

## ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL EXTRACTO HEXÁNICO DE *Senecio salignus* (ASTERACEAE)

Salvador A. Ventura-Salcedo<sup>1</sup>✉, Miguel A. Ramos-López<sup>1</sup>, Víctor Pérez-Moreno<sup>1</sup>, Miguel Ángel Rea-López<sup>1</sup>, Ma. Eustolia Rodríguez-Muñoz<sup>1</sup> y Jesús Sánchez-Robles<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Maestría en Ciencia y Tecnología Ambiental, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro. Cerro de las Campanas s/n, Col. Las Campanas, C. P. 76010. Santiago de Querétaro, Querétaro, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Calzada del Hueso 1100. Col. Villa Quietud. Coyoacán C. P. 04960. Ciudad de México.

✉ Autor de correspondencia: venturasan5\_@hotmail.com

**RESUMEN.** Los insecticidas botánicos mediante su correcta aplicación pueden resultar eficientes en el manejo de insectos plaga. Varios compuestos químicos que son sintetizados por las plantas se han aislado para su estudio ya sea como extractos o como sustancias puras ofreciendo a la vez un menor impacto ambiental que los plaguicidas sintéticos. Tal es el caso de los extractos de *Senecio salignus*, sin embargo, el hecho de ser sustancias de origen natural y activas frente a organismos plaga, no garantiza que sean inocuas para organismos no blanco, es por esto que se evaluó la actividad biológica del extracto hexánico de las partes aéreas de *S. salignus* sobre *Spodoptera frugiperda* uno de los principales insectos plaga y sobre *Poecilia reticulata* una especie de amplia distribución mundial y de fácil mantenimiento en laboratorio, debido al importante papel que juegan los peces en el ecosistema, para tal objetivo se realizaron ensayos de exposición aguda para cada uno de los organismos de los cuales se obtuvieron las siguientes CL<sub>50</sub>, para *S. frugiperda* = 4361 ppm, *P. reticulata* (alevín) = 35.41 ppm y por último *P. reticulata* (adulto) = 71.63 ppm, con lo que se demuestra que este extracto es relativamente inocuo a un ambiente acuático.

**Palabras clave:** Actividad insecticida, toxicidad aguda, *Poecilia reticulata*, *Spodoptera frugiperda*.

### Biological activity of *Senecio salignus* (Asteraceae) hexanic extract

**ABSTRACT.** Botanical insecticides used adequately can be efficient in insect pest management. Many chemical compounds that are synthesized by plants has been isolated for research them, like an extracts or pure ingredients, those offers a less environmental impact that synthetic pesticides. This is the case of *Senecio salignus*, however, being a natural substances and actives against pest, is not guaranteed that be safe on target organisms, so in this work it was evaluated the biological activity of aerial parts hexane extract of *S. salignus* against *Spodoptera frugiperda* one of the most important insect pest and on *Poecilia reticulata* a specie distributed around the world and easily to maintain in laboratory conditions, and because the important role of fish in ecosystem, for this purpose were made assays of acute exposition to each organism showed CL<sub>50</sub> of 4361 ppm for *S. frugiperda*, 35.41 ppm for *P. reticulata* (juvenile) and 71.63 ppm for *P. reticulata* (adult), with this the extract is harmless to the aquatic environment.

**Keywords:** Acute toxicity, insecticide activity, *Poecilia reticulata*, *Spodoptera frugiperda*.

## INTRODUCCIÓN

El gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) es una de las principales plagas que ataca a el maíz *Zea mays* (Poaceae), y son frecuentes e importantes los daños que causa a este cultivo (Alatorre-Rosas *et al.*, 2014) por lo que para controlarla se ha tenido que recurrir al uso de plaguicidas químicos sintéticos tales como los compuestos organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretroides y neonicotinoides, los cuales han sido exitosos en el control de esta plaga.

Los insecticidas químico sintéticos han tenido un rol muy marcado dentro de la producción agrícola, desafortunadamente el uso excesivo de estos productos ha ocasionado varios problemas, entre ellos, la contaminación del suelo y mantos freáticos, efectos tóxicos directos e indirectos en

animales y el hombre (Badii y Landeros, 2007). Los problemas causados por el uso indiscriminado de estos productos exigen buscar nuevas alternativas al combate de plagas. Por otra parte las plantas son laboratorios naturales que biosintetizan una gran variedad de sustancias químicas ya sea como metabolitos primarios o metabolitos secundarios, estos últimos le otorgan a las mismas cualidades defensivas contra insectos y fitopatógenos estos compuestos poseen comparativamente baja toxicidad, además de presentar menos efectos nocivos al ambiente, son de naturaleza biodegradable y presentan una seguridad relativa para los organismos benéficos (Isman, 2000; Lizana, 2005). Por estas razones a las plantas se les ha considerado como una alternativa para el manejo de plagas agrícolas y para reducir los problemas ambientales y de salud causados por el uso indiscriminado que se les ha dado a los insecticidas químicos sintéticos (Nava *et al.*, 2012). La actividad biológica de un compuesto natural está en función de su estructura o de la concentración usada para tales fines. La chilca *Senecio salignus* (Fabaceae) es originaria de América y se distribuye desde el sur de Arizona hasta el Salvador y Honduras (Nash y Williams, 1976). Se ha reportado que en la región de Los Altos de Chiapas, México, la chilca se usó para evitar los daños provocados por el gorgojo de maíz y frijol almacenado (Miranda, 1952), pero su uso ha ido desapareciendo gradualmente. La raíz de esta planta ha mostrado ser efectiva para el control del gorgojo mexicano del frijol *Zabrotes subfasciatus* Boheman (Coleoptera: Bruchidae) (Rodríguez y López, 2001). El género *Senecio* contiene alcaloides pirrolizidínicos y derivados de eremofilano como sus metabolitos secundarios principales (Romo *et al.*, 2007). Tradicionalmente y por el desconocimiento de los componentes químicos de las plantas no se sabe demasiado acerca del impacto ecotóxico que pudieran generar los extractos naturales y sus componentes en el ambiente, en este sentido y debido a la importancia que los peces tienen en las cadenas alimentarias y papel que juegan en el intercambio de materia y nutrientes mediante sus excretas manteniendo un equilibrio en los ecosistemas acuáticos los bioensayos con peces son importantes para comprender la actividad tóxica de las sustancias en este tipo de organismos (Allgeier *et al.*, 2013; Layman *et al.*, 2013). Las pruebas ecotoxicológicas en peces son empleadas en el mundo debido a su gran importancia en los ecosistemas acuáticos, por lo que se han desarrollado una gran variedad de bioensayos que han empleado distintas especies acuáticas todas ellas sensibles a la presencia de determinados agentes tóxicos. La especie *Poecilia reticulata* es empleada como indicadora ecotoxicológica por su hipersensibilidad a sustancias extrañas al medio en que se desarrolla (Ramírez y Mendoza, 2008). Por lo que en este estudio se evaluó la actividad biológica del extracto hexánico de *S. salignus* contra larvas de *S. frugiperda*, al igual que sobre alevines y adultos de *P. reticulata*.

## MATERIALES Y MÉTODO

**Material vegetal.** Se colectaron partes aéreas (hojas y tallos) de *S. salignus* en el municipio de Tenancingo, estado de México, México, el cual se localiza entre las coordenadas geográficas 18° 57' 05''-19° 02' 25'' latitud norte, y 98° 35' 45''-99° 38' 37'' longitud oeste; a una altitud promedio de 2060 msnm. El material vegetal fue autenticado por la taxónoma Abigail Aguilar Contreras en el Herbario del Instituto Mexicano del Seguro Social. El material vegetal se secó por tres semanas a la sombra dentro del Laboratorio de Compuestos Naturales Insecticidas y posteriormente procesado en un molino Thomas-Wiley, modelo 4, a un tamaño de partícula de 1 mm.

**Preparación de extractos.** Para obtener el extracto se utilizaron 100 g de partes aéreas previamente secas y molidas de *S. salignus* y se colocaron en el interior de un matraz de fondo redondo de 1 l de capacidad, al que se le vertieron 500 ml de hexano grado reactivo y se calentó la mezcla a constante ebullición durante 4 h, posteriormente se filtró la mezcla en un embudo buchner

y matraz Kitazato usando vacío; posteriormente el disolvente se eliminó a presión reducida en un evaporador rotatorio (Pérez *et al.*, 2009).

**Insectos.** Se utilizaron larvas de segundo instar de *S. frugiperda*, criadas en el Laboratorio de Compuestos Naturales Insecticidas de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México (Bergvinson y Kumar, 1997). Las variables evaluadas fueron la mortalidad larval y pupal. (Ramos-López *et al.*, 2010).

**Peces.** Los especímenes de *P. reticulata* fueron provistos de una colonia establecida en el Laboratorio de Mutagénesis Ambiental, del Centro de Estudios Académicos sobre Contaminación Ambiental (CEACA) de la facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ). La aclimatación de los peces se realizó por 14 días, siendo colocados en peceras de vidrio de 90 cm de largo x 40 cm ancho x 30 cm alto, y alimentados diariamente con hojuelas de harina de pescado, introduciendo plantas acuáticas (*Elodea* sp.) para evitar el estrés de los peces.

**Bioensayos.** Para el bioensayo de actividad biológica, se utilizaron larvas de segundo instar de *S. frugiperda*, las concentraciones que se evaluaron fueron 5,000, 2,000, 1,000, 500, 50 y 0 ppm del extracto obtenido. Las variables evaluadas fueron el porcentaje de mortalidad larval y pupal (Ramos-López *et al.*, 2010).

Para los ensayos de toxicidad aguda en peces se realizaron pruebas preliminares del extracto obtenido con cinco concentraciones logarítmicas 1,000, 100, 10, 1 y 0.1 ppm. Estas pruebas fueron de tipo estático, sin renovación de la solución de la prueba, con una duración total de 96 horas, llevando registros de mortalidad o de efectos visibles a las 1, 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 horas, siguiendo el modelo propuesto de ensayos de toxicidad de Martínez y Espinoza (2008) y tomando en consideración una representatividad muestral procurando el uso del menor número de peces posible, las pruebas se llevaron a cabo exponiendo tres larvas por concentración, es decir, de un total de cinco concentraciones se emplearon 15 especímenes por cada tipo de extracto. La evaluación toxicológica se realizó con los valores de mortalidad o inmovilidad a 96 horas se construyó el cuadro de mortalidades acumuladas a todos los tiempos en que se hicieron las determinaciones; con los datos a las 96 horas se estimó la  $CL_{50}$ .

**Análisis estadístico.** Los datos fueron analizados con pruebas no paramétricas para determinar la normalidad y la homoscedasticidad, posteriormente se les realizó un análisis de varianza de una vía y una prueba de ajuste de medias de Tukey con un nivel de significancia de 0.05 y se determinó la concentración letal media mediante un análisis probit con el paquete estadístico SYSTAT 9.0.

## RESULTADOS

**Actividad insecticida:** El efecto sobre insectos del extracto hexánico de *S. salignus* mostró 60, 95, 100 y 100 % de mortalidad larval a 500, 1,000, 2,000 y 5,000 ppm respectivamente, respecto al control donde se observó solamente 10 % de mortalidad larval. La  $CL_{50}$  fue de 4361 ppm. Con respecto a la mortalidad pupal se obtuvieron 65 y 100 % a 500 y 1,000 ppm con respecto al control donde hubo 15 % (Cuadro 1).

**Actividad ecotoxicológica:** El efecto del extracto hexánico de las partes aéreas de *S. salignus* sobre alevines mostró una mortalidad total hasta las 96 horas de 16.67, 100, 100 y 100 % a concentraciones de 31.25, 62.5, 125 y 250 ppm respectivamente, el control o concentración 0 no presentó ningún efecto de mortalidad. La  $CL_{50}$  calculada fue de 35.41 ppm (Cuadro 2).

Respecto al efecto en adultos se observó que la mortalidad acumulada a las 96 horas fue de 16.67, 33.33, 66.67, 75 y 100 % a concentraciones de 25, 50, 62.5, 125 y 250 ppm respectivamente, la concentración 0 no presentó efecto de mortalidad. La  $CL_{50}$  para adultos fue de 71.63 ppm (Cuadro 3).

Cuadro 1. Actividad insecticida del extracto hexánico de las partes aéreas de *Senecio salignus* contra *Spodoptera frugiperda*.

Concentración (ppm)	Mortalidad (%)	
	Larva	Pupa
5,000	100±ND *	-
2,000	100±ND *	-
1,000	95.0±ND*	100±ND*
500	60.0±11.2*	65.0±10.9*
50	10.0±6.9	15.0±8.2
Control	10.0±6.9	15.0±8.2
CL <sub>50</sub>	4361 (3195-5753) ppm	

Resultados son el promedio de 20 determinaciones ± error estándar de la media. \*Diferencia significativa respecto al control;  $P < 0.001$ . CL<sub>50</sub> Concentración letal media y entre paréntesis los índices fiduciaros.

Cuadro 2. Actividad ecotoxicológica del extracto hexánico de las partes aéreas de *Senecio salignus* sobre alevines de *Poecilia reticulata*.

Concentración (ppm)	Mortalidad (%)								
	1h	3h	6h	12h	24h	48h	72h	96h	Total
250	100	-	-	-	-	-	-	-	100 ± ND *
125	0	50	50	-	-	-	-	-	100 ± ND *
62.5	0	16.67	83.33	-	-	-	-	-	100 ± ND *
31.25	0	0	0	16.67	0	0	0	0	16.67 ± 16.67
15.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0 ± ND
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 ± ND
CL <sub>50</sub>	35.41(ND - ND) ppm								

Resultados son el promedio de 6 determinaciones ± error estándar de la media. \*Diferencia significativa respecto al control;  $P < 0.001$ . CL<sub>50</sub> Concentración letal media y entre paréntesis los índices fiduciaros

Cuadro 3. Actividad ecotoxicológica del extracto hexánico de las partes aéreas de *Senecio salignus* sobre adultos de *Poecilia reticulata*.

Concentración (ppm)	Mortalidad (%)								
	1h	3h	6h	12h	24h	48h	72h	96 h	Total
250	25.0*	58.33*	16.67*	0	0	0	0	0	100.0 ± ND *
125	0	8.33	0	25.0*	8.33	25.0*	8.33	0	75.0 ± 13.10*
62.5	0	8.33	0	0	33.33*	16.67*	8.33	0	66.67 ± 14.21*
50	0	8.33	0	8.33	8.33	0	8.33	0	33.33 ± 14.21*
25	0	8.33	0	0	0	0	8.33	0	16.67 ± 11.24
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 ± ND
CL <sub>50</sub>	71.63 (52.85 - 98.56) ppm								

Resultados son el promedio de 12 determinaciones ± error estándar de la media. \*Diferencia significativa respecto al control;  $P < 0.001$ . CL<sub>50</sub> Concentración letal media y entre paréntesis los índices fiduciaros.

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la evaluación del extracto hexánico de *S. salignus* muestra efectividad contra la larva y la pupa de *S. frugiperda* a concentraciones entre 500 y 5,000 ppm. Estudios similares reportan que 0.5 y 1.0 % del polvo de raíz de *S. salignus* agregado a frijol almacenado provocan 100 % de mortalidad contra *Zabrotes subfasciatus* Boheman. (Coleoptera: Bruchidae) (Rodríguez y López, 2001, López-Pérez *et al.*, 2007; López-Pérez *et al.*, 2010). Por otro lado Romo-Asunción *et al.* (2016) reportan 52.5, 90, 95 y 100 % de mortalidad larval a 500, 1,000, 2,000 y 5,000 ppm, así como 62.5, 95, 97.5 y 100 % de mortalidad pupal a 500, 1,000, 2,000

y 5,000 ppm y una CL<sub>50</sub> de 440 ppm al evaluar extracto hexánico de las partes aéreas contra *S. frugiperda*.

Los resultados obtenidos en la evaluación del extracto hexánico de *S. salignus* sobre *P. reticulata* muestran un efecto tóxico en alevín y adulto a concentraciones entre 62.5 y 250 ppm, dentro de este rango estudiado, el efecto de mortalidad puede deberse a la acción de compuestos sesquiterpénicos presentes en las de plantas del género *Senecio* correspondientes a la polaridad del hexano (Portero *et al.*, 2013; Romo *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2011). La CL<sub>50</sub> determinada para adultos (71.63 ppm) fue mayor a la obtenida para alevines (35.41 ppm) a causa de su menor talla y peso y así como su diferente tasa metabólica (Gillooly *et al.*, 2001).

Un estudio similar reporta que la azadiractina, un producto natural derivado del árbol del Nim, tiene una CL<sub>50</sub> a las 96 h de 0.011 ppm y la detalmetrina, un piretroide sintético 0.0019 ppm (Stalin *et al.*, 2008). Es por esto que el extracto de *S. salignus* y su efecto insecticida, desde el punto de vista ecológico, es una alternativa viable al manejo de plagas agrícolas.

## CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos demuestran que el extracto hexánico de *S. salignus* tiene gran efectividad insecticida sobre *S. frugiperda*, es de suma importancia mencionar que esta especie ha sido poco estudiada contra esta plaga por lo tanto da hincapié a la realización de más pruebas con otro tipo de plagas y otro tipo de extractos.

Los resultados obtenidos demuestran que el extracto hexánico de *S. salignus* tiene un efecto toxicológico sobre *P. reticulata* mucho menor que los insecticidas sintéticos lo que permite inducir que el extracto hexánico es relativamente inocuo para organismos acuáticos. Debido a que el extracto de *S. salignus* empleado es una mezcla de compuestos químicos aún hacen falta estudios acerca de su composición y principios activos, al mismo tiempo que se da pauta a la realización de más estudios toxicológicos debido a la importancia que tiene la preservación del ambiente, así nos permitirán determinar el posible efecto de éstos sobre otros organismos, ya sean terrestres o acuáticos.

## Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo brindado, así como a la Dra. Marcela Gaytán Martínez por la revisión realizada a este trabajo y al Laboratorio de Compuestos Naturales Insecticidas de la Facultad de Química (UAQ) por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo.

## Literatura Citada

- Alatorre-Rosas, R., Bravo, M. H., Leyva, V. J. L. y de la P. A. Huerta. 2014. *Manejo Integral de Plagas*. Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México.
- Allgeier, J., Yeager, L. and C. Layman. 2013. Consumers regulate nutrient limitation regimes and primary production in seagrass ecosystems. *Ecology*, 94(2): 521–529.
- Badii, M. H. y J. Landeros. 2007. Plaguicidas que afectan a la salud humana y la sustentabilidad. *Cultura Científica y Tecnológica*, 4(19): 21–34.
- Gillooly, J. F., Brown, J. H., West, G. B., Savage, V. M. and E. L. Charnov. 2001. Effects of size and temperature on metabolic rate. *Science*, 293: 2248–2251.
- Isman, M. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*, 19: 603–608.
- Layman, C., Allgeier, J., Yeager, L. and E. Stoner. 2013. Thresholds of ecosystem response to nutrient enrichment from fish aggregations. *Ecology*, 94(2): 530–536.

- Lizana, R. D. R. 2005. *Elaboración y Evaluación de extractos del fruto de Melia azedarch L. como insecticida natural*. Tesis. Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 57 p.
- López-Pérez, E., Rodríguez, H. C. y G. R. Garza. 2010. Factores que optimizan la efectividad del polvo de raíz de *Senecio salignus* contra el gorgojo mexicano del frijol. *Fitotecnia Mexicana*, 33: 225–230.
- López-Pérez, E., Rodríguez, H. C., Ortega, A. L. D. y G. R. Garza. 2007. Actividad biológica de la raíz de *Senecio salignus* contra *Zabrotes subfasciatus* en frijol almacenado. *Agrociencia*, 41: 95–102.
- Martínez, J. F. F. y C. F. Espinoza. 2008. Ensayo de toxicidad aguda con larvas y juveniles de los peces Brachydaniorerio y *Poecilia reticulata*. Pp. 115–126. In: Ramírez-Romerom P. y A. Mendoza-Cantú (Comp.). *Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas con agua y suelo, La experiencia en México*. SEMARNAT, INE.
- Miranda, F. 1952. *La Vegetación de Chiapas. Primera parte*. Ediciones del Gobierno del Estado. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 334 p.
- Nash, D. L. and L. O. Williams. 1976. *Flora of Guatemala, Compositae*. Vol. 24, Part. XII. *Fieldiana Botany*. Field Museum of Natural History. 640 p.
- Nava, E., García, C., Camacho, J. and E. Vázquez. 2012. Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. *Ra Ximhai*, 8(3): 17–29.
- Pérez, S., García, R., Pérez, C., Rodríguez, R. and M. Zavala. 2009. Anti-inflammatory Properties of *Salvia connivens*, *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology*, 3(1): 52–55.
- Portero, A. G., González, C. A., Reina, M. and C. E. Díaz. 2013. Plant-defensive sesquiterpenoids from *Senecios* species with biopesticide potential. *Phytochemistry Reviews*, 11(4): 391–403.
- Stalin, S. I., Kiruba, S. and M. S. S. Das. 2008. A Comparative Study on the toxicity of a synthetic pyrethroid, Deltamethrin and a Neem based pesticide, Azadirachtin to *Poecilia reticulata* Peters 1859 (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 8: 01–05.
- Ramírez, R. P. y C. A. Mendoza. 2008. *Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo. La experiencia en México*. Primera edición. México: Secretaría de medio ambiente y recursos naturales, SEMARNAT. INE. 414 p.
- Ramos-López, M. A., Pérez, G. S., Rodríguez, H. C., Guevara, F. P. and S. M. A. Zavala. 2010. Activity of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *African Journal of Biotechnology*, 9: 1359–1365.
- Rodríguez, H. C. y P. López. 2001. Actividad insecticida e insectistática de la chilca (*Senecio salignus*) sobre *Zabrotes subfasciatus*. *Manejo Integrado de Plagas*, 59: 19–26.
- Romo-Asunción, D., Ávila, C. M. A., Ramos, L. M. A., Barranco, F. J. E., Rodríguez, N. S., Romero, G. S., Aldeco, P. E. J., Pacheco, A. J. R. and R. M. A. Rico. 2016. Juvenomimetic and insecticidal activities of *Senecio salignus* DC., (Asteraceae) and *Salvia microphylla* Kunth (Lamiaceae) on *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist*, (En prensa).
- Romo de V. A., Pérez, C. A., Arciniegas, A. and J. L. Villaseñor. 2007. Secondary metabolites from Mexican species of the tribe Senecioneae (Asteraceae). *Journal of the Mexican Chemical Society*, 51: 160–172.
- Yang, Y., Zhao, L., Wang, Y. F., Chang, M. L., Huo, C. H., Gu, Y. C., Shi, Q. W. and H. Kiyota. 2011. Chemical and pharmacological research on plants from the genus *Senecio*. *Chemistry & Biodiversity*, 8(1): 13–72.