar las posibles familias de compuestos fitoquímicos presentes que podrían estar contribuyendo a la actividad de inhibición del crecimiento de los hongos, en caso de que esta se presente. Se utilizaron diversas técnicas cualitativas, las cuales se describen de manera concisa en el manual de prácticas de farmacognosia de la Universidad Veracruzana (Rodríguez Landa *et al.*, 2020) brevemente a continuación:

### Determinación de alcaloides (Dragendorff)

Para preparar el reactivo de Dragendorff, se combinaron 8 g de nitrato de bismuto con 20 mL de ácido nítrico al 30%, junto con una solución de 27.2 g de yoduro de potasio en 50 mL de agua. La mezcla se dejó reposar durante 24 h, se decantó en un matraz y se aforó a 100 mL. Para el desarrollo de la técnica, se colocaron 3 gotas del extracto en un tubo de ensayo y se añadieron 3 gotas del reactivo. La formación de precipitados naranja-marrón indica la presencia de alcaloides.

**Determinación de flavonoides (Shinoda)**

En un tubo de ensayo, se dispusieron 3 gotas del extracto junto con un trozo de cinta de magnesio de 0.5 cm<sup>2</sup> y se agregaron 4 gotas de HCl concentrado, todo bajo la campana de extracción. Se considera positivo para flavonas, flavonoides o flavonoles si la coloración cambia hacia tonos naranja, rojo o rojo azulado.

**Determinación de saponinas (Test afrosimétrico)**

Se colocaron 3 mL del concentrado en un tubo de ensayo, al cual se le añadieron 5 mL de agua destilada. La mezcla fue calentada a ebullición en baño maría durante 2 min y se agitó vigorosamente. Se evaluó la aparición de espuma persistente, la persistencia en minutos de la espuma se califica con cruces: 5-20 min (+ poco persistente), entre 20-25 min como (++) medianamente persistente), y más de 30 min como (+++ altamente persistente).

**Determinación de Glucósidos cardiotónicos (terpenoides y esteroides) (Lieberman-Burchard)**

En un tubo de ensayo se depositaron 5 gotas del extracto, seguido de la adición de 0.5 mL de anhídrido acético y 0.5 mL de cloroformo. La mezcla fue enfriada a 0 °C, y posteriormente se agregaron 2 gotas de ácido sulfúrico. La aparición de un color azul, que luego transita hacia el naranja antes de transformarse en verde, indica un resultado positivo.

**Determinación de cumarinas (Baljet)**

Se preparó la Solución A mediante la disolución de ácido pícrico al 1% en etanol, mientras que la Solución B se obtuvo al disolver hidróxido de sodio al 10 % en agua destilada. Para la prueba, se añadieron 4 gotas del concentrado y 3 gotas de una solución preparada combinando equitativamente las Soluciones A y B (1:1). Un cambio de color hacia tonos naranja o rojo oscuro se considera positivo para la presencia de cumarinas.

**Evaluación del porcentaje de inhibición de crecimiento de los hongos con los extractos**

Se evaluaron los tres extractos antes mencionados, sobre *Phytophthora* sp. y *Rhizoctonia* sp. utilizando la técnica de cultivo envenenado considerando una concentración de 10, 000 ppm de cada extracto, como control se utilizaron medios con etanol de 96% a 10, 000 ppm para descartar el solvente como posible inhibidor de crecimiento de los patógenos. Se utilizaron dos medios de cultivo EMA y PDA en placas de 60 mm de diámetro. Los hongos aislados en los respectivos medios de cultivo con 10 días de maduración se sembraron utilizando un sacabocados de 5 mm de diámetro y colocándolos en la orilla de la placa. Las placas fueron selladas y colocadas de manera invertida y se incubaron a 26 ± 2 °C. El crecimiento radial de los hongos fue medido cada 24 h con un vernier digital de la marca Truper ® tomando en cuenta el máximo de crecimiento de 96 h para *Rhizoctonia* sp. y 140 h para *Phytophthora* sp. tiempo que llevo a los controles para colonizar el 100% de la caja Petri.

El porcentaje de inhibición de crecimiento del patógeno fue calculado por la fórmula descrita por Arce-Araya *et al.* (2019) la cual se describe en la ecuación 1:

**Ecuación 1:** Porcentaje de inhibición de crecimiento micelial (% ICP)

$$\% \text{ ICP} = \frac{(\text{Crecimiento radial sin extracto} - \text{crecimietno radial con extracto})}{\text{crecimiento radial sin extracto}} * 100$$

**Diseño experimental y análisis estadístico**

Se utilizó tres replicas por cada uno de las combinaciones y se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con un ANOVA de un factor para determinar el efecto del tratamiento (Medio + extracto) y se realizó una prueba de comparaciones múltiples de Tukey para determinar las diferencias entre los tratamientos ( $p \leq 0.05$ ). Los datos fueron analizados con el programa estadístico Microsoft Excel LTSC Profesional Plus 2021 con licencia corporativa de la Universidad Interserrana del Estado de Puebla Ahuacatlán.

## RESULTADOS

El perfil fitoquímico realizado se describe en la *tabla 1* en donde se observó presencia de flavonoides, siendo estos junto a esteroides los únicos compuestos que se presentaron en las tres plantas de manera similar. Por otra parte, destacó la ausencia de alcaloides en *C. divergens* siendo positivos estos compuestos para las otras plantas. Asimismo, la ausencia de triterpenos en *C. multilobus* fue evidente. Finalmente, solo en *B. frutescens* se observó la ausencia de cumarinas.

**Tabla 1.** Compuestos fitoquímicos de los extractos etanólicos de *C. divergens*, *B. frutescens*, *C. multilobus* colectados en la Sierra Norte de Puebla

**Table 1.** Phytochemical compounds of the ethanolic extracts of *C. divergens*, *B. frutescens*, *C. multilobus* collected in the Sierra Norte of Puebla

Plantas	Alcaloides	Saponinas	Flavonoides	Triterpenos y esteroides	Coumarinas	Esteroides
<i>C. multilobus</i>	+	+++	+	-	+	+
<i>C. divergens</i>	-	+	+	+	+	+
<i>B. frutescens</i>	+	+	+	+	-	+

Para saponinas + poco persistente, ++ medianamente persistente y +++ altamente persistente, para el resto de los de las pruebas + presencia y – ausencia del grupo de los compuestos fitoquímicos.

Los efectos inhibitorios de los concentrados se detallan en la *tabla 2*, para *Phytophthora* sp. el extracto *B. frutescens* presentó el mayor ICP con un 82% de inhibición del patógeno en ambos medios de cultivo, en comparación con el menor efecto inhibitorio que fue *C. multilobus* en el medio de cultivo EMA con un ICP de 70%, el resto de las combinaciones se mantuvieron con porcentajes menores al antes mencionado. Para *Rhizoctonia* sp. el efecto de *B. frutescens* nuevamente fue el que mayor ICP presentó con 51% para el medio PDA y 53% para el medio EMA, por otra parte, los concentrados que tuvieron menor ICP para este patógeno fueron los de la planta *Cyathea divergens* 33% para el medio EMA y 15% de inhibición en PDA.

**Tabla 2.** Porcentaje de inhibición de crecimiento micelial de los concentrados de plantas de *C. divergens*, *B. frutescens*, *C. multilobus* obtenidos en la Sierra Norte de Puebla sobre aislamientos fúngicos de *Rhizoctonia* sp. y *Phytophthora* sp.

**Table 2.** Percentage of inhibition of mycelial growth of plant extracts of *C. divergens*, *B. frutescens*, *C. multilobus* obtained in the Sierra Norte of Puebla on fungal isolates of *Rhizoctonia* sp. and *Phytophthora* sp.

Tratamiento	Fitopatógeno	
	<i>Phytophthora</i> sp.	<i>Rhizoctonia</i> sp.
EMA + Etanol	0,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>a</sup>
EMA + <i>Cyathea divergens</i>	77,78 ± 0,90 <sup>cd</sup>	33,32 ± 27,74 <sup>abc</sup>
EMA + <i>Bocconia frutescens</i>	82,16 ± 2,64 <sup>d</sup>	51,47 ± 13,80 <sup>c</sup>
EMA + <i>Cnidioscolus multilobus</i>	70,15 ± 0,92 <sup>b</sup>	45,41 ± 12,89 <sup>bc</sup>
PDA + Etanol	0,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>a</sup>
PDA + <i>Cyathea divergens</i>	75,18 ± 5,38 <sup>bc</sup>	14,90 ± 4,36 <sup>ab</sup>
PDA + <i>Bocconia frutescens</i>	82,31 ± 1,89 <sup>d</sup>	53,26 ± 6,33 <sup>c</sup>
PDA + <i>Cnidioscolus multilobus</i>	78,27 ± 2,57 <sup>cd</sup>	44,86 ± 5,07 <sup>bc</sup>

Medias con superíndice común en la misma columna no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) según la prueba de comparaciones múltiples de Tukey.

## DISCUSIÓN

Los flavonoides son compuestos fenólicos ampliamente distribuidos en el reino vegetal y han sido objeto de numerosos estudios debido a sus diversos efectos biológicos, que incluyen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas, sin embargo, la mayoría de los estudios se han centrado en el área médica, por ejemplo, se ha comprobado su eficacia frente a bacterias de interés médico como *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus*, del mismo modo, se ha estudiado a estos compuestos con el objetivo de determinar su efecto antifúngico frente a *Candida albicans*, *Candida glabrata*, *Aspergillus fumigatus*, entre otros (El Moussaoui *et al.*, 2019; Mohotti *et al.*, 2020; Olicón-Hernández *et al.*, 2019); por otra parte, las cumarinas son compuestos que también se encuentran considerados dentro del grupo de los flavonoides y su uso también se ha documentado en el área biomédica para determinar su efecto inhibitorio contra *A. fumigatus* y *Candida* sp. y frente algunos hongos de interés agrícola como *Fusarium solani* y *Rhizoctonia solani* (Navarro-García *et al.*, 2011), estos compuestos se encontraron presentes en los extractos de las plantas estudiadas y al igual que en otros estudios los extractos presentaron una actividad fungistática inhibiendo el crecimiento de los patógenos el mismo efecto ha sido reportado por otros autores (Faizal *et al.*, 2020; Joaquín-Ramos *et al.*, 2020b; Rodríguez A., 2015), se conocen diversos mecanismos de acción de estos compuestos se sabe que actúan en la degradación de la membrana plasmática de los microorganismos, alterando su funcionamiento mitocondrial, inhibiendo la división celular e incluso inhibiendo la síntesis de proteínas (Al Aboody & Mickymaray, 2020; Montagner *et al.*, 2008).

Los alcaloides son biomoléculas de presencia relativamente común en plantas, pero de funciones y mecanismos complejos, sus usos médicos van desde efectos antitumorales, diuréticos, antivirales, antihipertensivos, entre otros (Badri *et al.*, 2019), aunque el mecanismo de acción de estas moléculas va depender del tipo de alcaloide estudiado, se conoce que el efecto antibacterial se debe principalmente a la inhibición de la síntesis de ácido nucleico en la pared celular de microorganismos (Cushnie *et al.*, 2014), en este trabajo se observó la presencia de estos compuestos en *C. multilobus* y *B. frutescens*, Yu *et al.*, (2014b), mencionan como los alcaloides específicamente de la familia de las papaveráceas como *B. frutescens* tienen un efecto de inhibición de hasta el 50% contra *Phytophthora capsici*; por otra parte Pacheco-Hernández *et al.*, (2020), mencionan que la actividad antifúngica de *C. multilobus* puede deberse a la alta producción de ácidos orgánicos extraídos de la planta, sin embargo, estos autores utilizaron las partes aéreas de la planta y en el presente trabajo solo se utilizó la raíz de la planta para elaborar los extractos, esto debido a que en base al conocimiento popular de la región y la corroboración mediante revisión bibliográfica esta es la parte de la planta que se utiliza con fines medicinales. En esta investigación el menor ICP se presentó para *Rhizoctonia* sp. esto puede deberse a la patogenicidad del patógeno, ya que otros autores han observado que las incidencias y el índice de severidad son mayores en *Rhizoctonia* sp. que *Phytophthora* sp. (Alfiky *et al.*, 2022; Gómez-Hernández *et al.*, 2018; Parajuli & Baysal-Gurel, 2022); en algunos estudios se ha demostrado que metabolitos secundarios como las saponinas presentan actividad antifúngica frente a microorganismos como *Botrytis cinerea* y *Fusarium oxysporum* esto pudiendo explicar parcialmente la inhibición del crecimiento de los hongos para este estudio (Joaquín-Ramos *et al.*, 2020a; Porsche *et al.*, 2018), aunque se documentado el mecanismo de las saponinas en la interacción con células animales en plantas su efecto protector se debe a dos factores primero la actividad de las saponinas incrementada en respuesta al ataque de patógenos aumentando la activación de la enzima diguanilato ciclasa la cual es enzima clave involucrada en la producción de celulosa en las plantas la segunda como fuente importante de monosacáridos en la planta (Francis *et al.*, 2003).

Los registros de otros autores mencionan que *C. divergens* se utiliza principalmente y se limitan a artesanías u ornamentales y muy pocas veces con efectos medicinales o con algún efecto antifúngico (Martínez *et al.*, 2007).

## CONCLUSIONES

Se mostró a efectividad antifúngica estadísticamente representativa ( $p \leq 0.05$ ) de las plantas estudiadas en el presente trabajo procedentes de la Sierra Norte de Puebla siendo *B. frutescens* el concentrado que mayor inhibición presentó y *C. divergens* el que menor efectividad tuvo. La eficacia que puede ser atribuida a la presencia de algunos metabolitos como alcaloides, saponinas y cumarinas. Por otra parte, a pesar de la riqueza de especies de plantas medicinales en la región, existe aún una brecha significativa en la literatura científica en cuanto a la descripción y caracterización de los efectos antifúngicos de estas plantas frente a microorganismos como *Phytophthora* sp. y *Rhizoctonia* sp. Los resultados bajo condiciones de laboratorio sugieren el potencial de estas plantas como una alternativa sostenible, sumado a esto la diversidad de metabolitos presentes sugieren un potencial multifuncional en las plantas estudiadas para la protección de cultivos. Se requiere realizar extractos con diferentes solventes, partes de la planta y condiciones edafoclimáticas que permitan identificar la extracción y eficacia máxima de los extractos.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Interserrana del Estado de Puebla por el apoyo y la disponibilidad para realizar este trabajo en las instalaciones.

Al CONCYTEP por financiar parte de este proyecto mediante la convocatoria “Apoyo a nuevos investigadores 2022”.

A los doctores Solano-Báez Alma Rosa y Márquez-Licona Guillermo, profesores del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional, 62731, Yautepec, Morelos, México, por proporcionar los patógenos utilizados en el presente trabajo.

## LITERATURA CITADA

- Akber, M. A., Mubeen, M., Sohail, M. A., Khan, S. W., Solanki, M. K., Khalid, R., Abbas, A., Divvela, P. K., & Zhou, L. (2023). Global distribution, traditional and modern detection, diagnostic, and management approaches of *Rhizoctonia solani* associated with legume crops. *Frontiers in Microbiology*, *13*. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1091288>
- Al Aboody, M. S., & Mickymaray, S. (2020). Anti-Fungal Efficacy and Mechanisms of Flavonoids. *Antibiotics*, *9*(2), 45. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9020045>
- Alfaro, M. A. M., Oliva, V. E., Cruz, M. M., García, G., Olazcoaga, G. T., & León, A. W. (1995). Catálogo de plantas útiles de la Sierra Norte de Puebla, México. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:140594750>
- Alfiky, A., L'Haridon, F., Abou-Mansour, E., & Weisskopf, L. (2022). Disease Inhibiting Effect of Strain *Bacillus subtilis* EG21 and Its Metabolites Against Potato Pathogens *Phytophthora infestans* and *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*®, *112*(10), 2099–2109. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-12-21-0530-R>
- Arce-Araya, C., Varela-Benavides, I., & Torres-Portuguez, S. (2019). Inhibición del crecimiento micelial de hongos asociados a antracnosis en ñame (*Dioscorea alata*). *Agronomía Mesoamericana*, *381–393*. <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.32653>
- Badri, S., Basu, V. R., S, K. B., K, C., & D, A. (2019). A Review on Pharmacological Activities of Alkaloids. *World Journal of Current Medical and Pharmaceutical Research*, *1*(6), 230–234. <https://doi.org/10.37022/WJCMPR.2019.01068>
- Benítez-Benítez, R., Sarria-Villa, R. A., Gallo-Corredor, J. A., Pérez Pacheco, N. O., Álvarez Sandoval, J. H., & Giraldo Aristizabal, C. I. (2020). Obtención y rendimiento del extracto etanólico de dos plantas medicinales. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, *15*(1), 31–40. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3597>

- Castresan, J. E., Rosenbaum, J., & González, L. A. (2013). Estudio de la efectividad de tres aceites esenciales para el control de áfidos en pimiento, *Capsicum annuum* L. *Idesia (Arica)*, 31(3), 49–58. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292013000300007>
- Chaparro-Hernández, I., Rodríguez-Ramírez, J., Barriada-Bernal, L. G., & Méndez-Lagunas, L. (2022). Tree ferns (Cyatheaceae) as a source of phenolic compounds – A review. *Journal of Herbal Medicine*, 35, 100587. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2022.100587>
- Cushnie, T. P. T., Cushnie, B., & Lamb, A. J. (2014). Alkaloids: An overview of their antibacterial, antibiotic-enhancing and antivirulence activities. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 44(5), 377–386. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2014.06.001>
- De Oliveira-Júnior, R. G., Ferraz, C. A. A., De Oliveira, A. P., Araújo, C. S., Oliveira, L. F. D. S., Picot, L., Rolim, L. A., Rolim-Neto, P. J., & Almeida, J. R. G. D. S. (2018). Phytochemical and pharmacological aspects of *Cnidioscolus* Pohl species: A systematic review. *Phytomedicine*, 50, 137–147. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2017.08.017>
- El Moussaoui, A., Jawhari, F. Z., Almehdi, A. M., Elmsellem, H., Fikri Benbrahim, K., Bousta, D., & Bari, A. (2019). Antibacterial, antifungal and antioxidant activity of total polyphenols of *Withania frutescens* L. *Bioorganic Chemistry*, 93, 103337. <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2019.103337>
- Faizal, A., Taufik, I., Firda Rachmani, A., & Prihartini Azar, A. W. (2020). Antioxidant and antibacterial properties of tree fern *Cyathea contaminans*. *Biodiversitas*, 21(5), 2201–2205. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210548>
- Francis, G., Kerem, Z., Makkar, H., & Becker, K. (2003). The biological action of saponins in animal systems: A review. *The British journal of nutrition*, 88, 587–605. <https://doi.org/10.1079/BJN2002725>
- Giachero, M. L., Declerck, S., & Marquez, N. (2022). Phytophthora Root Rot: Importance of the Disease, Current and Novel Methods of Control. *Agronomy*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/agronomy12030610>
- Gómez-Hernández, D., Carrillo-Rodríguez, J. C., Chávez-Servia, C., & Perales-Segovia. (2018). Pathogenicity of *Phytophthora capsici* Leon and *Rhizoctonia solani* Kühn, on seedlings of ‘costeño’ pepper (*Capsicum annuum* L.). *Revista Bio ciencias*, 5(1). <https://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/356/639#info>
- Joaquín-Ramos, A. D. J., López-Palestina, C. U., Pinedo-Espinoza, J. M., Altamirano-Romo, S. E., Santiago-Saenz, Y. O., Aguirre-Mancilla, C. L., & Gutiérrez-Tlahque, J. (2020b). Phenolic compounds, antioxidant properties and antifungal activity of jarilla (*Barkleyanthus salicifolius* [Kunth] H. Rob & Brettell). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 80(3), 352–360. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392020000300352>
- López-Guzmán, S. (2018). Los alcaloides de *Bocconia frutescens* L. y su actividad contra hongos fitopatógenos [Licenciatura, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas]. [https://www.researchgate.net/profile/Samuel-Guzman/publication/337485707\\_UNIVERSIDAD\\_DE\\_CIENCIAS\\_Y\\_ARTES\\_DE\\_CHIAPA\\_S\\_SAMUEL\\_LOPEZ\\_GUZMAN/links/5ddb7fa592851c1fedaf62a0/UNIVERSIDAD-DE-CIENCIAS-Y-ARTES-DE-CHIAPAS-SAMUEL-LOPEZ-GUZMAN.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Samuel-Guzman/publication/337485707_UNIVERSIDAD_DE_CIENCIAS_Y_ARTES_DE_CHIAPA_S_SAMUEL_LOPEZ_GUZMAN/links/5ddb7fa592851c1fedaf62a0/UNIVERSIDAD-DE-CIENCIAS-Y-ARTES-DE-CHIAPAS-SAMUEL-LOPEZ-GUZMAN.pdf)
- Lyons, G., Dean, G., Tongaiaba, R., Halavatau, S., Nakabuta, K., Lonolona, M., & Susumu, G. (2020). Macro- and Micronutrients from Traditional Food Plants Could Improve Nutrition and Reduce Non-Communicable Diseases of Islanders on Atolls in the South Pacific. *Plants*, 9(8). <https://doi.org/10.3390/plants9080942>
- Martínez, M., Evangelista Oliva, V., Basurto, F., Cruz, M., & Cruz-Rivas, A. (2007). Flora útil de los cafetales en la Sierra Norte de Puebla, México Useful plants of the Sierra Norte de Puebla, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78.
- Mohotti, S., Rajendran, S., Muhammad, T., Strömstedt, A. A., Adhikari, A., Burman, R., De Silva, E. D., Göransson, U., Hettiarachchi, C. M., & Gunasekera, S. (2020). Screening for bioactive secondary metabolites in Sri Lankan medicinal plants by microfractionation and targeted isolation of antimicrobial flavonoids from *Derris scandens*. *Journal of Ethnopharmacology*, 246, 112158. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112158>

**Recibido:**  
17/abril/2024

**Aceptado:**  
23/octubre/2024

- Montagner, C., De Souza, S. M., Groposo, C., Delle Monache, F., Smânia, E. F. A., & Smânia Jr, A. (2008). Antifungal Activity of Coumarins. *Zeitschrift Für Naturforschung C*, 63(1-2), 21-28. <https://doi.org/10.1515/znc-2008-1-205>
- Montes R, C., Reña, C. S., & Gutierrez, V. (2013). Efecto insecticida del extracto de *Bocconia frutescens* L. sobre larvas de Chisas. *11*, 19-28.
- Moreno Paredes, M., & Cedeño Luzardo, E. (2021). Evaluación del efecto antagónico de una biopelícula con extractos de *Samanea saman* frente a *Colletotrichum gloeosporioides* responsable de la antracnosis en mango. *Bionatura*, 6(1), 1466-1472. <https://doi.org/10.21931/RB/2021.06.01.5>
- Nath, K., Talukdar, A. D., Bhattacharya, M. K., Bhowmik, D., Chetri, S., Choudhury, D., Mitra, A., & Choudhury, N. A. (2019). *Cyathea gigantea* (Cyatheaceae) as an antimicrobial agent against multidrug resistant organisms. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 19(1), 279. <https://doi.org/10.1186/s12906-019-2696-0>
- Navarro-García, V. M., Rojas, G., Avilés, M., Fuentes, M., & Zepeda, G. (2011). *In vitro* antifungal activity of coumarin extracted from *Loeselia mexicana* Brand. *Mycoses*, 54(5). <https://doi.org/10.1111/j.1439-0507.2010.01993.x>
- Olicón-Hernández, D. R., Camacho-Morales, R. L., Pozo, C., González-López, J., & Aranda, E. (2019). Evaluation of diclofenac biodegradation by the ascomycete fungus *Penicillium oxalicum* at flask and bench bioreactor scales. *Science of The Total Environment*, 662, 607-614. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.248>
- Pacheco-Hernández, Y., Villa-Ruano, N., Rubio-Rosas, E., & Vásquez-Lara, I. (2020). Chemical profiling of the urticating trichomes from *Cnidioscolus multilobus* ("mala mujer") and their antimicrobial activity. *Polibotánica*, 50: 137-146. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.50.10>
- Padilla-Camberos, E., Torres-Gonzalez, O. R., Sanchez-Hernandez, I. M., Diaz-Martinez, N. E., Hernandez-Perez, O. R., & Flores-Fernandez, J. M. (2021). Anti-Inflammatory Activity of *Cnidioscolus aconitifolius* (Mill.) Ethyl Acetate Extract on Croton Oil-Induced Mouse Ear Edema. *Applied Sciences*, 11(20). <https://doi.org/10.3390/app11209697>
- Parajuli, M., & Baysal-Gurel, F. (2022). Control of *Phytophthora* and *Rhizoctonia* Root Rot on Red Maple Using Fungicides and Biofungicides. *HortScience*, 57(10), 1306-1312. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI16673-22>
- Porsche, F. M., Molitor, D., Beyer, M., Charton, S., André, C., & Kollar, A. (2018). Antifungal Activity of Saponins from the Fruit Pericarp of *Sapindus mukorossi* against *Venturia inaequalis* and *Botrytis cinerea*. *Plant Disease*, 102(5), 991-1000. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-17-0906-RE>
- Rodríguez A., O. E. (2015). Actividad antioxidante de extractos de hojas de *Bocconia frutescens* L. (Papaveraceae). *Revista de Tecnología | Journal of Technology | Págs. 21-36*, 14, 21-36. <https://doi.org/10.18270/rt.v14i2.1868>
- Rodríguez Landa, J. F., Hernández Lozano, M., & Méndez Ventura, L. M. (2020). *Manual de prácticas de farmacognosia* [Manual]. <https://www.uv.mx/qfb/files/2020/09/Guia-de-Farmacognosia.pdf>
- Yu, X., Gao, X., Zhu, Z., Cao, Y., Zhang, Q., Tu, P., & Chai, X. (2014a). Alkaloids from the Tribe *Bocconieae* (Papaveraceae): A Chemical and Biological Review. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 19, 13042-13060. <https://doi.org/10.3390/molecules190913042>
- Yu, X., Gao, X., Zhu, Z., Cao, Y., Zhang, Q., Tu, P., & Chai, X. (2014b). Alkaloids from the Tribe *Bocconieae* (Papaveraceae): A Chemical and Biological Review. *Molecules*, 19(9), 13042-13060. <https://doi.org/10.3390/molecules190913042>