

Extractos de plantas como herramientas potenciales en el control de plagas y fitopatógenos en la agricultura

Plant extracts as potential tools in the control of pests and phytopathogens in agriculture

Nestor Gildardo León-Islas^a, Eliazar Aquino-Torres^a, Josefa Espitia-López^a, Nallely Rivero-Perez^a, Alfredo Madariaga-Navarrete^{a*}

Abstract:

Nowadays, safe, and effective alternatives are being sought for the control of pests and phytopathogenic microorganisms in crops, which is why a vast field of research has emerged focused on the study of plant extracts, as well as the secondary metabolites present in them. The use of plant extracts represents a low-cost technology that is compatible with the environment and human health. This document compiles some studies conducted in Mexico that provide evidence on the biological effectiveness of plant extracts obtained from common plants for the control of phytopathogenic microorganisms, pests, and weeds.

Keywords:

Plant extracts, secondary metabolites, fungicide, insecticide, herbicide, agricultural management.

Resumen:

Actualmente, se buscan alternativas seguras y efectivas para el control de plagas y microorganismos fitopatógenos en los cultivos, por lo que ha surgido un vasto campo de investigación centrado en el estudio de extractos vegetales, así como los metabolitos secundarios presentes en estos. El uso de extractos vegetales representa una tecnología de bajo costo y es compatible con el medio ambiente y la salud humana. Este documento recopila algunos estudios realizados en México que proporcionan evidencia sobre la efectividad biológica de extractos vegetales obtenidos de plantas comunes para el control de microorganismos fitopatógenos, plagas y arvenses.

Palabras Clave:

Extractos vegetales, metabolitos secundarios, fungicida, insecticida, herbicida, manejo agrícola.

1. Introducción

En la agricultura los microorganismos fitopatógenos como hongos y bacterias, así como insectos plagas y arvenses, son causantes de grandes pérdidas económicas que van del 20 al 70% [1, 2, 3]. Debido a esto se recurre en primera instancia a la aplicación de productos de origen químico [1], sin embargo, la aplicación continua y desmedida de dichos productos ha afectado de diversas maneras al ecosistema,

propiciando la resistencia de microorganismos fitopatógenos y de plagas, dificultado el tratamiento e incrementando los costos de producción [4]. Es por esto por lo que, se requieren de nuevas alternativas, como los productos de origen natural que pueden provenir de plantas y microorganismos [5], por ejemplo, los extractos vegetales, los cuales tienen la capacidad de repeler plagas, inhibir el desarrollo de arvenses o estimulando las defensas de las plantas [6, 7, 8]. Otras

^a Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Tulancingo-Hidalgo, México. Nestor Gildardo León-Islas, <https://orcid.org/0009-0005-2802-6178>, Email: nestorleon08@gmail.com; Eliazar Aquino-Torres, <https://orcid.org/0000-0003-1787-6570>, Email: eaquino@uaeh.edu.mx; Josefa Espitia-López, <https://orcid.org/0000-0002-0026-7624>, Email: josefa_espitia11153@uaeh.edu.mx; Alfredo Madariaga-Navarrete*, <https://orcid.org/0000-0001-6812-2221>, Email: alfredo_madariaga@uaeh.edu.mx; Nallely Rivero-Perez, <https://orcid.org/0000-0002-6154-9983>, Email: nallely_rivero@uaeh.edu.mx.

*Autor de Correspondencia, Email: alfredo_madariaga@uaeh.edu.mx

ventajas de los extractos son su biodegradabilidad, baja o nula toxicidad y amplio espectro, lo que puede permitir el retraso de la resistencia [9].

Estos productos pueden frenar la propagación de organismos no deseados y son ecológicamente viables para la protección temporal o total de cultivos, además de que permite reemplazar con éxito los productos químicos agrícolas sintéticos.

Actualmente, se recurre a distintos preparados a base de plantas [10] que incluso son la base de algunos productos comerciales.

El objetivo de esta revisión es reportar avances en la implementación de extractos y aceites esenciales obtenidos de plantas comúnmente conocidas.

2. ¿Qué son los extractos vegetales?

Los extractos vegetales son un conjunto de mezclas complejas de metabolitos secundarios [11], estos compuestos son formados por proteínas especializadas [12] y que pueden ser obtenidos por diversos métodos de extracción [13]:

- Extracción mecánica: por expresión (prensa) y por incisión.
- Destilación: hidrodestilación y arrastre de vapor.
- Extracción con disolventes: maceración, infusión, decocción, percolación y extracción continua con soxhlet.
- Otros métodos de extracción: extracción asistida por ultrasonido, microondas y fluidos supercríticos.

Los principales componentes químicos de estas mezclas incluyen: mono y sesquiterpenos, como alcoholes, aldehídos, cetonas, carbohidratos y éteres, principales responsables de fragancias y propiedades biológicas en las plantas aromáticas y medicinales [11]. Los extractos vegetales son de gran importancia en distintos sectores como el farmacéutico, cosmético, alimenticio, agrícola, etc. En el sector agrícola su principal aplicación es como control de insectos plaga, hongos, bacterias, arvenses, etc. [14].

3. ¿Qué son los metabolitos secundarios y dónde se originan?

Las células vegetales realizan distintos procesos metabólicos que forman compuestos esenciales para la vida celular, como azúcares simples, aminoácidos, nucleótidos, ácidos grasos y polímeros derivados de ellos (ácidos nucleicos, proteínas, lípidos, etc.). Estos procesos se denominan metabolismo primario y los compuestos mencionados se conocen como metabolitos primarios. Además de sintetizar metabolitos primarios, las plantas forman otros compuestos derivados biosintéticamente de los primarios mediante otras rutas que constituyen el metabolismo secundario y los compuestos resultantes se llaman metabolitos secundarios [12].

Dentro de las funciones de los metabolitos secundarios están: la defensa de las plantas, las relaciones

ecológicas con otras especies y están involucrados en las respuestas frente al estrés biótico y abiótico [15]. Su acumulación depende de su grupo taxonómico [12] y de factores ambientales como luz, temperatura, fertilidad del suelo, estación del año, etc. [15, 16].

Además, la acumulación de metabolitos secundarios en las plantas puede ser inducida o mejorada por elicitores que son compuestos químicos de fuentes bióticas o abióticas que estimulan las respuestas de estrés en plantas [17]; por ejemplo, los reguladores de crecimiento como el ácido abscísico, giberélico, salicílico y jasmónico, auxinas y etileno [18].

Los metabolitos secundarios pueden clasificarse en tres grupos principales, de acuerdo con sus rutas biosintéticas: terpenos sintetizados en dos rutas: acetato-mevalonato y la del 2-C-metil-D-eritritol-4-fosfato (MEP), compuestos fenólicos sintetizados en la ruta del ácido shikímico y compuestos que contienen nitrógeno sintetizados en dos rutas: del ácido shikímico que dan origen a los aminoácidos aromáticos y por el ciclo del ácido tricarbóxico, que da origen a aminoácidos alifáticos [19,20]. Además, hay un cuarto grupo minoritario de compuestos de azufre, de que se conocen alrededor de 200; que incluyen las fitoalexinas, glutatión, glucosinolatos, tioninas y defensinas [15]. En la figura 1 se ilustran algunos factores que influyen en la producción de metabolitos secundarios en las plantas, así como sus principales grupos.

Rutas del metabolismo secundario. La ruta del ácido shikímico da origen a compuestos aromáticos, como aminoácidos aromáticos, ácidos cinámicos y algunos polifenoles. El acetato es el precursor de los ácidos grasos y de los policétidos por la ruta del acetato-malonato, y de una parte de los terpenos o isoprenoides por la ruta del acetato-mevalonato. Por el contrario, los terpenos propios de los plastos se sintetizan a partir de otros metabolitos primarios como el piruvato y el gliceraldehído-3-P.

Los aminoácidos son precursores de los alcaloides. Finalmente, existen metabolitos secundarios en cuya formación concurren varias rutas metabólicas.

Entre estos compuestos de síntesis mixta destacan polifenoles tales como los estilbenos o los flavonoides, formados por la ruta del ácido shikímico y del acetato-malonato. Igualmente, ciertas variaciones en las rutas del metabolismo primario pueden conducir a la formación de metabolitos secundarios [12, 21, 22].

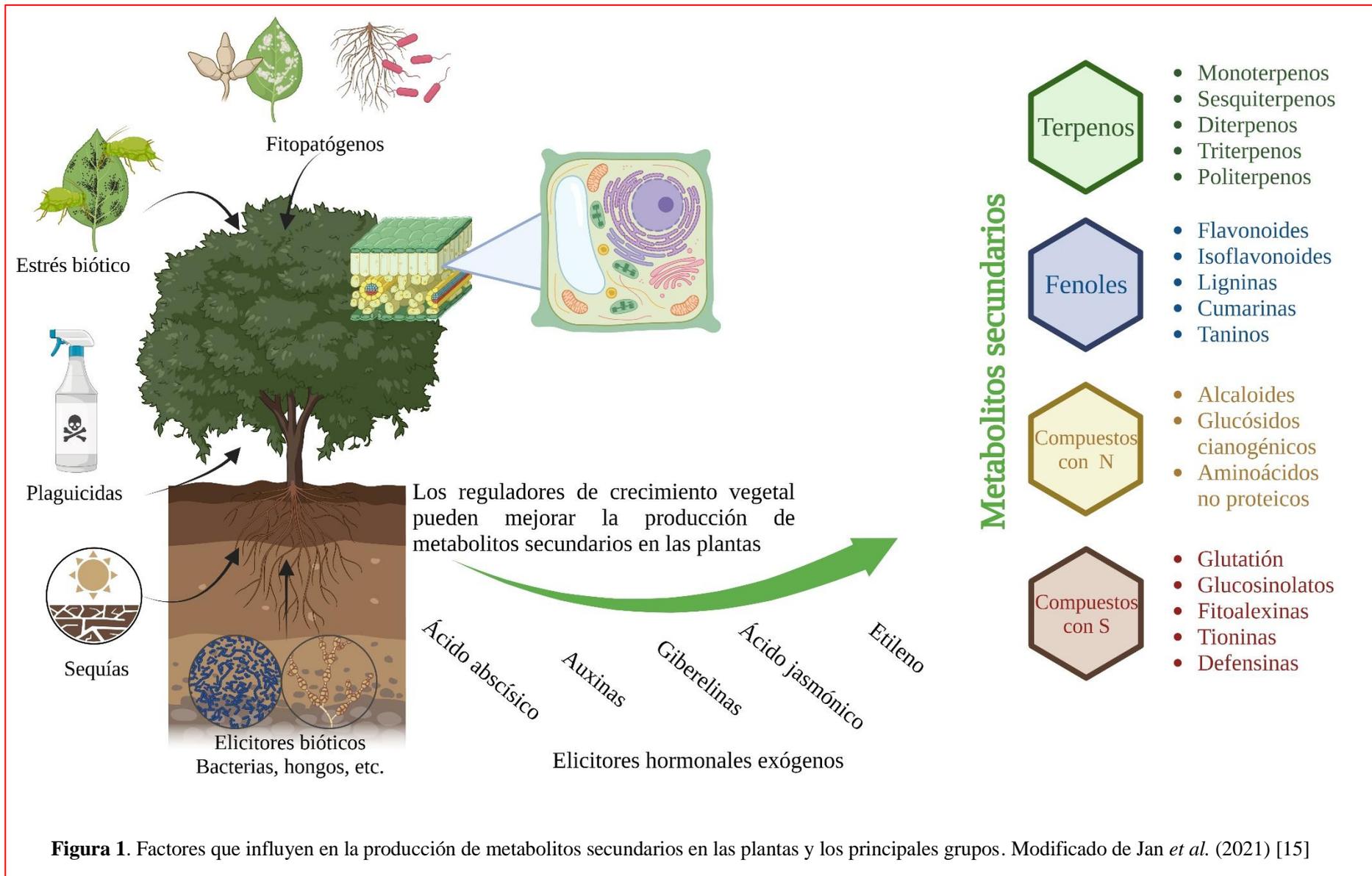


Figura 1. Factores que influyen en la producción de metabolitos secundarios en las plantas y los principales grupos. Modificado de Jan *et al.* (2021) [15]

4. Tipos de extractos vegetales y su efecto

4.1. Extractos vegetales con efecto repelente, antialimentario o insecticida

Debido a las propiedades biológicas de los metabolitos secundarios presentes en las plantas, estos pueden ser utilizados para la formulación de productos con potenciales efectos repelentes, disuasores alimentarios y/o insecticidas, que al mismo tiempo reducen los posibles efectos negativos a la salud humana y mejorando la seguridad alimentaria en comparación con productos de origen sintético [22].

Entre las plagas más comunes de los cultivos básicos se encuentran: el pulgón amarillo, la mosquita blanca, el picudo rojo, la araña roja, la gallina ciega, el gusano cogollero, la mosca de la fruta, la larva minadora de hojas, etc. [23].

Leal-Jiménez et al., (2024) reportaron el efecto insecticida de extractos etanólicos a base de caoba del pacífico (*Swietenia humilis* Zucc.), neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) y chicalote (*Argemone mexicana* L.) a concentraciones de 5 y 10%, contra larvas de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), el mejor potencial insecticida fue mostrado por el extracto de *A. indica* al 10% [24].

Valencia-Botín et al., (2024) evaluaron el potencial insecticida de extractos acuosos de una mezcla 2:1 de cempasúchil (*Tagetes erecta* L.) y orégano cubano (*Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng.) al 1.5 y 3.0% contra la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), obteniendo que la concentración al 3.0% tuvo un mejor efecto insecticida contra esta plaga [25].

Gío-Trujillo y Cámara-Romero, (2023) reportaron el efecto repelente de extractos etanólicos de hojas de árbol de neem (*A. indica*), semillas maduras de jícama (*Pachyrhizus erosus* (L.) Urb.) y cacahuananche (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.), sobre las plagas: mosca blanca (*B. tabaci*), pulguilla de la papa (*Epitrix* spp.), pulgón verde (*Myzus persicae*), mosquito verde (*Empoasca* spp.), gusano elotero (*Heliothis zea*) y picudo (*Anthonomus eugenii*) en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Los resultados muestran que *P. erosus* y *G. sepium* tienen un mejor efecto contra mosca blanca y la pulguilla de la papa [26].

De forma comercial existen productos a base de árbol de neem, como el aceite de sus semillas las cuales contienen azadiractina, un tetranortriterpeno que puede reducir la alimentación, viabilidad de ninfas y el control de áfidos [27]. También, se recurre al uso de preparados caseros a base de ajo, canela, pimienta, chile, ortiga, etc. para el control de algunas plagas y enfermedades [10].

4.2. Extractos con efecto alelopático

El término alelopatía se refiere al fenómeno biológico de un organismo que produce metabolitos secundarios, que pueden intervenir en el crecimiento, supervivencia, desarrollo y reproducción de otros organismos. Dicha

interacción puede ser benéfica o perjudicial, por lo que tiene diferentes aplicaciones en la agricultura, por ejemplo, en el control de malezas [28]. Entre las principales arvenses de importancia agrícola se encuentran: monocotiledóneas como *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton, *Urochloa panicoides* P. Beauv., *Themeda quadrivalvis* (L.) Kuntze, *Digitaria velutina* (Forsk.) Beauv. y dicotiledóneas como *Cuscuta indecora* Choisy, *Cuscuta campestris* Yunck., *Polygonum convolvulus* (L.) Á. Löve y *Silybum marianum* (L.) Gaertn. [29].

Cruz et al., (2023) evaluaron el efecto fitotóxico de extractos acuosos (obtenidos por dos métodos: licuado en frío y presurización en caliente) de romero (*Rosmarinus officinalis* L.), rábano (*Raphanus sativus* L.), orégano (*Origanum vulgare* L.), ají (*Capsicum annuum* L.) y ajo (*Allium sativum* L.) en la germinación de semillas y plantas de especies monocotiledóneas, maíz (*Zea mays* L.), y dicotiledóneas, frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), mostrando que los extractos de romero, ají y ajo funcionan como alternativas en el control de crecimiento de monocotiledóneas y los extractos de ajo y orégano como las mejores alternativas en el control de crecimiento de dicotiledóneas [30].

Malerva-Días et al., (2023) determinaron el efecto supresor de extractos etanólicos crudos (obtenidos por maceración) de Chechén (*Metopium brownei* (Jacq.) Urb.) y Chamiso (*Viguera dentata* (Cav.) Spreng.) sobre la germinación *in vitro* de una arvense tropical (*Senna uniflora* (Mill.) HS Irwin & Barneby) y rábano (*R. sativus*), una especie altamente sensible a aleloquímicos. Concluyeron que el extracto de chamiso tiene un gran efecto alelopático sobre *S. uniflora* empleándola en extractos etanólicos y acuosos, por lo que puede usarse como bioherbicida para el control de la arvense en cultivos tropicales [31].

Martínez-Álvarez et al., (2020) evaluaron el efecto alelopático de extractos acuosos de higuera (*Ricinus communis* L.) y girasol (*Helianthus annuus* L.). Los extractos fueron obtenidos a partir de una suspensión a una concentración al 10% (p/v) del polvo de cada planta y agua destilada. A partir de esa suspensión se evaluaron diferentes concentraciones (25, 50 y 100%) contra la maleza conocida como bleo (*Amaranthus palmeri* S. Wats.). Los resultados mostraron que ambos extractos inhibieron en un 100% la germinación de las semillas de bleo a concentraciones de 50 y 100%, mientras que a la concentración de 25% el extracto de girasol inhibió la germinación en un 85% y el de higuera en un 25%, concluyendo que el extracto de girasol tiene el mejor efecto en la inhibición de semillas de bleo [32].

De forma comercial existen productos herbicidas que son fabricados principalmente a base de aceites como coco, coníferas o estramonio.

4.3. Extractos con efecto fungicida

Debido a la gran diversidad de metabolitos secundarios muchos de estos poseen propiedades antifúngicas, lo que puede inhibir o retrasar el crecimiento de hongos fitopatógenos, ya sea de manera individual o en sinergia con otros extractos [33].

Entre los principales hongos fitopatógenos que afectan a los cultivos en México se encuentran: *Phytophthora* spp., *Pythium* spp., *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* spp., *Colletotrichum* spp., *Macrophomina* sp, *Verticillium* spp., *Sclerotium* spp., *Sclerotinia* spp., *Phymatotrichum* sp., *Rosellinia* sp. y *Armillaria* spp. [34].

Serna et al., (2023) evaluaron extractos vegetales de uso comercial a base de neem y canela (Progranic NeemAcar®), extracto de falopia (Regalia Maxx®) y extracto de gobernadora (Progranic Mega®) contra *Colletotrichum gloeosporioides*, fitopatógeno causante de la antracnosis del mango. De acuerdo con sus resultados, el extracto botánico de neem y canela presentó 100% de efectividad [35].

Valenzuela-Quintero et al., (2023) evaluaron el efecto antifúngico *in vitro* del aceite esencial y extracto acuoso del orégano mexicano (*Lippia palmeri* S. Watson) contra *Fusarium oxysporum* y *Thanatephorus* sp. sus resultados muestran que el aceite esencial de *L. palmeri*, inhibió el 100% del crecimiento micelial de *F. oxysporum* y entre un 90 y 100% del crecimiento de *Thanatephorus* sp., mientras que el extracto acuoso inhibió entre un 60 y 100% el crecimiento de *F. oxysporum* y entre el 58 y 100% de *Thanatephorus* sp. [36].

Tucuch-Pérez et al., (2021) evaluaron la actividad antifúngica de extractos etanólicos de plantas del semidesierto mexicano contra *F. oxysporum* del tomate. Los resultados muestran que el extracto de tallo de orégano mexicano (*Lippia graveolens* Kunth) inhibió el crecimiento micelial en un 60%, mientras que el extracto de ruezno de pecán (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch) tuvo una inhibición del 100% [37]. Dentro de los productos comerciales a base de extractos vegetales que actualmente se utilizan en el control de hongos fitopatógenos existen aquellos a base de neem, canela, mostaza, gobernadora, falopia, etc. [35].

5. Ventajas y limitaciones del uso de extractos vegetales

La tendencia actual se dirige hacia la sustentabilidad en la agricultura, promoviendo la investigación de extractos de plantas como alternativas en el control de plagas y enfermedades [38].

El uso y aplicación de extractos vegetales en la agricultura tiene grandes ventajas como [10, 39]:

- Alta biodegradabilidad.
- Baja o nula toxicidad al ser humano y al medio ambiente.
- Daño nulo o disminuido a especies benéficas del suelo.

- Reducción del riesgo de resistencia en plagas y enfermedades.
- Fácil preparación y aplicación.
- Residualidad nula o mínima en los cultivos.

Sin embargo, existen limitaciones, tales como [38, 40]:

- Eficiencia variable si no hay estandarización del método de obtención y aplicación.
- Algunos procedimientos de extracción en la fabricación de productos comerciales pueden ser costosos.
- Costos altos de los productos comerciales.

5. Conclusiones y propuestas

Las prácticas alternativas al control químico en la agricultura sustentable buscan reducir la dependencia de plaguicidas sintéticos, promoviendo métodos más amigables con el medio ambiente para prevenir los daños a la salud humana, reducir los agentes contaminantes en el suelo y agua y mejorar la resiliencia de los sistemas agrícolas.

La evaluación *in vitro* de los extractos vegetales con efectos insecticida, herbicida o fungicida son primordiales para demostrar el potencial de una planta como una alternativa al control de plagas y enfermedades en el sector agrícola. Sin embargo, muchos de los estudios realizados suelen reportar solo la concentración en la cual se presentan efectos inhibitorios significativos y en pocos casos biocidas, por lo que es necesario indagar a nivel molecular y establecer técnicas adecuadas para determinar los compuestos responsables de la actividad biológica y su mecanismo de acción sobre los organismos.

El desarrollo y aplicación de plaguicidas a base de extractos vegetales permiten reducir los costos de producción en el manejo de cultivos, porque pueden prepararse con plantas locales, disminuyendo la dependencia a productos sintéticos, sin embargo, aun existen limitaciones que siguen retrasando el paso hacia un manejo agrícola más sustentable.

Referencias

1. Zepeda-Jazo, Isaac. (2018). Manejo sustentable de plagas agrícolas en México. Agricultura, sociedad y desarrollo, 15(1), 99-108. Recuperado en 02 de abril de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722018000100099&lng=es&tlng=es.
2. Juárez-Becerra, G. P., Sosa-Morales, M. E., & López-Malo, A. (2010). Hongos fitopatógenos de alta importancia económica: descripción y métodos de control. Temas selectos de Ingeniería de Alimentos, 4(2), 14-23.
3. Mesa, V. A. M., Marín, P., Ocampo, O., Calle, J., & Monsalve, Z. (2019). Fungicidas a partir de extractos vegetales: una alternativa en el manejo integrado de hongos fitopatógenos. RIA. Revista de investigaciones agropecuarias, 45(1), 23-30.
4. Ibarra Rivera Gabriel. (2019) Control biológico de la mancha bacteriana (*Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*) en cultivo de chile mediante bacteriófagos formulados. Tesis de maestría.

- Centro de investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Zapopan, Jalisco. 133 p.
5. Guevara González, Juan, Narváez Flies, Claudia, Marín Navarrete, Aurora, Gutiérrez López, Javiera, & Troncoso Troncoso, Constanza. (2019). Bioherbicida a partir de extracto fenólico obtenido de residuos de almazaras. *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 497-503. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.06>
 6. Espinosa-Antón, Adrián Alejandro, Hernández-Herrera, Rosalba Mireya, & González-González, Mayelín. (2020). Bioactive seaweed extracts as biostimulants of growth and protection of plants. *Biocnología Vegetal*, 20(4), 257-282. Epub 01 de diciembre de 2020. Recuperado en 06 de abril de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-86472020000400257&lng=es&tlng=en.
 7. Thiel, C. (2021). Formulación de plaguicidas orgánicos a partir de extractos vegetales para el control del pulgón (*Aphis gossypii*). *Agroecología Global: Revista Electrónica de Ciencias del Agro y Mar*, 3(4), 38-45.
 8. Juárez-García, R. A., Sanzón-Gómez, D., Ramírez-Santoyo, L. F., & Gonzales-Castañeda, J. (2020). Revisión: el género *Argemone* (*Papaveraceae*) y los usos para el control de plagas en el sector agrícola. *Revista Ciencia e Innovación Agroalimentaria de la Universidad de Guanajuato*, 1(2), 71-83
 9. Regnault-Roger, C. (2005). New insecticides of plant origin for the third millennium. pp. 1-15. En: Regnault-Roger, C.; Philogene, B. J. R.; Vincent, C. (Eds.). *Biopesticides of plant origin*. Lavoisier, Paris. France. 313 p.
 10. Gob.mx. (2022) Recuperado el 18 de enero de 2024, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737322/10_Extractos_vegetales.pdf
 11. García Luján, C., Martínez R., A., Ortega S., J. L., & Castro B., F. (2010). Componentes químicos y su relación con las actividades biológicas de algunos extractos vegetales. *Química Viva*, 9(2), 86-96. [fecha de Consulta 06 de Abril de 2024]. ISSN: Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86314868005>
 12. Azcón, J., & Talón, M. (2013). *Fundamentos de fisiología vegetal*. 2 a Edición. Editorial Ediciones de la UB, Barcelona, España, 707.
 13. Azwanida, N. N. (2015). A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. *Med aromat plants*, 4(196), 2167-0412.
 14. Lustre Sánchez, Hermes. (2022, marzo-abril). Los superpoderes de las plantas: los metabolitos secundarios en su adaptación y defensa. *Revista Digital Universitaria (rdu)*, 23(2). <http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2022.23.2.10>
 15. Jan R, Asaf S, Numan M, Lubna, Kim K-M. Plant Secondary Metabolite Biosynthesis and Transcriptional Regulation in Response to Biotic and Abiotic Stress Conditions. *Agronomy*. 2021; 11(5):968. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050968>
 16. Verma, N., & Shukla, S. (2015). Impact of various factors responsible for fluctuation in plant secondary metabolites. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2(4), 105-113. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2015.09.002>
 17. Caicedo-López, L. H., Aranda, A. L. V., Gómez, C. E. Z., Márquez, E. E., & Zepeda, H. R. (2021). Elictores: implicaciones bioéticas para la agricultura y la salud humana. *Revista Bioética*, 29, 76-86.
 18. Thakur, M., Bhattacharya, S., Kumar, K. P., Puri, S. (2019). Improving production of plant secondary metabolites through biotic and abiotic elicitation. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. 12, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2018.11.004>
 19. Twajj, B. M., Hasan M. N. (2022). Bioactive Secondary Metabolites from Plant Sources: Types, Synthesis, and Their Therapeutic Uses. *International Journal of Plant Biology* 13, no. 1: 4-14. <https://doi.org/10.3390/ijpb13010003>
 20. Zhao, Y., Liu, G., Yang, F., Liang Y., Gao Q., Xiang C. f., Yang C., Zhang G., Jiang H., Yu L., Yang S. Multilayered regulation of secondary metabolism in medicinal plants. *Molecular Horticulture*, 3, 11 (2023). <https://doi.org/10.1186/s43897-023-00059-y>
 21. Cortés-Sánchez, A. D. J., & Mosqueda-Olivares, T. (2013). Una mirada a los organismos fúngicos: Fábricas versátiles de diversos metabolitos secundarios de interés biotecnológico. *Química viva*, 12(2), 64-90.
 22. Russo, S. (2013). Toxicidad, efecto antialimentario y repelente de metabolitos secundarios de *Eucalyptus globulus* (Labill)(Myrtaceae) sobre coleópteros de importancia agrícola (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
 23. Agroasemex S.A. (2019, 12 de abril). Las plagas producen pérdidas de hasta un 40 por ciento en la producción agrícola, revela estudio de la FAO. <https://www.gob.mx/agroasemex/articulos/las-plagas-producen-perdidas-de-hasta-un-40-por-ciento-en-la-produccion-agricola-revela-estudio-de-la-fao#:~:text=Entre%20las%20plagas%20m%C3%A1s%20nocivas,la%20larva%20minadora%20de%20hojas>.
 24. Leal-Jiménez, L. M., García-Gutiérrez, C., Lagunez-Rivera, L., Cortez-Mondaca, E., Medina-Godoy, S., & Sainz-Hernández, J. C. (2024). Insecticidal and Antifeedant Effect of Plant Extracts Against Spodoptera frugiperda1. *Southwestern Entomologist*, 49(2), 1-7. <https://doi.org/10.3958/059.049.0211>
 25. Valencia-Botín, A. J., Padilla-Hernández, Ángel, & Ruíz-Sánchez, E. (2024). Efecto insecticida del extracto acuoso de cempasúchil (*Tagetes erecta*) y orégano cubano (*Coleus amboinicus*) en mosquita blanca (*Bemisia tabaci*). *Avances En investigación Agropecuaria*, 28(Especial), Págs 20–21. <https://doi.org/10.53897/RevAIA.24.28.18>
 26. Gio-Trujillo, J. A., & Cámara-Romero, J. L. (2023). Efecto repelente de tres extractos vegetales sobre plagas del cultivo de *Capsicum chinense*. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(NEIII). <https://doi.org/10.19136/era.a10nNEIII.3614>
 27. Esparza-Díaz, G, López-Collado, J, Villanueva-Jiménez, Juan A., Osorio-Acosta, F, Otero-Colina, G, Camacho-Díaz, E. (2010). Concentración de azadiractina, efectividad insecticida y fitotoxicidad de cuatro extractos de *Azadirachta indica* A. Juss. *Agrociencia*, 44(7), 821-833. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952010000700008&lng=es&tlng=es.
 28. Cheng, F., & Cheng, Z. (2015). Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontiers in plant science*, 6, 1020. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01020>

29. SENASICA. (2020, 10 de febrero). Malezas reglamentadas. [gob.mx. https://www.gob.mx/senasica/documentos/malezas-reglamentadas-110914](https://www.gob.mx/senasica/documentos/malezas-reglamentadas-110914)
30. Anza Cruz, H. G., Ramírez González, S. I., López Báez, O., & Espinoza Zaragoza, S. (2023). Fitotoxicidad de extractos vegetales en la germinación de semillas y desarrollo inicial de plantas mono y dicotiledóneas. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 12(32). <https://doi.org/10.31644/IMASD.32.2023.a07> (Original work published 1 de febrero de 2023).
31. Malerva-Díaz, Abigail, Candelaria-Martínez, Bernardino, & Rodríguez-Ávila, Norma Laura. (2023). Efecto alelopático de *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* sobre *Senna uniflora*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 14(2), 185-195. Epub 19 de junio de 2023. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i2.3015>
32. Martínez-Álvarez, J. C., Sotelo-Cerón, N. D., Maldonado-Mendoza, I. E., & Fierro-Coronado, R. A. (2020). Evaluación de rizobacterias y extractos vegetales para el control biológico de *Amaranthus palmeri*. In *Memoria del XLI congreso nacional de la ciencia de la maleza* (pp. 32-39).
33. Villa-Martínez, Alejandra, Pérez-Leal, Ramona, Morales-Morales, Hugo Armando, Basurto-Sotelo, Moisés, Soto-Parra, Juan Manuel, & Martínez-Escudero, Esther. (2015). Situación actual en el control de *Fusarium* spp. y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales. *Acta Agronómica*, 64(2), 194-205. <https://doi.org/10.15446/acag.v64n2.43358>
34. González, M. D. P. (2001). Biodiversidad de los hongos fitopatógenos del suelo de México. *Acta Zoológica Mexicana (NS)*, 53-78.
35. Serna, S. A., Nájera, J. F. D., Hernandez, E. F. V., & Bahena, A. M. (2023). Extractos botánicos en el control de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. causante de antracnosis en mango (*Mangifera indica* L.). *Investigaciones y Estudios-UNA*, 14(2), 68-73.
36. Valenzuela-Quintero, Genesis, Ortega-Nieblas, María Magdalena, Burboa-Zazueta, María Guadalupe, Gutiérrez-Millán, Luis Enrique, López-Córdova, Juan Pedro, Rentería-Martínez, María Eugenia, Jiménez-León, José, Curlango-Rivera, Gilberto, & Guerrero-Ruíz, José Cosme. (2023). Actividad antifúngica del aceite esencial y extracto acuoso del orégano *Lippia palmeri* W. sobre *Fusarium oxysporum* y *Thanatephorus* sp. *Biotecnia*, 25(2), 153-158. Epub 25 de agosto de 2023. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v25i2.1903>
37. Tucuch-Pérez, M. A., Bojórquez-Vega, J. J., Arredondo-Valdes, R., Hernández-Castillo, F. D., Anguiano-Cabello, J. C. (2021). Actividad biológica de extractos vegetales del semidesierto mexicano para manejo de *Fusarium oxysporum* de tomate. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 8(2).
38. Naboulsi, I., Aboulmouhajir, A., Kouisni, L., Bekkaoui, F., & Yasri, A. (2018). Plants extracts and secondary metabolites, their extraction methods and use in agriculture for controlling crop stresses and improving productivity: A review. *Acad. J. Med. Plants*, 6(8), 223-240.
39. Dos Santos Gomes, AC; da Silva, RR; Moreira, SI; Vicentini, SN; Ceresini, PC Biofungicidas: un enfoque ecológico para el manejo de enfermedades de las plantas. *Encíclica. Micol.* 2021, 2, 641-649.
40. Cenobio-Galindo, A. de J., Hernández-Fuentes, A. D., González-Lemus, U., Zaldívar-Ortega, A. K., González-Montiel, L., Madariaga-Navarrete, A., & Hernández-Soto, I. (2024). Biofungicidas Based on Plant Extracts: On the Road to Organic Farming. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(13), 6879. <https://doi.org/10.3390/ijms25136879>