

## Metabolitos secundarios de *Argemone mexicana* para el control de hongos fitopatógenos

### Secondary metabolites of *Argemone mexicana* for the control of phytopathogenic fungi

Iridiam Hernández Soto <sup>a</sup>, Antonio Juárez Maldonado <sup>b</sup>, Rafael Germán Campos Montiel <sup>a</sup>, Gabriel Aguirre Álvarez <sup>a</sup>, Alma Delia Hernández Fuentes <sup>a\*</sup>

#### Abstract:

Plant diseases caused by phytopathogenic fungi limit crop production worldwide. Until now, the main control method has been synthetic fungicides, but their uncontrolled use causes severe health and environmental problems. Environmentally friendly alternatives are currently being sought; Biofungicides made from plant extracts are a promising alternative for the control of phytopathogens. Some extracts obtained from *Argemone mexicana* contain secondary metabolites such as: alkaloids, terpenoids, flavonoids and phenolic compounds, among others, which report biological activity against fungi that infect crops of commercial interest.

#### Keywords:

*Argemone mexicana*; Biofungicides; Phytopathogenic fungi; Secondary metabolites.

#### Resumen:

Las enfermedades en plantas ocasionadas por hongos fitopatógenos limitan la producción de cultivos a nivel mundial, hasta ahora el principal método de control han sido los fungicidas sintéticos, pero su uso descontrolado ocasiona severos problemas a la salud y al medio ambiente. Actualmente se buscan alternativas amigables con el medio ambiente; los biofungicidas elaborados a base de extractos vegetales son una alternativa promisoriosa para el control de fitopatógenos. Algunos extractos obtenidos de *Argemone mexicana* contienen metabolitos secundarios como: alcaloides, terpenoides, flavonoides y compuestos fenólicos, entre otros, los cuales reportan actividad biológica contra hongos que infectan cultivos de interés comercial.

#### Palabras Clave:

*Argemone mexicana*; Biofungicidas; Hongos fitopatógenos; Metabolitos secundarios.

## 1. Introducción

Durante los últimos años, los fungicidas sintéticos han sido una de las estrategias más utilizadas por los agricultores para controlar enfermedades en los cultivos, las cuales son ocasionadas por hongos fitopatógenos y causan pérdidas en la producción de

hasta el 43% [1]. El uso de fungicidas de síntesis química ha aumentado la preocupación del consumidor y se ha visto cómo su uso es cada vez más restringido, debido a efectos carcinógenos, problemas de toxicidad residual y contaminación ambiental [2]. Por lo que hoy en día se ha requerido

<sup>a</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Rancho Universitario, Av. Universidad Km. 1 s/n Exhacienda Aquetzalpa, C.P.43600 Tulancingo de Bravo, Hidalgo. Iridiam Hernández Soto, <https://orcid.org/0000-0002-0307-1651>, Email: [he245812@uaeh.edu.mx](mailto:he245812@uaeh.edu.mx); Rafael Germán Campos Montiel, <https://orcid.org/0000-0001-7382-5538>, Email: [rcampos@uaeh.edu.mx](mailto:rcampos@uaeh.edu.mx); Gabriel Aguirre-Álvarez, <https://orcid.org/0000-0001-7652-2647>, Email: [aguirre@uaeh.edu.mx](mailto:aguirre@uaeh.edu.mx); Alma Delia Hernández-Fuentes, <https://orcid.org/0000-0003-2592-6689>, Email: [almah@uaeh.edu.mx](mailto:almah@uaeh.edu.mx)

<sup>b</sup> Departamento de Botánica, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo 25315, México Antonio Juárez Maldonado <https://orcid.org/0000-0003-3061-2297>, Email: [antonio.juarez@uaaan.edu.mx](mailto:antonio.juarez@uaaan.edu.mx)

\* Autor de Correspondencia: [almah@uaeh.edu.mx](mailto:almah@uaeh.edu.mx)

nuevas alternativas que sean amigables con el ambiente para controlar hongos fitopatógenos [3].

En la actualidad, nuevas iniciativas se están presentando en el desarrollo de biofungicidas; estas alternativas incluyen derivados de especies vegetales (extractos, aceites esenciales, decocciones, metabolitos secundarios) [4]. Las plantas tienen la capacidad de sintetizar una gran diversidad de metabolitos secundarios relacionados con diferentes mecanismos de defensa, entre los que se encuentran compuestos químicos como terpenos, fenoles, compuestos nitrogenados como alcaloides y compuestos azufrados, muchos de estos con propiedades antimicrobianas [5].

Para el desarrollo de biofungicidas regularmente se busca que las fuentes de origen vegetal sean malezas, como lo es *Argemone mexicana*, comúnmente conocida como chicalote, endémica de México y ampliamente distribuida en todos los continentes. Espinosa, erecta, hojas color verde y blanco, glaucas y anchas en la base, flores amarillas y sin olor, semillas esféricas, brillantes, negras y picadas [6]. Contiene compuestos como: alcaloides, terpenoides, flavonoides, fenoles entre otros, dichos compuestos presentan actividad biológica contra diversos hongos fitopatógenos [7]. El objetivo de la presente revisión es reunir los datos existentes desde los últimos veinte años hasta la actualidad sobre *Argemone mexicana* y su uso como biofungicidas en el control de enfermedades de cultivos de interés comercial.

## 2. Hongos fitopatógenos

Las frutas y hortalizas son productos perecederos, susceptibles al ataque de microorganismos antes o después de la cosecha y durante su almacenamiento; tal es el caso de los hongos fitopatógenos, los cuales, pueden provocar grandes pérdidas en la producción de frutas y hortalizas [8]. Dentro de los principales hongos fitopatógenos se encuentran: *Botrytis cinerea*, *Alternaria solani*, *Phytophthora infestans*, *Pythium aphanidermatum*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Colletotrichum gloeosporioides*, entre otros [9].

Los hongos fitopatógenos pueden causar síntomas locales o generales en sus huéspedes. Según Agrios

[10], los síntomas necróticos más comunes son: manchas foliares (lesiones localizadas en las hojas que consisten en muerte y células colapsadas), tizón (muerte generalizada y extremadamente rápida por pardeamiento de hojas, ramas, ramitas y órganos florales), cancro (lesión necrótica localizada), muerte regresiva (necrosis extensa de las ramitas que comienza en sus puntas y avanza hacia sus bases), pudrición de la raíz (desintegración o descomposición de parte de todo el sistema radicular de una planta), pudrición basal del tallo (desintegración de la parte inferior del tallo), podredumbres blandas y podredumbres secas (maceración y desintegración de frutos, raíces, bulbos, tubérculos y hojas carnosas), antracnosis (lesiones necróticas y hundidas parecidas a úlceras del tallo, hoja, fruto o flor), costra (lesiones localizadas con apariencia costrosa en frutos, hojas, etc.) y declive (crecimiento de plantas pobremente, hojas pequeñas y amarillentas o rojas, y puede ocurrir alguna defoliación) [11].

## 3. Metabolitos secundarios como mecanismo de defensa de las plantas

Las plantas han desarrollado diversas estrategias de defensa contra condiciones de estrés biótico y abiótico, en dichas estrategias se incluyen el desarrollo de estructuras contra sus depredadores, tales como las espinas, las espigas, los tricomas y los pelos glandulares. Así mismo y como parte de la protección química, otra estrategia utilizada por las plantas es la producción de metabolitos secundarios (MS) con actividad antioxidante, antibacteriana, antifúngica, nematocida y farmacológica [12].

Los MS son compuestos de bajo peso molecular que juegan un papel fundamental en las interacciones ecológicas; una síntesis activa de MS se induce cuando las plantas son expuestas a condiciones adversas tales como: a) el consumo por herbívoros (artrópodos y vertebrados), b) el ataque por microorganismos: virus, bacterias y hongos, c) la competencia por el espacio de suelo, luz y los nutrientes entre las diferentes especies de plantas y d) la exposición a la luz solar u otros tipos de estrés abiótico [13]. Es importante mencionar que también reciben la denominación de productos naturales y tienen un importante y significativo valor medicinal, económico y en las últimas décadas con gran auge

para la producción orgánica de cultivos [14]. Los metabolitos secundarios se agrupan en cuatro clases principales: terpenos, compuestos fenólicos, glicósidos y alcaloides. Los precursores de la biosíntesis de MS se derivan de rutas del metabolismo primario, tales como la glucólisis, el ciclo de Krebs o la vía del shikimato. Una síntesis constitutiva y específica de MS puede existir para cada tipo de órgano, tejido o tipo celular [15].

#### 4. *Argemone mexicana*

##### 4.1 Descripción botánica

*Argemone mexicana* es una maleza anual que crece en terrenos baldíos, a orilla de carretera y generalmente cuando se remueven las tierras de cultivo es originaria de México, pero se encuentra ampliamente distribuida en todos los continentes [16], puede llegar a medir hasta 150 cm de altura, su tallo es ramificado oblongo en sección transversal y generalmente muy espinoso, exuda un jugo amarillo cuando se corta, tiene vistosas flores amarillas de 2,5–5 cm de diámetro, las hojas son parecidas a cardos y alternas, sin pedúnculos (pecíolos), dentadas (aserradas) y los márgenes espinosos, las venas de color blanco grisáceo se destacan sobre la superficie de la hoja superior de color verde azulado [17], la fruta es una cápsula espinosa, alargada o con forma de ovoide, las semillas son muy numerosas, casi esféricas, cubiertas por una fina red de venas, de color negro pardusco y de aproximadamente 1 mm de diámetro [18].

##### 4.2 Usos etnobotánicos

*A. mexicana* se considera una planta medicinal importante. Diferentes partes de esta planta se utilizan en enfermedades crónicas de la piel, y también como emético, expectorante, demulcente y diurético; las semillas y el aceite de semilla se emplean como remedio para la disentería, úlceras, asma y otras afecciones intestinales [6]. Las hojas y semillas para mantener la circulación sanguínea normal y el nivel de colesterol en el cuerpo humano [19]. Las flores son expectorantes y se han utilizado en el tratamiento de la tos [20].

##### 4.3 Actividad antifúngica exhibida por componentes vegetales de chicalote

La actividad antifúngica ha sido reportada tanto para extractos crudos como para componentes químicos aislados. Dentro de los principales componentes químicos de *A. mexicana* que presentan dicha actividad se encuentran: alcaloides, terpenoides, flavonoides, fenoles, compuestos alifáticos de cadena larga y pocos compuestos aromáticos [3]. En la Tabla 1. se presentan algunos reportes de la actividad antifúngica de *A. mexicana* contra hongos fitopatógenos que infectan cultivos de interés comercial.

**Tabla 1.** Metabolitos secundarios de chicalote con actividad antifúngica

Los mecanismos de acción de los fitoquímicos contra los fitopatógenos no se conocen

Fitoquímico	Hongo fitopatógeno	Enfermedad	Referencia
Compuestos fenólicos	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Podredumbre algodonosa	[21]
Compuestos fenólicos	<i>Fusarium oxysporum</i> <i>Rhizoctonia solani</i>	Marchitez vascular Damping off	[22]
Alcaloides	<i>Aspergillus flavus</i>	Micotoxinas	[23]
Alcaloides, ácidos tánico, cafeico y ferúlico	<i>Alternaria solani</i> <i>Ustilago cynodontis</i> <i>Cercospora cajani</i>	Tizón temprano Carbones Manchas foliares	[18]

definidamente; sin embargo, dentro de los compuestos más estudiados se conoce que los fenólicos actúan en tres sitios: pared celular, membrana celular y mitocondrias [24]. Una vez que se daña la integridad de la pared celular, la morfología ya no se puede mantener, y las células se vuelven osmóticamente frágiles. Una lesión de la membrana plasmática conlleva a la pérdida de iones, reducción del potencial de membrana, y al colapso de la bomba de protones. Con respecto al daño en las mitocondrias, se inhibe el transporte de electrones, lo que da como consecuencia una reducción de la producción de ATP y la muerte celular [25].

## 5. Conclusiones

La inhibición de fitopatógenos que infectan cultivos, mediante extractos de chicalote, indica su potencial para ser usados en el sector agrícola. Sin embargo, es necesario investigar más sobre la regulación legal de usos de biofungicidas en la producción de cultivos; por ahora las regulaciones para estos productos están bajo las normativas convencionales, lo cual representa limitaciones para el uso de estos productos en el sector agrícola.

## Agradecimientos

Nos gustaría agradecer sinceramente al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Referencias

- [1] Martínez-Ruiz FE, Cervantes-Díaz L, Ail-Catzim CE, Hernández-Montiel LG, Sánchez CL y Rueda-Puente EO. Hongos fitopatógenos asociados al tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) en la Zona Árida del noroeste De México: la importancia de su diagnóstico. *European Scientific Journal*. 2016; 12(18): 232-256.
- [2] Cantrell CL, Dayan FE y Duke SO. Natural products as sources for new pesticides. *Journal of natural products*. 2012; 75(6): 1231-1242.
- [3] Koul O, Walia S y Dhaliwal GS. Essential oils as green pesticides: potential and constraints. *Biopesticides international*. 2008; 4(1): 63-84.
- [4] Mesa AM, Marin PA, Ocampo O, Calle J y Monsalve-Fonnegra ZI. Fungicidas a partir de extractos vegetales: una alternativa en el manejo integrado de hongos fitopatógenos. *Ediciones INTA*. 2019; 45(1): 22-29.
- [5] Cavaliere C, Rea P, Lynch ME y Blumenthal M. Herbal supplement sales experience slight increase in 2008. *HerbalGram*. 2009;1(1): 58-61.
- [6] Chopra RN, Nayar SL, Chopra IC. Glossary of Indian medicinal plants. New Delhi: NISCOM, CSIR 1956; 23.
- [7] Brahmachari G, Gorai D y Roy R. *Argemone mexicana*: chemical and pharmacological aspects. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 2013; 23(3): 559-567.
- [8] Trigos Á, Ramírez K y Salinas A. Presencia de hongos fitopatógenos en frutas y hortalizas y su relación en la seguridad alimentaria. *Revista mexicana de micología*. 2008; 28(1): 125-129.
- [9] Rodríguez AT, Morales D y Ramírez MA. Efecto de extractos vegetales sobre el crecimiento *in vitro* de hongos fitopatógenos. *Cultivos tropicales*. 2000; 21(2): 79-82.
- [10] Agrios GN. How plants defend themselves against pathogens. *Plant pathology*. 1997; 93-114.
- [11] Matos OC y Ricardo CP. Screening of plants against fungi affecting crops and stored foods. *Advances in Phytomedicine*. 2006; 3(1): 139-169.
- [12] Croteau R, Kutchan TM y Lewis NG. Natural products (secondary metabolites). *Biochemistry and molecular biology of plants*. 2000; 24(1): 1250-1319.
- [13] Jiménez GS, Ducoing HP y Sosa MR. La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista mexicana de fitopatología*. 2003; 21(3): 355-363.
- [14] García AÁ y Carril EPU. Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (biología)*. 2011; 2(3): 119-145.
- [15] Demain AL y Fang A. The natural functions of secondary metabolites. *History of modern biotechnology I*. 2000; 69 (1): 1-39.
- [16] Singh A, Jain D, Upadhyay MK, Khandelwal N y Verma HN. Síntesis verde de nanopartículas de plata utilizando extracto de hoja de *Argemone mexicana* y evaluación de sus actividades antimicrobianas. *Biografía de Dig J Nanomater*. 2010; 5 (2): 483-489.
- [17] Nacoulma OG. Plantes médicinales et pratiques médicales traditionnelles au Burkina Faso: cas du plateau central. *Faculté des Sciences et Techniques, Université de Ouagadougou*. 1996; 320: 42-53.
- [18] Dash GK y Murthy PN. Evaluation of *Argemone mexicana* Linn. Leaves for wound healing activity. *J Nat Prod Plant Resour*. 2011; 1(1): 46-56.
- [19] Abubacker MN, Ramanathan R. Antibacterial activities of *Argemone mexicana* L. (Papaveraceae) leaf extract on pathogenic bacterial strains. *Drug Invention Today*. 2012; 4(1): 385-387.
- [20] Brahmachari G, Roy R, Mandal LC, Ghosh PP, Gorai D. A new long-chain alkanediol from the flowers of *Argemone mexicana*. *J Chem Res*. 2010; 11 (1): 656-657.
- [21] Hernández Soto I, Prieto Méndez J, Madariaga Navarrete A, Campos Montiel RG, Jimenez Alvarado R y Hernández Fuentes AD. Actividad biológica *in vitro* del extracto acuoso de *Argemone mexicana* L. en un hongo fitopatógeno: *Sclerotinia sclerotiorum*. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*. 2020; 6(12): 12-14.

[22] Siddiqui IA, Shaukat SS, Khan GH y Zaki MJ. Evaluation of *Argemone mexicana* for control of root-infecting fungi in tomato. *Journal of Phytopathology*. 2002; 150(6): 321-329.

[23] Singh S, Singh A, Jaiswal J, Singh TD, Singh VP, Pandey VB y Singh UP. Antifungal activity of the mixture of quaternary alkaloids isolated from *Argemone mexicana* against some phytopathogenic fungi. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 2010; 43(8): 769-774.

[24] Lagrouh F, Dakka N, y Bakri Y. The antifungal activity of Moroccan plants and the mechanism of action of secondary metabolites from plants. *Journal de mycologie medicale*. 2017; 27(3): 303-311.

[25] Tian J, Ban X, Zeng H, He J, Chen Y, y Wang Y. The mechanism of antifungal action of essential oil from dill (*Anethum graveolens* L.) on *Aspergillus flavus*. *PLoS one*. 2012; 7(1):