

Actividad biocida de extractos de hojas y semillas de *Melia azedarach* (Meliaceae) sobre larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)

Biocidal activity of *Melia azedarach* (Meliaceae) leaf and seed extracts on *Spodoptera frugiperda* larvae (Lepidoptera: Noctuidae)

Cynthia Catheryne Ramos Otiniano

Programa de Estudio de Medicina Humana, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, PERÚ
cynthiaramosotiniano@gmail.com // ORCID: 0000-0003-1739-634X

Pedro Bernardo Lezama Asencio

Departamento de Ciencias, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, PERÚ
plezamaa@gmail.com // ORCID: 0000-0002-8594-0346

José Ernesto Manuel Hidalgo Rodríguez

Programa de Estudio de Medicina Humana, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, PERÚ
jemhidalgor@gmail.com // ORCID: 0000-0002-6595-0037

Resumen

La búsqueda de compuestos vegetales insecticidas es una de las estrategias para el control de especies como *Spodoptera frugiperda*, especie polífaga considerada plaga esporádica de importantes cultivos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto biocida de los extractos de hojas y semillas de *Melia azedarach* (Meliaceae) sobre las larvas de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), asumiendo que a mayor dosis corresponderá un mayor porcentaje de mortalidad de larvas. El diseño utilizado fue completamente al azar, con cuatro (4) tratamientos y diez (10) repeticiones, aplicados a larvas del segundo estadio. Los resultados demostraron que la dosis del tratamiento T4 (30%P/V) del extracto de hojas fue el más eficaz, presentando un 100% de larvas muertas a los 6 minutos de aplicado el tratamiento, respecto al tratamiento control (0%P/V). Del mismo modo, el tratamiento T4 (30%P/V) del extracto de semillas obtuvo el 100% de mortalidad de las larvas a los 8 minutos de exposición, respecto al tratamiento control. Sin embargo, el extracto de hojas de *M. azedarach* tiene mayor efecto biocida que el extracto de semillas de sobre larvas de *S. frugiperda*. En conclusión, *M. azedarach* puede incorporarse a los programas de control de esta plaga.

Palabras clave: *Melia azedarach*, *Spodoptera frugiperda*, efecto biocida, control natural.

Abstract

The search for insecticidal plant compounds is one of the strategies for the control of species such as *Spodoptera frugiperda*, a polyphagous species considered a sporadic pest of important crops. The objective of this work was to evaluate the biocidal effect of *Melia azedarach* (Meliaceae) leaf and seed extracts on *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae, assuming that the higher the dose, the higher the percentage of larval mortality. The design used was completely randomized, with four (4) treatments and ten (10) replicates, applied to second instar larvae. The results showed that the T4 treatment dose (30%P/V) of leaf extract was the most effective, presenting 100% of dead larvae 6 minutes after the treatment was applied, compared to the control treatment (0%P/V). Similarly, the T4 treatment (30%P/V) of the seed extract obtained 100% mortality of larvae at 8 minutes of exposure, compared to the control treatment. However, *M. azedarach* leaf extract has a greater biocidal effect than seed extract on *S. frugiperda* larvae. In conclusion, *M. azedarach* can be incorporated into control programs for this pest.

Keywords: *Melia azedarach*, *Spodoptera frugiperda*, biocidal effect, natural control.

Citación: Ramos, C.; P. Lezama & J. Hidalgo. 2022. Actividad biocida de extractos de hojas y semillas de *Melia azedarach* (Meliaceae) sobre larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Arnaldoa* 29 (3): 427-438 doi:<http://doi.org/10.22497/arnaldoa.293.29304>.

Introducción

El “barrenador de la fruta”, conocido científicamente como *Spodoptera frugiperda* (Lira *et al.*, 2020), es una polilla de la familia de los noctuidos. La etapa larvaria de esta plaga prefiere las hojas y los brotes jóvenes (García *et al.*, 2021). Su dieta lo convierte en una plaga destructora de cultivos con migración polifásica en el hemisferio occidental. También, tiene una excelente dispersabilidad y adaptabilidad,

prefiriendo una amplia variedad de plantas hospederas (Casmuz *et al.*, 2010).

Los cultivos atacados incluyeron no solo “maíz”, sino también “sorgo”, “arroz”, “algodón”, hortalizas y plantas ornamentales. La zona atacada corresponde a la zona de crecimiento apical. Primero se observan como unos puntos débiles y translúcidos, pequeñas perforaciones, seguidas de una severa defoliación y grandes cortes en las áreas terminales o

brotos (Paredes-Sánchez *et al.*, 2021).

Durante su ciclo de vida, pasa por los estados de huevo, larva, pupa y adulto. En su etapa adulta, es una mariposa nocturna de color gris que también presenta dimorfismo sexual que facilita el reconocimiento entre el macho y la hembra. Su ciclo completo es de 25 a 30 días (Lira *et al.*, 2020). Existen varios mecanismos de control para esta plaga entre los cuales incluyen aspectos culturales, químicos, físicos, biológicos y naturales. Dentro de este se pueden aprovechar las propiedades insecticidas de las plantas y la preparación de extractos vegetales (Phambala *et al.*, 2020).

Las plantas sintetizan y liberan metabolitos como mecanismo de defensa. Los metabolitos vegetales resultantes se pueden clasificar en diferentes familias según diferentes grupos químicos, como saponinas, taninos, alcaloides, diterpenoides y triterpenoides (Rosado-Solano *et al.*, 2019) Estas sustancias actúan como repelentes, matapulgas, insecticidas, pesticidas, inhibidores citotóxicos, letales, inhibidores de la fertilización, inhibidores de la fertilidad y la meiosis, inhibidores del crecimiento y son eficaces contra una amplia gama de insectos (Jiang *et al.*, 2020). Por lo tanto, muchos informes apuntan al uso de varios extractos de plantas para *S. frugiperda* como opciones efectivas, más económicas y más seguras para el medio ambiente y la salud (Alves *et al.*, 2016, Zaynab *et al.*, 2019).

En la actualidad, se conoce que un gran número de especies vegetales pueden suministrar sustancias para la producción de insecticidas. Se evaluaron larvas de segundo estadio de *S. frugiperda* para observar los efectos plaguicidas y antialimentario de los metabolitos presentes en extractos de etanol y diclorometano obtenidos de las

plantas *Polygonum hydropiperoides*, *Solanum nigrum* y *Calliandra pittieri*. Con el extracto de diclorometano de *P. hydropiperoides* a diferentes dosis (1 mg/L, 2,5 mg/L y 5 mg/L), se encontró que la dosis 2,5 mg/L tenían los mejores efectos insecticidas y antialimentarios sobre las larvas *S. frugiperda* con una tasa de mortalidad del 100% a los 12 días de la aplicación y un efecto antialimentario, representado por el consumo de follaje de “maíz” por debajo del 4%. Los autores demostraron que uno de los metabolitos es un retinoide que afecta el sistema nervioso y la respiración celular en los insectos (Lizarazo *et al.*, 2008).

Además, se ha observado que algunas semillas de varias frutas como la “papaya” y la “naranja” tienen un efecto insecticida alimentario sobre las larvas de primer estadio de *S. frugiperda*. Este es el caso de las semillas de las variedades de *Carica papaya* L.: Maradol, Mamey, Amarilla y Hawaiana. En forma de polvo y en concentraciones del 10% y 15%, tiene actividad larvicida (Pérez-Gutiérrez *et al.*, 2011).

También, se evaluaron extractos de papaya Maradol en cloroformo, esta actividad insecticida se asoció con tres metabolitos: ácido palmítico, ácido oleico y ácido esteárico, encontrándose actividad insecticida sobre larvas y pupas de *S. frugiperda* (Pérez-Gutiérrez *et al.*, 2011). Además, las semillas y cáscaras de dos especies de *Citrus* mostraron efectos antialimentarios dado que sus metabolitos incluyen compuestos polifenólicos estructuralmente relacionados y polisacáridos que tienen potentes efectos antinutricionales y antialimentarios en *Spodoptera* (Rodríguez *et al.*, 2017).

Los limonoides son los metabolitos más representativos del orden Rutales, que incluye las siguientes familias: Rutaceae,

Simalvanaceae y Meliaceae. Su estructura química es un tetranortriterpenoide con un esqueleto de 4,4.8-trimetil-17-furanil-esteroide, con varias funciones de oxígeno y una amplia variedad de actividades biológicas, incluyendo fungicidas, antimicrobianos e insecticidas (Ruberto *et al.*, 2002).

Existen estudios que indican que las hojas y frutos de *Melia azedarach* presentan efecto antialimentario sobre diversas larvas de lepidópteros y sobre algunos coleópteros. Un experimento en Argentina demostró los efectos antifagocíticos y tóxicos de *M. azedarach*. Se evaluaron extractos de *M. azedarach*, este extracto ha llamado la atención de los entomólogos por sus excelentes propiedades de biocontrol debido a la presencia de limonoides que tienen efecto antialimentarios (Braga *et al.*, 2020). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto biocida de los extractos de hojas y semillas de *Melia azedarach* (Meliaceae) sobre las larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) y determinar la tasa de mortalidad de diferentes concentraciones de extractos de hojas y frutos de *Melia azedarach* sobre larvas de *Spodoptera frugiperda*.

Materiales y métodos

Obtención de *Spodoptera frugiperda*

Las larvas de *S. frugiperda* fueron donadas por el Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú (SENASA). Para los ensayos, se emplearon larvas de segundo estadio con una longitud que osciló entre 5-7 mm, se trabajó bajo condiciones controladas de humedad relativa ($75\% \pm 5$), temperatura ($24^{\circ} \text{C} \pm 2$) y fotoperíodo (12:12 horas).

Obtención de hojas y frutos de *Melia azedarach*

Para el experimento se utilizaron plantas

de *M. azedarach*, seleccionadas por su efecto antialimentario. La recolección de las hojas y frutos de *M. azedarach* se obtuvieron de los árboles ubicados en la Universidad Nacional de Trujillo, Perú.

Preparación del extracto de semillas

Los frutos con semillas fueron triturados con ayuda de un molino y luego desecados en estufa durante 20 h a 40°C . Posteriormente, se mezclaron 100 g del polvo obtenido con 400 ml de etanol 88° en un frasco de vidrio con capacidad suficiente. Se agitó durante 30 minutos y se dejó macerar en oscuridad durante una semana a temperatura ambiente. Pasada una semana, se reflujo durante 1 hora. Se vertió el extracto en una placa de petri previamente pesada y luego se pervaporó el disolvente con ayuda de un ventilador. Finalmente, se pesó la placa con el extracto y se agregó 10 ml de agua destilada para disolverlo. La suspensión obtenida sirvió como suspensión madre para la preparación de los tratamientos.

Preparación del extracto de hojas

Las hojas fueron desecadas en estufa durante 20 h a 40°C . Luego, fueron trituradas con la ayuda de un colador. Posteriormente, se usaron dos frascos de vidrio para mezclar 50 g del polvo obtenido con 400 ml de etanol 88° en cada uno. Se agitaron ambos frascos durante 30 minutos y se dejaron macerar en oscuridad durante una semana a temperatura ambiente. Pasada una semana, se reflujo durante 1 hora. Se vertió el extracto en una placa de petri previamente pesada y luego se pervaporó el disolvente con ayuda de un ventilador. Finalmente, se pesó la placa y se agregó 10 ml de agua destilada para disolver el extracto. La suspensión obtenida sirvió como suspensión madre para la preparación de los tratamientos.

Preparación de Tratamientos

Se contempló la aplicación de 4 tratamientos del extracto. Las concentraciones se calcularon en %P/V y fueron: 0%P/V, 10%P/V, 20%P/V, 30%P/V.

a). Tratamientos de extracto de semillas

Cálculo de la concentración de suspensión madre:

- Peso placa vacía : 34.48g
- Peso placa + extracto : 37.75g
- Peso extracto : 3.27g ≈ 3g

$$\% P/V = \frac{g_{soluto}}{ml_{solucion}} \times 100$$

$$\% P/V = \frac{3}{10} \times 100$$

$$\% P/V = 30\%$$

- Tratamiento 1 (0% P/V)
 - Se empleó agua destilada como control o tratamiento 1.
- Tratamiento 2 (10 % P/V)
 - Se usó 2 ml de la solución madre.

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$(30\%)(2ml) = (10\%)X$$

$$X = 6 ml$$

→ Para preparar una solución al 10%P/V necesito 2 ml de solución madre más 4 ml de agua destilada.

- Tratamiento 3 (20 % P/V)
 - Se usó 2 ml de la solución madre.

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$(30\%)(2ml) = (20\%)X$$

$$X = 3 ml$$

→ Para preparar una solución al 10%P/V necesito 2 ml de solución madre más 1 ml de agua destilada

- Tratamiento 4 (30 % P/V)
 - Se usó los 6 ml restantes de solución madre como tratamiento 4.

b). Tratamientos de extracto de hojas

Cálculo de la concentración de suspensión madre:

- Peso placa vacía : 51.54g
- Peso placa + extracto : 54.66g
- Peso extracto : 3.12g ≈ 3g

$$\% P/V = \frac{g_{soluto}}{ml_{solucion}} \times 100$$

$$\% P/V = \frac{3}{10} \times 100$$

$$\% P/V = 30\%$$

- Tratamiento 1 (0% P/V)
 - Se empleó agua destilada como control o tratamiento 1.
- Tratamiento 2 (10 % P/V)
 - Se usó 2 ml de la solución madre.

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$(30\%)(2ml) = (10\%)X$$

$$X = 6 ml$$

→ Para preparar una solución al 10%P/V necesito 2 ml de solución madre más 4 ml de agua destilada

- Tratamiento 3 (20 % P/V)
- Se usó 2 ml de la solución madre.

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$(30\%)(2ml) = (20\%)X$$

$$X = 3 ml$$

→ Para preparar una solución al 10%P/V necesito 2 ml de solución madre más 1 ml de agua destilada

- Tratamiento 4 (30 % P/V)
- Se usó los 6 ml restantes de solución madre como tratamiento 4.

Diseño experimental

Cada tratamiento estuvo conformado por 10 repeticiones. Cada repetición consistió en una larva de II estadio. Cada larva se colocó sobre una hoja de lechuga de 2 x 2 cm dentro de un vaso. Para evitar la desecación de la hoja de lechuga, se colocó esponja de 2 x 2 cm totalmente humedecida debajo de la lechuga.

Resultados

La figura 1, muestra el porcentaje de mortalidad acumulada de larvas de *S. frugiperda*, expresada como número de larvas, tratadas con diferentes concentraciones del extracto de hojas de *M. azedarach* en condiciones de laboratorio. Los extractos que confieren mínimo porcentaje de mortalidad corresponden al tratamiento T2 con un total de 100% de larvas muertas luego de 22 minutos de aplicado el extracto a las larvas del estadio 2 de *S. frugiperda*, respecto al tratamiento control (T1). El

tratamiento T3 presento un total de 100% de larvas muertas a los 16 minutos de exposición del extracto de hojas de *M. azedarach*, mientras que el tratamiento T4 presento un porcentaje de mortalidad del 100% de larvas muertas a los 6 minutos de aplicado el extracto de hojas de *M. azedarach*, respecto al tratamiento T1 (Control), cuyas respuestas parecen tener efecto tóxico muy potente en las larvas de estadio 2 de *S. frugiperda*.

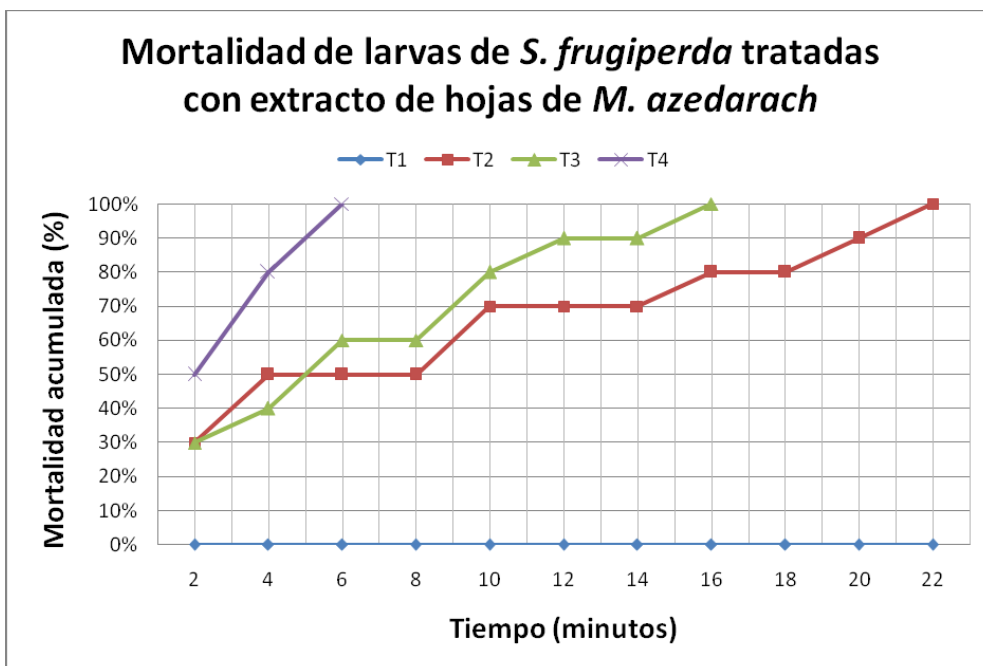


Fig. 1. Mortalidad acumulada (porcentaje) expresada como número de larvas de *S. frugiperda*, tratadas con diferentes concentraciones del extracto de hojas de *M. azedarach* en condiciones de laboratorio. Tratamiento 1: 0%P/V, Tratamiento 2: 10%P/V, Tratamiento 3: 20%P/V y Tratamiento 4: 30%P/V.

La figura 2, muestra el porcentaje de mortalidad acumulada de larvas de *S. frugiperda*, expresada como número de larvas, tratadas con diferentes concentraciones del extracto de semillas de *M. azedarach* en condiciones de laboratorio. Los extractos que confieren un menor porcentaje de mortalidad corresponden al tratamiento T2 con un total de 100% de larvas muertas luego de 26 minutos de aplicado el extracto a las larvas del estadio 2 de *S. frugiperda* respecto al tratamiento T1 (Control). El tratamiento T3 presento un total de 100% de larvas muertas a los 20 minutos de exposición del extracto de hojas de *M. azedarach*, respecto al tratamiento control (T1), mientras que el tratamiento T4 presento un porcentaje de mortalidad del 100% de larvas muertas a los 8 minutos de

aplicado el extracto de hojas de *M. azedarach*, cuyas respuestas parecen tener efecto tóxico muy potente en las larvas de estadio 2 de *S. frugiperda*.

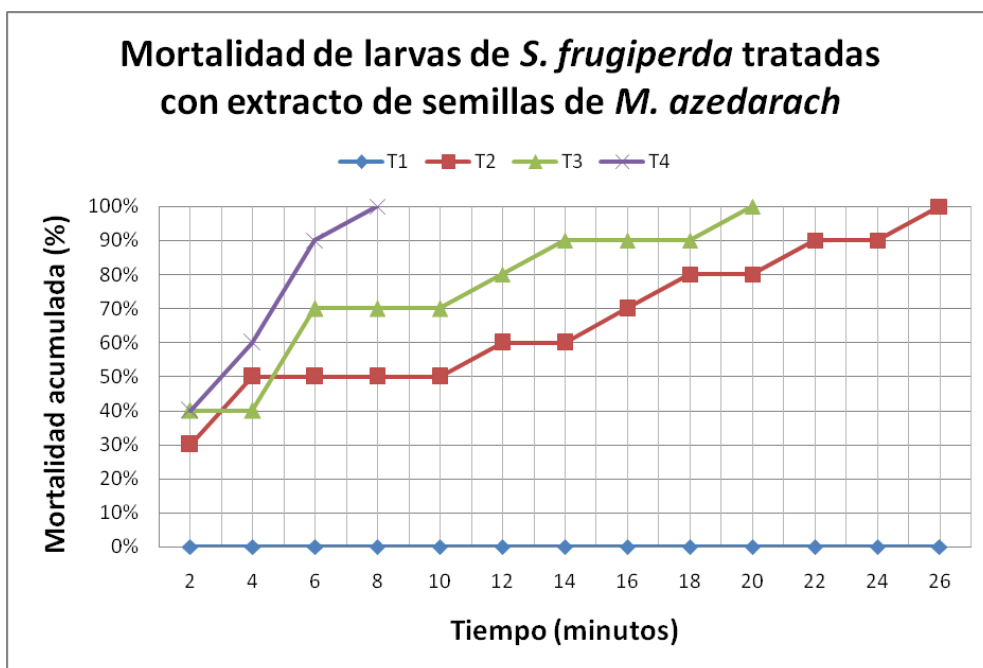


Fig. 2. Mortalidad acumulada (porcentaje) expresada como número de larvas de *S. frugiperda*, tratadas con diferentes concentraciones del extracto de semillas de *M. azedarach* en condiciones de laboratorio. Tratamiento 1: 0%P/V, Tratamiento 2: 10%P/V, Tratamiento 3: 20%P/V y Tratamiento 4: 30%P/V.

Discusión

Muchas clases de compuestos naturales, tales como grasas, hidratos de carbono, proteínas y ácidos nucleicos, intervienen en los procesos vitales de las plantas, tales como respiración, fotosíntesis, entre otros (Sisay *et al.*, 2019). Estos productos naturales, junto con un número relativamente pequeño de sustancias análogas, existen en casi todos los organismos y se denominan “metabolitos primarios”, y los procedimientos por los cuales se producen se llaman procesos metabólicos primarios (Isman, 2006). La mayoría de los organismos vivos, producen ácidos grasos corrientes y ácidos carboxílicos sencillos (Murua & Virla, 200).

Una segunda clase de productos naturales se denominan “metabolitos secundarios”, los cuales, como su nombre

indica, son el resultado del metabolismo secundario, formando parte de procesos no vitales para las plantas. Estos compuestos son precisamente a los que se adjudica las cualidades insecticidas de las plantas; los grupos más destacados en esta labor son los flavonoides, terpenoides y alcaloides (Mkindi *et al.*, 2019).

La actividad insecticida de *M. azedarach* se encuentra en hojas, tallos, frutos y semillas (Phambala *et al.*, 2020). De estas estructuras se han extraído, con acetona, agua, alcohol, cloroformo, diclorometano y éter de petróleo, los siguientes compuestos: paraisina, cumarinas, azederacol, meliacarpina, meliacarpinina, melianol, melianona, meliantriol, meliatina, meliatoxina, nimbolida, nimbolidina, nimbolinina, oquinolida, sendanina,

toosendanina y vilasinina (Cornelio *et al.*, 2017). Destacan principalmente meliartenina, limonoide (triterpeno) con cualidades antialimentarias, y azadirachtina (triterpeno), el mayor compuesto natural antialimentario conocido, proveniente de *Azadirachta indica* A. Juss (Braga *et al.*, 2020; Peng *et al.*, 2021).

Los insecticidas naturales actúan de manera gradual. Por lo general, ninguna de las especies vegetales insecticidas tiene la acción fulminante de los insecticidas sintéticos. La población de insectos no disminuye rápidamente con el uso de insecticidas botánicos. Entre los efectos de los insecticidas naturales en las plagas se encuentran: a) repelencia en larvas y adultos, b) suspensión de la alimentación, c) reducción de la movilidad del intestino, d) impedimento de la formación de quitina, e) bloqueo de la muda en ninfas y larvas, f) reducción del desarrollo y crecimiento, g) toxicidad en larvas y adultos, h) interferencia de la comunicación sexual en la cópula, i) suspensión de la ovipostura, y j) esterilización de adultos. La mayoría de los efectos de los insecticidas naturales son fisiológicos, por lo que el insecto tiene que ingerirlos (Ge *et al.*, 2016; Sisay *et al.*, 2019).

La actividad insecticida de *M. azedarach* se debe a un grupo de triterpenoides biológicamente activos, que tienen efecto antialimentario; es decir, inhiben la alimentación de insectos fitófagos mordedores como coleópteros y larvas de lepidópteros (Alves *et al.*, 2016; Zaynab *et al.*, 2019). Sin embargo, no se ha estudiado el efecto fulminante de altas concentraciones de extractos de *M. azedarach*. Se afirma que el principal compuesto causante de la actividad insecticida en *M. azedarach* corresponde a meliartenin, extraído principalmente de sus frutos, el cual actúa como regulador de crecimiento y antialimentario (Wu *et*

al., 2011; Ge *et al.*, 2016; Song *et al.*, 2022). Sin embargo, nuestra investigación revela que el extracto de hojas posee mayor efecto insecticida que el extracto de frutos con semillas. Estos resultados van en concordancia con investigaciones sobre el efecto antialimentario de las hojas de *M. azedarach* y su prevalencia como insecticida en contraste con las semillas (Song *et al.*, 2020).

Conclusiones

La mortalidad de larvas *Spodoptera frugiperda* es variable con las diferentes concentraciones del extracto de hojas y semillas de *Melia azedarach*.

El extracto de hojas de *Melia azedarach* tiene mayor efecto biocida que el extracto de semillas de *Melia azedarach* sobre larvas de *Spodoptera frugiperda*

El extracto de hojas de *Melia azedarach* al 30%P/V alcanzó una mortalidad de 100% sobre larvas de *Spodoptera frugiperda* a los 6 minutos de su aplicación, mientras que el extracto de semillas al 30%P/V obtuvo un porcentaje de mortalidad de 100% a los 8 minutos de aplicado el extracto.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Trujillo por brindar las facilidades de uso de infraestructura y equipamiento para el desarrollo de la presente investigación. Al Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú (SENASA) por la donación de las larvas estadio 2 de *Spodoptera frugiperda* para los ensayos.

Contribución de los autores

C. R., J. H.; P. L. Concepción, diseño del trabajo de investigación; C. R.: Recolección de datos o información, análisis e interpretación de los resultados obtenidos;

C. R., J. H.; P. L.: Preparación, redacción del artículo y revisión crítica: Todos los autores han leído el manuscrito final y aprobado la revisión.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Literatura citada

- Carpinella, C.; C. Ferrayoli; G. Valladares; M. Defago & S. Palacios.** 2002. Potent limonoid insect antifeedant from *Melia azedarach*. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 66(8): 1731–1736.
- Casmuz, A.; L. Juárez; M. Socías; G. Socías; G. Murúa; S. Prieto; S. Medina; E. Willink & G. Gastaminza.** 2010. Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 69(3-4): 209-231.
- Cornelio, V.; M. Forim; B. Perlatti; J. Fernandes; P. Vieira; M. Napolitano; R. Yost & M. da Silva.** 2017. Identification of Meliatoxins in *Melia azedarach* Extracts Using Mass Spectrometry for Quality Control. *Planta medica*, 83(3-04): 312–317.
- Farag, M.; M. Ahmed; H. Yousef & A. Abdel-Rahman.** 2011. Repellent and insecticidal activities of *Melia azedarach* L. against cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisd.). *Zeitschrift fur Naturforschung. C, Journal of biosciences*, 66(3-4), 129–135.
- García, V.; H. Martínez-Padrón; M. Berrones-Morales; N. Niño-García & V. Herrera-Mayorga.** 2021. Advances in Control Strategies against *Spodoptera frugiperda*. A Review. *Molecules*, 26(18): 5587.
- Ge, J.; L. Wang; P. Chen; Y. Zhang; X. Lei & X. Ye.** 2016. Two new tetracyclic triterpenoids from the barks of *Melia azedarach*. *Journal of Asian natural products research*, 18(1): 20–25.
- Isman M.** 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual review of entomology*, 51(1): 45–66.
- Jiang, X.; S. Yang; Y. Yan; F. Lin; L. Zhang; W. Zhao; C. Zhao & H. Xu.** 2020. Design, Synthesis, and Insecticidal Activity of 5,5-Disubstituted 4,5-Dihydropyrazolo[1,5-a] quinazolines as Novel Antagonists of GABA Receptors. *Journal of agricultural and food chemistry*, 68(50): 15005–15014.
- Lira E.; A. Bolzan; A. Nascimento; F. Amaral; R. Kanno; I. Kaiser & C. Omoto.** 2020. Resistance of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae) to spinetoram: Inheritance and cross-resistance to spinosad. *Pest Manag. Sci.* 76(1): 2674–2680.
- Lizarazo H.; F. Mendoza & S. Carrero.** 2008. Effect of plant extracts of *Polygonum hydropperoides*, *Solanum nigrum* and *Calliandra pittieri* in *Spodoptera frugiperda*. *Agron. Colomb.* 26(1): 427–434.
- Mkindi, A.; Y. Tembo; E. Mbega; B. Medvecky; A. Kendal-Smith; I. Farrell; P. Ndakidemi; S. Belmain & P. Stevenson.** 2019. Phytochemical Analysis of *Tephrosia vogelii* across East Africa Reveals Three Chemotypes that Influence Its Use as a Pesticidal Plant. *Plants*, 8(12): 597.
- Murua, M. & E. Virla.** 2004. Presencia Invernal de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el Área Maicera de la Provincia de Tucumán, Argentina. *Revista De La Facultad De Agronomía De La Universidad Del Zulia*, 105(1): 46-52.
- Paredes-Sánchez, F.; G. Rivera; V. Bocanegra-García; H. Martínez-Padrón; M. Berrones-Morales; N. Niño-García & V. Herrera-Mayorga.** 2021. Advances in Control Strategies against *Spodoptera frugiperda*. A Review. *Molecules*, 26(18): 5587.
- Peng, H.; Y. Wang; J. Wang; S. Li; T. Sun; T. Liu; Q. Shi; G. Zhou & X. Xie.** 2021. Chemical Components of Aqueous Extracts of *Melia azedarach* Fruits and Their Effects on The Transcriptome of *Staphylococcus aureus*. *Polish journal of microbiology*, 70(4): 447–459.
- Pérez-Gutiérrez, S.; M. Zavala-Sánchez; M. González-Chávez; N. Cárdenas-Ortega & M. Ramos-López.** 2011. Bioactivity of *Carica papaya* (Caricaceae) against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Molecules (Basel, Switzerland)*, 16(9): 7502–7509.
- Phambala, K.; Y. Tembo; T. Kasambala; V. Kabambe; P. Stevenson & S. Belmain.** 2020. Bioactivity of Common Pesticidal Plants on Fall Armyworm Larvae (*Spodoptera frugiperda*). *Plants (Basel, Switzerland)*, 9(1): 112.
- Rodríguez, L.; A. Jimenez; W. Arango; A. Rueda; J. Méndez.** 2017. Actividad antimicrobiana de cáscaras y semillas de *Citrus limonia* y *Citrus sinensis*. *Actualidades Biológicas*, 39(1): 53-59.

- Rosado-Solano, D.; M. Barón-Rodríguez; P. Sanabria; L. Luna-Parada; C. Puerto-Galvis; A. Zorro-González; V. Kouznetsov & L. Vargas-Méndez.** 2019. Synthesis, Biological Evaluation and In Silico Computational Studies of 7-Chloro-4-(1H-1,2,3-triazol-1-yl) quinoline Derivatives: Search for New Controlling Agents against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae. *Journal of agricultural and food chemistry*, 67(33): 9210–9219.
- Ruberto, G.; A. Renda; C. Tringali; E. Napoli & M. Simmonds.** 2002. Citrus limonoids and their semisynthetic derivatives as antifeedant agents against *Spodoptera frugiperda* larvae. A structure-activity relationship study. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(23): 6766–6774.
- Sisay, B.; T. Tefera; M. Wakgari; G. Ayalew & E. Mendesil.** 2019. The Efficacy of Selected Synthetic Insecticides and Botanicals against Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in Maize. *Insects*, 10(2): 45.
- Song, M.; G. Chan; L. Lin; D. Li; K. Zhang; X. Zhang; W. Ye; N. Li & Q. Zhang.** 2022. Triterpenoids from the fruits of *Melia azedarach* L. and their cytotoxic activities. *Phytochemistry*, 201(1): 113280.
- Song, M.; J. Zhang; G. Chan; Y. Hou; X. Chen; X. Zhang; W. Ye & Q. Zhang.** 2020. Bioactive Limonoids and Triterpenoids from the Fruits of *Melia azedarach*. *Journal of natural products*, 83(12): 3502–3510.
- Wu, S; Q. Bao; W. Wang; Y. Zhao; G. Xia; Z. Zhao; H. Zeng & J. Hu.** 2011. Cytotoxic triterpenoids and steroids from the bark of *Melia azedarach*. *Planta medica*, 77(9): 922–928.
- Zaynab, M.; M. Fatima; Y. Sharif; M. Zafar; H. Ali & K. Khan.** 2019. Role of primary metabolites in plant defense against pathogens. *Microbial pathogenesis*, 137: 103728.

