

Efecto del extracto de semillas de *Carica papaya* L. (Caricaceae) en *Spodoptera frugiperda* Smith

Effect of the seed extract of *Carica papaya* L. (Caricaceae) on *Spodoptera frugiperda* Smith

Cynthia Catheryne Ramos Otiniano

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

Pedro Bernardo Lezama Asencio

Departamento de Ciencias, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, PERÚ
plezamaa@gmail.com // <https://orcid.org/0000-0002-8594-0346>

Mercedes Elizabeth Chaman Medina

Laboratorio de Fisiología Vegetal, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, PERÚ
elizchm@yahoo.com // <https://orcid.org/0000-0001-8621-375X>

José Ernesto Manuel Hidalgo Rodríguez

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

Resumen

Las larvas de *Spodoptera frugiperda* son altamente dañinas para diferentes cultivos. Su eliminación requiere del uso de diferentes compuestos entre los cuales se encuentran los metabolitos secundarios. Por lo cual, este trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto biocida del extracto etanólico de las semillas de *Carica papaya* L. (Caricaceae) “papaya” sobre larvas del estadio I de *S. frugiperda* Smith. Se utilizaron larvas del estadio I de *S. frugiperda*, las que fueron tratadas con extracto etanólico llevado a concentraciones de 10%, 15% y 20% de soluciones acuosas y evaluadas a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 minutos. Se encontró que la mortalidad de las larvas de *S. frugiperda* varió con diferentes concentraciones de extractos de semillas de *C. papaya*. El extracto etanólico a concentraciones del 15 y 20% exhibieron un mayor efecto biocida por presentar mortalidades de 65 y 100% respectivamente sobre las larvas del I estadio de *S. frugiperda*. El extracto etanólico a una concentración del 10% solo mostró una mortalidad del 40% sobre las larvas del I estadio de *S. frugiperda*. El 100% de la mortalidad de las larvas se observó a partir de los 60 minutos a la concentración del 20% del extracto etanólico de las semillas de *C. papaya*. Por lo cual se concluye que el extracto etanólico de semillas de *C. papaya* tiene efecto biocida sobre las larvas de *S. frugiperda*.

Palabras claves: Papaya, cogollero, extracto etanólico, larvas estadio I, extracto de semillas..

Abstract

The *Spodoptera frugiperda* larvae are highly damaging to different crops. Its eradication requires the use of different compounds including secondary metabolites. Therefore, this research was performed to evaluate the biocidal effect of the ethanolic extract of *Carica papaya* (Caricaceae) seed on larvae of stage I of *S. frugiperda*. The larvae of *S. frugiperda* in stage I were treated with 10%, 15% and 20% of aqueous solutions and evaluated at 15, 30, 45, 60, 75 and 90 minutes. It was found that the mortality of *S. frugiperda* larvae varied under different concentrations of *C. papaya* seed extracts. The 15 and 20% concentrations exhibited a higher biocidal effect with 65 and 100% mortality. The 10% *C. papaya* concentration showed a mortality of 40% on stage I larvae of *S. frugiperda*. Moreover, mortality rates of 100% were obtained after 60 minutes when larvae were exposed to the 20% ethanolic extract of *C. papaya* seeds. Therefore, it is concluded that the ethanolic extract of *C. papaya* seeds has a biocidal effect on *S. frugiperda* larvae.

Key Words: Papaya, fall armyworm, ethanolic extract, stage I larvae, seed extract.

Citación: Ramos, C.; P. Lezama; M. Chaman & J. Hidalgo. 2023. Efecto del extracto de semillas de *Carica papaya* L. (Caricaceae) en *Spodoptera frugiperda* Smith. *Arnaldoa* 30 (2): 233-248 doi:<http://doi.org/10.22497/arnaldoa.302.30210>

Introducción

El control de plagas en la agricultura depende en gran medida del uso de productos químicos sintéticos que matan a los insectos rápidamente (Archundia *et al.*, 2006). Si bien este modo ayuda a mantener las poblaciones de plagas en niveles aceptables, su uso indiscriminado ha causado varios problemas: a) contaminación del suelo y de las aguas subterráneas, efectos tóxicos en los seres humanos, c) genotipos de resistencia, y d) tiempo de extinción simultánea de los

propios enemigos naturales de las plagas y otros organismos que serían plagas secundarias en ausencia de reguladores (Archundia *et al.*, 2006; Sofía *et al.*, 2022).

Una alternativa a este problema es utilizar productos de origen vegetal. Las plantas contienen grandes cantidades de sustancias químicas llamadas metabolitos secundarios que protegen contra patógenos y herbívoros (Sánchez, 2022; Pérez-Almeida, 2022; Ramos *et al.*, 2022). Los insecticidas más utilizados que se encuentran en las plan-

tas son las piretrinas obtenidas de *Nicotiana tabacum*, *Anabasis aphylla*, *Derris elliptica*, *Lonchocarpus utilis*, *Abies sachalinensis*, *Ryania speciosa*, *Schoenocaulon officinale* (Ware y Whitaker, 2004; Cando Santo, 2022) y azadiractina de *Azadirachta indica* (Archundia *et al.*, 2006; Pimentel; 2022).

El gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda*, es un insecto de la familia Lepidoptera (Ramos *et al.*, 2022). La etapa larvaria de esta plaga prefiere hojas y ramas tiernas, especialmente brotes, para ennegrecer los tejidos de las plantas (He *et al.*, 2020). Su dieta la convierte en una plaga altamente dañina, migratoria y destructiva en el hemisferio occidental. También tiene una gran capacidad para propagarse, adaptarse y soportar diferentes plantas hospedantes (Montezano *et al.*, 2018; Paredes-Sánchez *et al.*, 2021).

Se deben evaluar alternativas menos dañinas a los pesticidas químicos, que sean amigables con el medio ambiente, como extractos y otros productos naturales con estructuras biodegradables novedosas que protegen la biodiversidad (Figuroa Brito, 2011). El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto biocida del extracto etanólico de las semillas de *Carica papaya* L. "papaya" sobre larvas del estadio I de *Spodoptera frugiperda* Smith.

Materiales y métodos

Material biológico y ubicación del estudio

Las larvas del primer estadio de desarrollo de *S. frugiperda* "gusano cogollero" fueron obtenidas del Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA). En tanto, las semillas de papaya fueron obtenidas de un lote de frutos maduros homogéneos de *C. papaya* comprados en el mercado La Hermelinda, en el distrito de Florencia de Mora en Trujillo y el estudio se realizó en

el Departamento de Química Biológica y Fisiología Animal de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo.

Preparación del extracto etanólico de semillas

Se pesaron 300 gramos de semillas de *C. papaya*, los cuales fueron triturados y macerados en 810 ml de etanol al 96% a temperatura ambiente durante una semana. Luego el macerado se llevó a reflujo continuo por 90 minutos. Posteriormente el extracto se concentró a sequedad mediante pervaporación durante un día, el extracto seco obtenido fue disuelto en 10 ml de agua destilada obteniéndose una solución al 100% en peso de las semillas por volumen de agua. El extracto etanólico fue llevado a concentraciones de 10%, 15% y 20% de soluciones acuosas, tras lo cual se realizó el bioensayo, la aplicación de tratamientos y la evaluación de resultados en placas Petri. El flujo de trabajo se muestra en la Fig. 1.

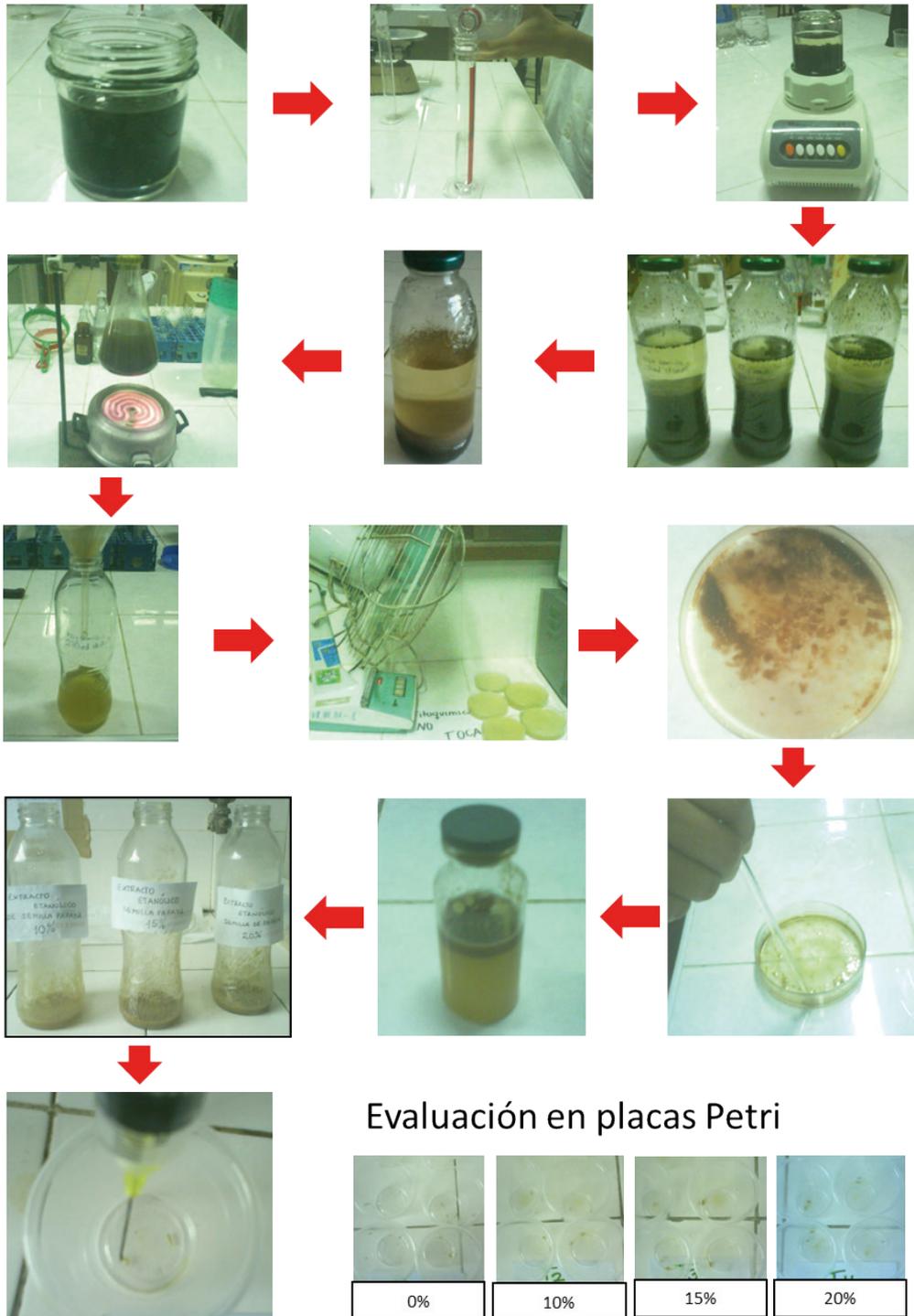


Fig. 1. Flujo de trabajo para evaluación del efecto del extracto etanólico de semillas de *Carica papaya* "papaya" sobre larvas de *Spodoptera frugiperda* "gusano cogollero".

Bioensayo y aplicación de tratamientos

Se utilizaron larvas de *S. frugiperda* del primer estadio de desarrollo. Las larvas fueron colocadas en vasitos descartables mediante un pincel fino. Cada vasito con 20 larvas constituyó una unidad experimental, se utilizaron en total 20 unidades experimentales.

Los tratamientos estuvieron constituidos por las concentraciones de 10%, 15% y 20% del extracto etanólico de semillas de *C. papaya*, a las que se sumó un control con agua destilada. Estos tratamientos fueron asignados de manera aleatoria a las unidades experimentales en un diseño completamente al azar, con mediciones de la mortalidad a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 minutos. Cada tratamiento contó con cinco repeticiones en las cuales, se realizó la inoculación de 60ul de la solución del extracto etanólico a nivel de mesotórax en cada larva.

Evaluación del efecto biocida

La mortalidad fue evaluada a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 minutos. Las larvas se consideraron muertas ante la ausencia de reacción al estímulo táctil con puntero romo en la región cervical.

Análisis de resultados

El análisis de los datos se realizó utilizando el software estadístico Minitab® 19.1. Los datos se analizaron para evaluar el cumplimiento con los supuestos de las pruebas paramétricas, de manera que se evaluó la normalidad de datos mediante el test de Ryan-Joiner (similar a Shapiro-Wilk). Luego, se evaluó la homogeneidad de varianzas mediante el test de Barlett, tras lo cual se realizó el análisis de varianza (ANVA) y la prueba comparación de medias de Tukey HSD con un nivel de significancia del 95%.

Resultados

Los análisis de los datos se presentan en la tabla 1. El análisis de normalidad de datos mediante de la prueba de Ryan-Joiner (similar a Shapiro-Wilk) mostró los valores de 0,992 ($p>0,1$), lo cual indica la presencia de normalidad en la distribución de datos. En tanto, la prueba de homogeneidad de varianzas mediante el test de Barlett mostró un valor estadístico de 12,59 ($p=0,321$), lo cual indica la presencia de homogeneidad de varianzas. Por lo tanto, se realizaron las pruebas paramétricas de ANVA y posterior comparación de medias mediante test HSD Tukey.

Tabla 1. Pruebas de Ryan-Joiner y Barlett para distribución de medias y homogeneidad de varianzas.

Test	Valor Estadístico	Significancia
Ryan-Joiner	0,992	$p>0,1$
Barlett	12,59	$p=0,321$

El análisis de varianza (ANVA) factorial para porcentaje de mortandad se muestra en la tabla 2. Los factores incluidos fueron: tiempo (T), concentración de extracto de semillas de papaya (EP) y la interacción de ambos factores (T*EP). Tal como puede observarse, se observó significancia para T, para EP, así como para la interacción de ambos factores, con un valor de $p<0,0001$, indicando diferencia de medias tanto en función del tiempo, como de la concentración de extracto de semillas de papaya, así como de la interacción de ambos factores.

Tabla 2. Análisis de varianza (ANVA) factorial para porcentaje de mortandad de larvas de *S. frugiperda* tratadas con extracto etanólico de *C. papaya*.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
T	5	37458	7491,5	946,29	0,000
EP	3	98657	32885,6	4153,96	0,000
T*EP	15	20046	1336, 4 168,81	0,000
Error	96	760	7,9		
Total	119	156920			

T: tiempo, EP: concentración de extracto de semillas de papaya, T*EP: interacción de tiempo y concentración de extracto.

La mortalidad acumulada de larvas del estadio I de *S. frugiperda* tratadas con diferentes concentraciones de extracto etanólico de las semillas de *C. papaya* en función del tiempo se muestra en la figura 2. Los tratamientos control representados con los puntos azules incluyeron larvas tratadas con una solución de agua destilada. En estos tratamientos, la mortalidad de larvas se mantuvo en 0% desde los 15 hasta los 90 minutos contemplados en el estudio, sin mostrar diferencias significativas según la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey HSD.

De forma similar, en los tratamientos que incluyeron una solución de extracto etanólico de semillas de *C. papaya* al 10%, se observaron valores de mortalidad de larvas de 0% al evaluar a los 15 y 30 minutos, con ausencia de diferencias significativas según la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey HSD. En tanto, la mortalidad se incrementó a los 45 minutos con un valor promedio de 7%, lo cual fue estadísticamente superior a los valores previos. Asimismo, a los 60 y 75 minutos se obtuvieron valores significativamente superiores (27% y 29% de mortalidad, respectivamente), los cuales, fueron estadísticamente similares entre sí. Estos valores contrastan con el valor de 39% de mortalidad observado a los

90 minutos, el cual fue significativamente superior a todos los observados en esta concentración, según el test de Tukey.

Al utilizar las concentraciones de 15% del extracto de semillas de *C. papaya*, también se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$). A los 15 minutos, la mortalidad acumulada promedio se mantuvo en 0%, la cual se incrementó significativamente a los 30 minutos (26% de mortalidad), con otro incremento significativo a los 45 minutos alcanzando una mortalidad de 51% de larvas de *S. frugiperda*. Estos valores fueron inferiores estadísticamente a los obtenidos cuando se realizó la medición a los 60, 75 y 90 minutos, con valores de mortalidad de 64%, 66% y 67%, los que, a su vez, no mostraron diferencias estadísticas entre sí según la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey HSD.

Los tratamientos con 20% de concentración del extracto etanólico indujeron los valores mayores de mortalidad en las larvas de *S. frugiperda*. En efecto, a los 15 minutos, se observó una mortalidad de 14%, lo cual es estadísticamente superior al resultado obtenido por los demás tratamientos cuando la medición se realizó al mismo tiempo. Este valor fue estadísticamente inferior al observado a los 30 minutos (50% de mor-

alidad), el cual a su vez mostró diferencias significativas al ser medido a los 45 minutos (88% de mortalidad).

Los valores máximos de mortalidad de larvas de *S. frugiperda* fueron inducidos al utilizar el extracto etanólico de semillas de *C. papaya* a una concentración de 20% cuan-

do se realizó la medición a los 60, 75 y 90 minutos, en donde se alcanzaron valores de mortalidad de 100% en los tres casos, siendo estadísticamente similares y a su vez superiores a los valores inducidos por todos los demás tratamientos, según el test de Tukey HSD.

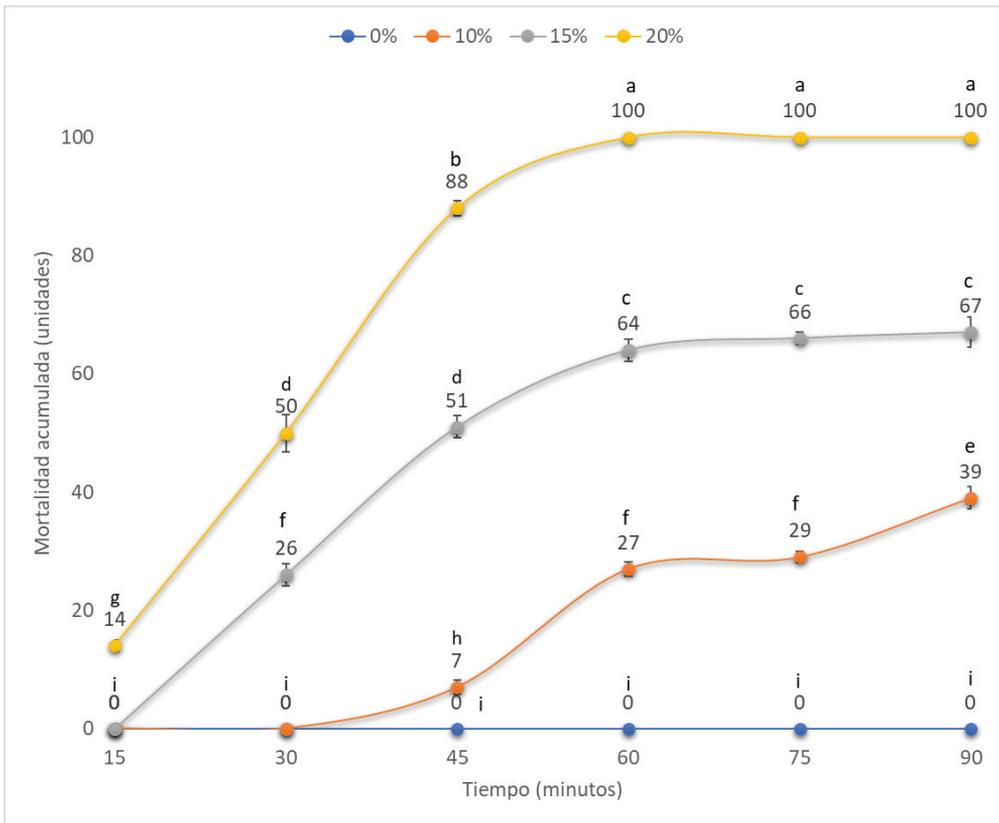


Fig. 2. Mortalidad de larvas de *S. frugiperda* bajo diferentes concentraciones de extracto etanólico de las semillas de *C. papaya* en función del tiempo. Los números sobre cada punto de color representan los promedios (azul: control, naranja: 10% extracto, plomo: 15% extracto, amarillo: 20% extracto). Letras diferentes indican diferencias significativas según Tukey HSD. Las líneas verticales en cada punto representan el error estándar.

La figura 3 muestra los efectos principales de los factores en estudio. Tal como puede verse, el efecto del tiempo incrementa desde los 15 hasta los 90 minutos. Este incremento es notorio a los 15, 30, 45 y 60 minutos, con valores de mortalidad de 3,5%; 19%; 36,5% y 47,75%, respectivamente, los cuales son significativamente diferentes entre sí. Sin embargo, a los 75 minutos, la mortalidad de larvas de *S. frugiperda* es estadísticamente similar, alcanzando el 48,75%. Finalmente, cuando las larvas de *S. frugiperda* son tratadas por 90 minutos, el valor promedio que se obtiene es de 51,50% de mor-

talidad, representando un valor estadísticamente superior a los demás tratamientos.

Por otra parte, el efecto de la concentración es mucho más notorio dado que la mortalidad de 0% observada con la aplicación del control de tratamientos se incrementa drásticamente al incrementar las concentraciones del extracto etanólico de semillas de *C. papaya* a 10%, 15% y 20% de extracto etanólico, alcanzando valores de 17%; 45,7%; y 75,3% de mortalidad, respectivamente (Fig. 3).

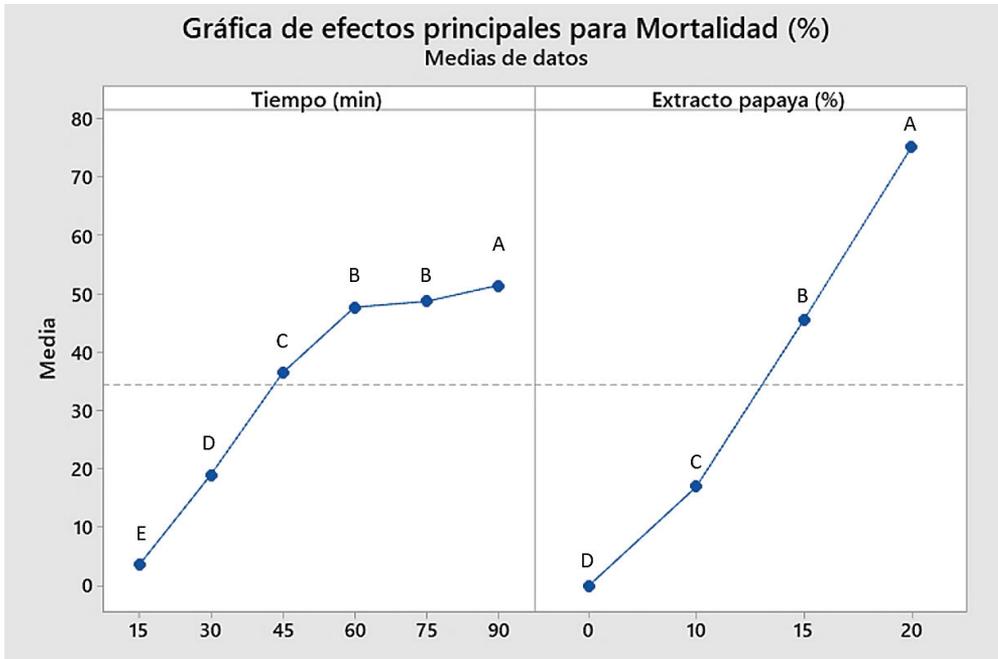


Fig. 3. Efectos principales para mortalidad de larvas de *S. frugiperda* según los factores del estudio. Izquierda: efecto del tiempo. Derecha: efecto de la concentración del extracto de *C. papaya*. Letras diferentes indican diferencias significativas según Tukey HSD.

Discusión

Ete estudio encontró que las semillas de papaya son altamente tóxicas para el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), ya que a concentraciones de 20% eliminaron a todas las larvas. Figueroa-Prito (2011) reportó 100% de mortalidad de diferentes semillas de la var. Mamey a concentraciones de 10, 15 y 20%, sin embargo, este autor, no logró describir la mortalidad en relación con el tiempo (Archundia *et al.*, 2006).

La actividad larvicida de las semillas fue superior a la de Archundia *et al.* (2006) sus resultados mostraron que las semillas de cuatro cultivares en dos concentraciones (10% y 15%) mataron todas las larvas en diferentes momentos. Todos los cultivares exhibieron una alta toxicidad ya que causaron una mortalidad corregida del 90 % dentro de las 72 h con un tratamiento del 15 %. Al 10%, las variedades Mamey, Amarilla y Maradol produjeron una mortalidad corregida del 90 % a las 96 h mientras que en la var. Hawaiana fue menor al 75 % en el mismo tiempo. La mortalidad testigo fue de 3,33% (Archundia *et al.*, 2006).

En este estudio, el extracto etanólico de las semillas de papaya al 10 % no tuvo un efecto significativo en las larvas de primer estadio de *Spodoptera frugiperda*, causando solo el 40 % de muerte de las larvas. Por el contrario, los extractos de etanol al 15 % y al 20 % mostraron una fuerte actividad biocida contra las larvas de primer estadio de esta especie de lepidóptera, lo que resultó en una mortalidad larval del 65 % y el 100 %, respectivamente.

Se encontraron diecinueve compuestos en el extracto de semilla de papaya, incluidos ácido oleico (45,97 %), ácido palmítico (24,1 %) y ácidos grasos (8,52 %). Pérez-Gutiérrez *et al.* (2011) evaluaron la actividad insecticida e insectistática del extracto y tres

constituyentes principales de las semillas de papaya. A 16.000 y 9.600 ppm del extracto, la duración de la larva aumentó en 3,4 y 2,5 días, respectivamente, mientras que la etapa de pupa aumentó en 2,2 y 1,1 días a la misma concentración. Cuando la concentración de extracto fue de 24.000, 16.000 y 9.600 ppm, la supervivencia de las larvas fue de 0%, 29,2% y 50%, respectivamente. A 16.000 y 9.600 ppm, las tasas de supervivencia de las pupas fueron del 42,9 % y el 66,7 %, respectivamente. El peso de la pupa disminuyó un 25,4% y un 11,5% a 16.000 y 9.600 ppm, respectivamente. La supervivencia larval en compuestos parentales fue de 33,3%, 48,5% y 62% (Pérez-Gutiérrez *et al.*, 2004). (2011)

Investigaciones reportan que los efectos se debieron a la relación planta-solvente de extracción (Kovendan *et al.*, 2012), la cual mostró diferencias significativas con respecto al testigo absoluto (Tabla 2). Esta relación potenció el efecto biocida sobre las larvas del I estadio de *S. frugiperda* en las tres dosis utilizadas: 10, 15 y 20%, comparadas contra el testigo absoluto (aplicación de agua destilada) el cual no mostró efecto biocida de las larvas. Así mismo, la mortalidad de las larvas de *S. frugiperda* presentó variaciones con el transcurso del tiempo en cada uno de los tratamientos aplicados (Fig. 2).

Por otro lado, Figueroa-Brito *et al.* (2011), encontraron una alta actividad larvicida en extractos, fracciones, purificaciones y compuestos que se encuentran en las semillas de los cultivares de papaya Maradol, Amarilla y Hawaiian se evaluarán y compararán en cuanto a su actividad con azadiractina, un insecticida natural derivado del árbol de *Azadirachta indica* (Archundia *et al.*, 2006). Como resultado, la potente actividad insecticida de los extractos etanólicos de semillas de papaya ha dado lugar a la posibilidad de aplicación directa, lo que ha hecho que

los extractos con licores tradicionales como yonque y cañazo, estén ampliamente disponibles para la población rural, que está fácilmente disponible, es barato y menos tóxico que los solventes orgánicos.

Finalmente, los productos naturales muestran una mayor concentración de actividad biológica que los productos químicos. Sin embargo, brindan pautas para la identificación de metabolitos secundarios activos para nuevos productos químicos sintéticos o semisintéticos con mayor potencial biológico para controlar *S. frugiperda* (Paredes-Sánchez *et al.*, 2021).

Con base en lo anterior, enfatizamos la necesidad de mejorar, desarrollar constantemente nuevas estrategias para controlar las larvas de diferentes estadios de *S. frugiperda*. Estas estrategias nos permitirán lograr opciones de control de plagas más efectivas, y combinarlas con métodos de monitoreo puede aumentar las tasas de éxito. Pero lo más importante, nos permitirá crear nuevas oportunidades que sean más respetuosas con el medio ambiente (Wijnarko *et al.*, 2017).

Conclusiones

La mortalidad de las larvas de *S. frugiperda* varió con diferentes concentraciones de extractos de semillas de *C. papaya*.

El extracto etanólico a concentraciones del 15 y 20% exhibieron un mayor efecto biocida por presentar mortalidades de 65 y 100% respectivamente sobre las larvas del I estadio de *S. frugiperda*.

El extracto etanólico a una concentración del 10% solo mostró una mortalidad del 40% sobre las larvas del I estadio de *S. frugiperda*. El 100% de la mortalidad de las larvas se observó a partir de los 60 minutos a la concentración del 20% del extracto etanólico de las semillas de *C. papaya*.

Se necesitan más estudios sobre los efectos tóxicos de las semillas de *C. papaya* para comprender su potencial como insecticida.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Trujillo por brindar las facilidades de uso de infraestructura y equipamiento para el desarrollo de la presente investigación.

Contribución de los autores

C. R., J. H.; Concepción, diseño del trabajo de investigación; C. R., J. H., MC: Recolección de datos o información, análisis e interpretación de los resultados obtenidos; C. R., 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 tanto de tipo financiero, como no financiero.

Literatura citada

- Archundia, S. L. F.; A. J. Pérez; C. L. León & R. F. Brito.** 2006. Efecto tóxico de semillas de cuatro variedades de *Carica papaya* (Caricaceae) en *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 45(2), 171-177.
- Cando Santo, N. M. & P. N. Changoluisa Vasquez.** 2022. Caracterización del extracto del falso Tabaco (*Nicotiana glauca*) (Bachelor's thesis, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Figueroa Brito, R.** 2011. Incidencia del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* Smith en Ocoyucan, Puebla y actividad bioinsecticida de semillas de *Carica papaya* L y *Trichilia havanensis* Jacq.) (Doctor's thesis, Mexico, Pue-

- bla: Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas).
- He, H.; X. Qin; F. Dong; J. Ye; C. Xu; H. Zhang; Z. Liu; X. Lv; Y. Wu; X. Jiang & X. Cheng.** 2020. Synthesis, characterization of two marine derivatives and their cytotoxic effect on Sf9 cell of *Spodoptera frugiperda*. Scientific reports, 10(1): 17999.
- Kovendan, K.; K. Murugan; A. Naresh Kumar; S. Vincent & J. S. Hwang.** 2012. Bioefficacy of larvicidal and pupicidal properties of *Carica papaya* (Caricaceae) leaf extract and bacterial insecticide, spinosad, against chikungunya vector, *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). Parasitology research, 110(2): 669–678.
- Montezano, D. G.; D. R. Sosa-Gómez; A. Specht; V. F. Roque-Specht; J. C. Sousa-Silva; S. D. Paula-Moraes; ... & T. E. Hunt.** 2018. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. African entomology, 26(2): 286-300.
- Paredes-Sánchez, F. A.; G. Rivera; V. Bocanegra-García; H. Y. Martínez-Padrón; M. Berrones-Morales; N. Niño-García & V. Herrera-Mayorga.** 2021. Advances in Control Strategies against *Spodoptera frugiperda*. A Review. Molecules (Basel, Switzerland), 26(18): 5587.
- Pérez-Almeida, I.; F. Requena-Rondón & G. Piñero.** 2022. Riesgos y beneficios de los metabolitos secundarios vegetales para la alimentación animal y humana. Hatun Yachay Wasi, 1(2): 127-142.
- Pérez-Gutiérrez, S.; M. A. Zavala-Sánchez; M. M. González-Chávez; N. C. Cárdenas-Ortega & M. A. Ramos-López.** 2011. Bioactivity of *Carica papaya* (Caricaceae) against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Molecules (Basel, Switzerland), 16(9): 7502–7509.
- Pimentel, K. R.; D. M. Pérez; L. E. T. Peña; T. S. Pérez & M. M. Revol.** 2022. Uso de extracto obtenido de semillas de *Azadirachta indica* para el control de *Bemisia tabaci* en tomate. Revista ECOVIDA, 12(2): 192-199.
- Ramos Otiniano, C. C.; P. B. Lezama Asencio & J. E. M. Hidalgo Rodríguez.** 2022. Actividad bio-cida de extractos de hojas y semillas de *Melia azedarach* (Meliaceae) sobre larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Arnaldoa, 29(3): 375-404.
- Sánchez, H. L.** 2022. Los superpoderes de las plantas: los metabolitos secundarios en su adaptación y defensa. Hermes, 23(2).
- Sofia, E. R.; S. L. Amin; P. G. Zulfaidah & T. Hagus.** 2022. The bio-insecticidal activity of papaya (*Carica papaya* L.) leaves extract against *Spodoptera litura* Fabr. (Lepidoptera: Noctuidae) larval growth. Indian Journal of Agricultural Research, 56(6): 741-745.
- Ware, W. G. & M. D. Whitaker.** 2004. An introduction to insecticides (4th edition). In: G. W. Ware and D. M. Whitaker (Eds.). The Pesticide Book. Edit. 6th Ed. Thomson Publications, Fresno, California, USA.
- Wijanarko, A.; D. F. Nur; M. Sahlan; N. T. Afnan; T. S. Utami & H. Hermansyah.** 2017. Production of a biopesticide based on a cysteine protease enzyme from latex and papaya (*Carica papaya*) for *Spodoptera litura* in red chili peppers (*Capsicum annum*). International Journal of Technology, 8(8): 1455-1461.

Anexos

I. Datos de la evaluación de la mortalidad de *S. frugiperda* por acción del extracto etanólico de *C. papaya*.

Tratamiento	Tiempo (min)	Extracto papaya (%)	Mortalidad acumulada	Mortalidad (%)
T1	15	0	0	0
T1	15	0	0	0
T1	15	0	0	0
T1	15	0	0	0
T1	15	0	0	0
T5	30	0	0	0
T5	30	0	0	0
T5	30	0	0	0
T5	30	0	0	0
T5	30	0	0	0
T9	45	0	0	0
T9	45	0	0	0
T9	45	0	0	0
T9	45	0	0	0
T9	45	0	0	0
T13	60	0	0	0
T13	60	0	0	0
T13	60	0	0	0
T13	60	0	0	0
T13	60	0	0	0
T17	75	0	0	0
T17	75	0	0	0
T17	75	0	0	0
T17	75	0	0	0
T17	75	0	0	0
T21	90	0	0	0
T21	90	0	0	0
T21	90	0	0	0
T21	90	0	0	0
T21	90	0	0	0
T2	15	10	0	0
T2	15	10	0	0

T2	15	10	0	0
T2	15	10	0	0
T2	15	10	0	0
T6	30	10	0	0
T6	30	10	0	0
T6	30	10	0	0
T6	30	10	0	0
T6	30	10	0	0
T10	45	10	2	10
T10	45	10	1	5
T10	45	10	2	10
T10	45	10	1	5
T10	45	10	1	5
T10	45	10	1	5
T14	60	10	5	25
T14	60	10	5	25
T14	60	10	5	25
T14	60	10	6	30
T14	60	10	6	30
T18	75	10	5	25
T18	75	10	6	30
T18	75	10	6	30
T18	75	10	6	30
T18	75	10	6	30
T22	90	10	8	40
T22	90	10	7	35
T22	90	10	7	35
T22	90	10	9	45
T22	90	10	8	40
T3	15	15	0	0
T3	15	15	0	0
T3	15	15	0	0
T3	15	15	0	0
T3	15	15	0	0
T7	30	15	5	25
T7	30	15	6	30
T7	30	15	4	20
T7	30	15	6	30
T7	30	15	5	25

T11	45	15	10	50
T11	45	15	11	55
T11	45	15	9	45
T11	45	15	11	55
T11	45	15	10	50
T15	60	15	13	65
T15	60	15	12	60
T15	60	15	12	60
T15	60	15	14	70
T15	60	15	13	65
T19	75	15	13	65
T19	75	15	13	65
T19	75	15	13	65
T19	75	15	13	65
T19	75	15	14	70
T23	90	15	13	65
T23	90	15	14	70
T23	90	15	12	60
T23	90	15	15	75
T23	90	15	13	65
T4	15	20	2	10
T4	15	20	3	15
T4	15	20	3	15
T4	15	20	3	15
T4	15	20	3	15
T8	30	20	9	45
T8	30	20	9	45
T8	30	20	11	55
T8	30	20	9	45
T8	30	20	12	60
T12	45	20	17	85
T12	45	20	17	85
T12	45	20	18	90
T12	45	20	18	90
T12	45	20	18	90
T16	60	20	20	100
T16	60	20	20	100
T16	60	20	20	100

T16	60	20	20	100
T16	60	20	20	100
T20	75	20	20	100
T20	75	20	20	100
T20	75	20	20	100
T20	75	20	20	100
T20	75	20	20	100
T24	90	20	20	100
T24	90	20	20	100
T24	90	20	20	100
T24	90	20	20	100
T24	90	20	20	100

II: Análisis estadístico del efecto del extracto de semillas de *Carica papaya* sobre *Spodoptera frugiperda*

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo (min)	5	37458	7491,5	946,29	0,000
Extracto papaya (%)	3	98657	32885,6	4153,96	0,000
Tiempo (min)*Extracto papaya (%)			15	20046	1336,4 168,81 0,000
Error	96	760	7,9		
Total	119	156920			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
2,81366	99,52%	99,40%	99,24%

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tiempo

(min)	N	Media	Agrupación
90	20	51,50	A
75	20	48,75	B
60	20	47,75	B
45	20	36,50	C
30	20	19,00	D
15	20	3,50	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Extracto

papaya (%)	N	Media	Agrupación
20	30	75,3333	A
15	30	45,6667	B
10	30	17,0000	C
0	30	0,0000	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tiempo

(min)*Extracto

papaya (%)	N	Media	Agrupación
75 20	5	100	A
90 20	5	100	A
60 20	5	100	A
45 20	5	88	B
90 15	5	67	C
75 15	5	66	C
60 15	5	64	C
45 15	5	51	D
30 20	5	50	D
90 10	5	39	E
75 10	5	29	F
60 10	5	27	F
30 15	5	26	F
15 20	5	14	G
45 10	5	7	H
30 0	5	0	I
15 15	5	0	I
15 0	5	0	I
90 0	5	0	I
60 0	5	-0	I
30 10	5	-0	I
45 0	5	-0	I
75 0	5	-0	I
15 10	5	-0	I

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.