

Actividad insecticida de formulados botánicos sobre el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)

Insecticide activity of botanical formulates on the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)

 JENNIFER J. LÓPEZ¹  DORYS T. CHIRINOS^{2*}  WILMER H. PONCE³
 RAMÓN F. SOLÓRZANO³  JENNIFER P. ALARCÓN⁴

¹ Universidad Técnica de Manabí, Instituto de Posgrado, Portoviejo, Ecuador. jlopez2163@utm.edu.ec

² Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería Agronómica, Portoviejo, Ecuador. dorys.chirinos@utm.edu.ec

³ Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Portoviejo, Manabí, Ecuador. wilmer.ponce@iniap.gob.ec ramon.solorzano@iniap.gob.ec

⁴ Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador. alarconp143@gmail.com

* Autor de correspondencia

Dorys T. Chirinos, Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería Agronómica, Avenida Urbina, Y, Portoviejo 130105, dorys.chirinos@utm.edu.ec

Citación sugerida

LÓPEZ J. J.; CHIRINOS D. T.; PONCE, W. H.; SOLÓRZANO, R. F.; ALARCÓN, J. P. 2022. Actividad insecticida de formulados botánicos sobre el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Revista Colombiana de Entomología 48 (1): e11739. <https://doi.org/10.25100/socolen.v48i1.11739>

Recibido: 16-Nov-2021

Aceptado: 31-Mar-2022

Publicado: 24-jun-2022

Revista Colombiana de Entomología

ISSN (Print): 0120-0488

ISSN (On Line): 2665-4385

<https://revistacolombianaentomologia.univalle.edu.co>

Open access



BY-NC-SA 4.0
creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Publishers: Sociedad Colombiana de Entomología
SOCOLEN (Bogotá, D. C., Colombia)

<https://www.socolen.org.co>

Universidad del Valle (Cali, Colombia)

<https://www.univalle.edu.co>

© 2021 Sociedad Colombiana de Entomología -
SOCOLEN y Universidad del Valle - Univalle

Resumen: El gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* constituye la plaga más importante del maíz, *Zea mays* y para su control se utilizan principalmente insecticidas químicos sintéticos. El uso de compuestos botánicos es una alternativa potencialmente efectiva para el control de plagas. Se evaluó el efecto de formulados de *Eucalyptus globulus*, *Jatropha curcas*, *Petiveria alliacea*, *Ricinus communis* y *Ruta graveolens*, (A) a concentraciones de 5, 10 y 15 mL.L⁻¹ de agua (B) sobre la mortalidad, inhibición alimentaria y peso de larvas de *S. frugiperda*. Mediante larvas de segundo y tercer estadio se realizaron bioensayos de aspersión y de elección para evaluar a través de un diseño factorial AxB + 3 testigos [insecticida químico (cipermetrina), botánico comercial (azadiractina) y testigo absoluto (agua)]. De los compuestos botánicos, la mortalidad resultó superior cuando se aplicó aceite de *J. curcas* (33,7%), e hidrolato de *P. alliacea* (26,2%) en concentración de 15 mL.L⁻¹. Las Larvas alimentadas con hojas de maíz embebidas con las tres concentraciones de los hidrolatos de *P. alliacea* y *R. graveolens* mostraron 71 - 76% de inhibición alimentaria, así como el menor peso. Los resultados mostraron la actividad insecticida de los formulados botánicos evaluados y su potencial para el control *S. frugiperda*.

Palabras clave: Aceites vegetales, efecto antialimentario, gusano cogollero del maíz, hidrolatos, insecticidas botánicos, mortalidad.

Abstract: The fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* constitutes the most important pest of corn, *Zea mays*, and mainly synthetic chemical insecticides are used for its control. The use of botanical compounds is a potentially effective alternative for pest control. The effect of formulations of *Eucalyptus globulus*, *Jatropha curcas*, *Petiveria alliacea*, *Ricinus communis* and *Ruta graveolens*, (A) at concentrations of 5%, 10% and 15% (B) on mortality, food inhibition and weight of larvae of *S. frugiperda* was evaluated. Using second and third instar larvae, spray and choice bioassays were performed using a factorial design AxB + 3 controls [chemical insecticide (cypermethrin), commercial botanical (azadirachtin) and absolute control (water)]. Of the botanical compounds, mortality was higher when *J. curcas* oil (33.7%) and *P. alliacea* hydrolate (26.2%) were applied at 15 mL.L⁻¹. Larvae fed with corn leaves soaked with the three concentrations of *P. alliacea* and *R. graveolens* hydrolates showed 71-76% food inhibition, as well as the lowest weight of larvae. The results show the insecticidal activity of the botanical formulations evaluated and their potential for controlling *S. frugiperda*.

Keywords: Antifeedant effect, botanical insecticides, fall armyworm, hydrolates, mortality, vegetable oils.

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) constituye el tercer cereal más importante del mundo después del trigo y el arroz. Este cereal se adapta a una amplia variedad de condiciones agroecológicas (Singh y Singh, 2018; Sulong *et al.* 2019). En Ecuador, el maíz duro

es uno de los principales cultivos transitorios con una superficie sembrada de 278,021 ha y una producción de 1,199,133 t (MAG 2020). Las provincias de Manabí y Los Ríos concentran aproximadamente el 70%, de la producción nacional (MAG 2020).

Existen varios artrópodos plagas que pueden limitar severamente la producción del maíz, entre los que destaca el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), una plaga polífaga nativa del hemisferio occidental, que se encuentra distribuida en las zonas tropicales y subtropicales del mundo (Montezano *et al.* 2018). Entre los daños que puede ocasionar al cultivo resaltan la pérdida del área fotosintética, la afección estructural en el verticilo, el daño directo al grano y sus consecuentes efectos sobre el rendimiento (Chimweta *et al.* 2020). Estudios de laboratorio ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, HR $65 \pm 5\%$, Fotoperíodo 12h) muestran que cada hembra podría ovipositar en promedio de 1500 a 2000 huevos, agrupados en masas de 300 a 400 (Tendeng *et al.* 2019).

El MAG (2019) indicó que en el año 2018 en la provincia de Manabí, el 56% de los maiceros informaron haber sido afectados por problemas de plagas y enfermedades, entre los que resalta el gusano cogollero, que ocasionó daño tanto las hojas como las mazorcas. Para tratar de disminuir los daños causados por esta plaga, los agricultores realizan varias aspersiones de insecticidas órgano-sintéticos, durante el ciclo del cultivo (MAG 2019). Generalmente los insecticidas utilizados son altamente tóxicos, y debido a la frecuencia con que se aplican, podrían acarrear impactos ecológicos, residualidad en alimentos y causar intoxicación (Martínez, 2010).

Para orientar un programa de manejo integrado de plagas es necesario, la evaluación de alternativas con el menor impacto económico, social y ambiental. Entre las alternativas se incluye, el uso de compuestos de plantas con efectos repelentes o tóxicos (Sarwar 2016). El potencial insecticida de los aceites esenciales vegetales contra diferentes plagas agrícolas ha sido corroborado en diferentes investigaciones (García *et al.* 2014; Ringuelet *et al.* 2014; Cantó-Tejero *et al.* 2017). Adicionalmente, Romo-Asunción *et al.* (2015) refirieron que en la actualidad se conocen más de 100.000 metabolitos que se almacenan en las raíces y las partes aéreas de las plantas, que según su estructura son clasificados en nitrogenados y no nitrogenados. Los mismos investigadores indicaron que entre los nitrogenados destacan alcaloides, aminoácidos no proteicos, aminas, glucósidos cianogénicos y glucosinolatos, mientras que en los no nitrogenados se encuentran terpenoides, poliacetilenos, policétidos y fenilpropanoides. Estos compuestos participan en la defensa contra insectos y patógenos que pueden representar problemas de plagas de los cultivos.

Entre las plantas que contienen compuestos con actividad insecticida se hace mención al eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) (Myrtaceae), piñón (*Jatropha curcas* L.) (Euphorbiaceae), zorrilla (*Petiveria alliacea* L.) (Petiveriaceae), higuerilla (*Ricinus communis* L.) (Euphorbiaceae) y ruda (*Ruta graveolens* L.) (Rutaceae) (Romo-Asunción *et al.* 2015; Russo *et al.* 2015; Sarwar 2016). El principal objetivo de este estudio fue evaluar la actividad insecticida de formulados preparados a partir de estas especies sobre larvas de *S. frugiperda* en condiciones de laboratorio.

Materiales y métodos

La presente investigación consistió en un trabajo de laboratorio que combinó la extracción de los hidrolatos y aceites

de varias especies de plantas y los bioensayos de laboratorio para la evaluación del efecto insecticida de los formulados botánicos sobre larvas de *S. frugiperda*. La extracción fue realizada en el Laboratorio de Bromatología de la Estación Experimental Portoviejo del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), mientras que los bioensayos se condujeron en el Laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Extracción de los aceites e hidrolatos para los formulados botánicos. El procedimiento para la obtención de los hidrolatos de las especies de plantas, *E. globulus*, *P. alliacea* y *R. graveolens*, se efectuó mediante el método de extracción por arrastre de vapor, mientras que la obtención de aceites de *J. curcas* y *R. communis*, se realizó mediante el método de presión mecánica previamente descrito (Zambrano *et al.* 2015).

Procedimiento para el método de extracción por vapor. En una balanza analítica (ADAM®) se pesó el material vegetativo seco, 62,59 g, 74,06 g, 290,62 g, de hoja de *E. globulus*, hoja de *R. graveolens* y hoja y tallo de *P. alliacea*, respectivamente. Cada material pesado, se colocó en un matraz de tres bocas de 1000 mL conectado al equipo de destilación por arrastre de vapor, conformado por un balón generador de vapor de 1000 mL, un matraz de 250 mL, dos placas calefactoras digitales IKAC-MAG HS7, un termómetro de vidrio, un condensador, conexiones de vidrio y goma.

Se calentó el balón hasta su punto de ebullición y el vapor generado pasó a un segundo balón, extrayendo así la esencia del material vegetativo, que se suspendió con el consumo del 70% a 85% del agua colocada. El destilado se colectó en un matraz con una mezcla de aceite y agua, que luego se ubicó en un embudo para separar por diferentes densidades el aceite esencial del hidrolato, con la ayuda de una pipeta se determinó la cantidad de aceite e hidrolato extraído y se procedió a almacenarlos en frascos de vidrio de ámbar.

Procedimiento para el método de extracción por presión. Se pesaron por triplicado 3 kg de semillas de *J. curcas* y *R. communis* y luego se procedió al secado, con una estufa de 101 a 105 °C hasta que el peso de la muestra permaneció constante. El prensado manual se realizó en una extractora discontinua o hidráulica con 15 t máximas de presión en frío, así mismo otra muestra con extractora mecánica continua tipo expeler, con una capacidad de 80 – 100 kg.h⁻¹ de semilla. Ambas emitieron aceites con presencia de gomas (fosfátidos).

Una vez extraído el aceite, se derivó con el desgomado de estos aceites, que consistió en agregar ácido cítrico de 0,2 al 0,7% a una temperatura entre 60 a 90°C durante un tiempo promedio de 5 a 20 min posterior a su almacenamiento y filtración a través de un embudo Büchner, implementado a un matraz de kitasato de 1000 mL (KIMAX®), cuyo agente de retención era papel filtro cualitativo en círculo con un diámetro de 15 cm, el aceite fue succionado con una bomba de vacío (GAST®).

Una vez filtrado, se realizaron análisis químicos del aceite para estimar el contenido de fósforo e índice de acidez. El contenido de Fósforo se obtuvo siguiendo la metodología AOCS Ca-12-55 aplicable a aceites vegetales, crudos, desgomados y refinados, para determinar la presencia de fosfátidos, se usó

la espectrofotometría que consiste en pesar 3 g de aceite más 0,5 g de ZnO que se incineraron a 550 a 600°C, a los que se le agregó 5 ml de HCL, se filtró y se tomó una alícuota, a la que se adicionaron 5 ml de KOH al 50% enrazando a 100 mL, luego se tomaron 10 mL, y se adicionaron 8 mL de N₂H₆SO₄ y 2 mL de Na₂MoO₄, y la mezcla se calentó en baño María durante 10 min +/- 30 s para aforar con agua destilada y se procedió a verificar el valor arrojado por el espectrofotómetro mediante la fórmula:

$$\text{PPM Fósforo} = (10(A-B)) / ((PM))$$

Aceite	Tipo de Aceite	Índice de Acidez (mg KOH).g aceite-1	Fósforo (ppm)
<i>Jatropha curcas</i>	Filtrado	0,92	7,3
<i>Ricinus communis</i>		1,07	4,7

La formulación contenía 6 mL de nonil fenol (4-(2,4-di metil-3 heptanil) fenol) en 100 mL del aceite filtrado. En el aceite filtrado de *R. communis* con una dosificación de 8 mL de nonil fenol en 100 mL de aceite.

Elaboración de dieta para la cría masiva del gusano cogollero. La dieta se elaboró con los ingredientes y cantidades señalados en la metodología propuesta por Morales *et al.* (2010). En una licuadora se colocaron 60 g de levadura, 6 g de ácido ascórbico, 4 g de Metil-p-Hidroxibenzoato y 1000 mL de agua, los que se licuaron por 30 s. Posteriormente se añadió a la mezcla, 400 g de frijoles (previamente cocidos) licuando por un min y 30 s. En otro recipiente se calentaron 500 mL de agua (T: 80°C), y se le añadieron lentamente 500 g de agar removiendo constantemente, una vez diluido se añadió a la mezcla previa y se licuó por un min. La mezcla final aún caliente, se colocó en envases de plásticos (500 mL) herméticos que luego fueron ubicados en refrigeración.

Establecimiento de la colonia de *Spodoptera frugiperda*. En un lote de maíz de tres semanas, se colectaron aleatoriamente cuatro masas de huevos de *S. frugiperda*, y una vez eclosionadas las larvas, fueron individualizadas y alimentadas con la dieta artificial preparada. Cuando alcanzaron la fase de pupa se separaron por sexos y se distribuyeron en proporciones de 6:3 ♂: ♀ en condiciones de oscuridad con alimento (azúcar o miel de abeja diluida) para asegurar la cópula y sobrevivencia de los adultos. Con las masas de huevos de los adultos colectados en campo, se inició una cría de laboratorio y los bioensayos se realizaron a partir de huevos obtenidos de individuos criados en el laboratorio. Se utilizaron larvas de segundo y tercer estadio.

Bioensayos. Para la realización de los bioensayos se utilizaron los tres hidrolatos preparados *E. globulus*, *R. graveolens* y *P. alliaceae*, y los dos aceites formulados de *R. communis* y *J. curcas* (Factor A) preparados a concentraciones de 5, 10 y 15 mL.L⁻¹ de agua (Factor B) (Tabla 1). Se incluyeron en la evaluación, un insecticida comercial sintético (cipermetrina, 200 g.L⁻¹ de i.a.) en dosis de 1.5 mL.L⁻¹ de agua, uno botánico (azadiractina, 4 g.L⁻¹ de i.a.) en dosis de 2 mL.L⁻¹ de agua y un testigo absoluto (agua destilada), resultando los siguientes tratamientos.

Tabla 1. Tratamientos evaluados.

(A) Tratamientos	(B) Concentración mL.L-1 de agua
Azadiractina	2
Cipermetrina	1.5
<i>Eucalyptus globulus</i>	5
<i>Eucalyptus globulus</i>	10
<i>Eucalyptus globulus</i>	15
<i>Jatropha curcas</i>	5
<i>Jatropha curcas</i>	10
<i>Jatropha curcas</i>	15
<i>Petiveria alliaceae</i>	5
<i>Petiveria alliaceae</i>	10
<i>Petiveria alliaceae</i>	15
<i>Ricinus communis</i>	5
<i>Ricinus communis</i>	10
<i>Ricinus communis</i>	15
<i>Ruta graveolens</i>	5
<i>Ruta graveolens</i>	10
<i>Ruta graveolens</i>	15
Testigo absoluto (agua destilada)	

Mortalidad de larvas. Larvas de *S. frugiperda*, fueron colocadas individualmente en envases plásticos de 10 mL que contenían dieta artificial. Luego fueron asperjadas con uno de los tratamientos mediante atomizadores plásticos de 100 mL. Se evaluó la mortalidad a las 24, 48 y 72 h. Se emplearon 75 larvas por tratamiento (18 tratamientos), evaluándose un total de 1350 larvas.

Una larva se consideró muerta, si no se movió después de ser colocada ventralmente y tocada con un pincel No. 1. Se calculó el porcentaje de mortalidad utilizando la fórmula de Abbott (1925):

$$\% \text{ mortalidad} = \frac{100 (\% \text{ muertos tratados} - \% \text{ muertos control})}{100 - \% \text{ muertos control}}$$

Efecto antialimentario. Para determinar el efecto antialimentario de los tratamientos se empleó la prueba de elección indicada por Rossetti *et al.* (2008). Larvas de *S. frugiperda*, se colocaron individualmente dentro de envases plásticos, y no se alimentaron durante 4 h. Posteriormente, en cada envase se colocaron dos discos de 5 cm de diámetro de hojas de maíz, uno fue sumergido en los tratamientos por 10 s el otro en agua destilada. Después de 24 h, se estableció el porcentaje de área consumida (estimando visualmente mediante el uso de papel milimétrico). Se emplearon 75 larvas por tratamiento (18 tratamientos), evaluándose 1350 larvas en total. Se calculó el (%IIA) mediante la ecuación:

$$\% \text{IIA} = [1 - (T/C)] \times 100$$

Dónde:

$$\% \text{IIA} = \text{Índice de Inhibición Alimentaria.}$$

T = consumo promedio de discos foliares tratados con los formulados.

C = consumo promedio de discos foliares en los testigos absolutos.

Peso de larvas. Fueron alimentadas con hojas de maíz de 5 cm de diámetro embebidas en cada uno de los tratamientos, se les estimó el peso al iniciar el ensayo. Posteriormente a las sobrevivientes, se les determinó el peso diario con la balanza durante 10 días para evaluar los posibles efectos de los tratamientos sobre este parámetro.

Análisis de datos. Se utilizó un diseño factorial AxB+3, en un arreglo completamente al azar (DCA), considerando como factores, los formulados a partir de las cinco especies de plantas, el testigo botánico comercial (azadiractina a dosis de 2 mL.L⁻¹), el testigo químico sintético (cipermetrina, 1,5 mL.L⁻¹) y el testigo absoluto (agua destilada) (Factor A), asperjando los formulados a tres concentraciones (5, 10 y 15 mL.L⁻¹ de agua) (Factor B), para un total de 18 tratamientos. Las variables analizadas fueron: porcentaje de mortalidad, índice de inhibición alimentaria y peso de larvas. En el análisis se comprobó el cumplimiento de los supuestos estadísticos (homogeneidad, normalidad, independencia y aditividad), y se realizaron las comparaciones de medias mediante la prueba de Fisher ($p < 0,05$) usando el Software estadístico Infostat (Di Rienzo et al. 2019).

Resultados y discusión

Mortalidad de larvas. En la Tabla 2 se muestra que el testigo químico sintético (cipermetrina) causó la mayor mortalidad promedio de larvas de *S. frugiperda* (68,7%, $p < 0,05$) seguido del tratamiento a base de *J. curcas* en dosis de 15 mL.L⁻¹ de agua (33,7%), sin diferencias con *P. alliacea* y el

insecticida botánico comercial a base de azadiractina en la misma dosificación (Tabla 2). La menor mortalidad de larvas fue detectada bajo el tratamiento con *R. communis* en dosis de 5 mL.L⁻¹ de agua (3,9%). Aunque los tratamientos con azadiractina y *P. alliacea* en dosis de 15 mL.L⁻¹ de agua no difirieron de *J. curcas* en la misma dosificación, bajo este último tratamiento hubo mayor mortalidad de larvas a las 24 h (16,6%) comparado con la observada en azadiractina (1,4%) y la detectada en *P. alliacea* en dosis de 15 mL.L⁻¹ de agua (6,9%) (Fig. 1). Adicionalmente, el aceite de *J. curcas* en dosis de 15 mL.L⁻¹ de agua a las 48 y 72 h, mostró la mayor mortalidad con valores que alcanzaron 34 y 50%, respectivamente (Fig. 1).

Efecto antialimentario. El Índice de Inhibición Alimentaria en larvas de *S. frugiperda* resultó significativamente superior cuando se les ofreció hojas de maíz tratadas con cipermetrina, así como con las tres concentraciones de *P. alliacea*, con *R. graveolens* en dosis de 10 y 15 mL.L⁻¹ de agua y con *R. communis* en dosis de 15 mL.L⁻¹ de agua (Tabla 2).

Peso de larvas. El peso de las larvas sobrevivientes también fue afectado por el tratamiento que recibió la hoja de la que se alimentó (Tabla 2). El aumento del peso no pareció ser afectado por hojas de maíz tratadas con *E. globulus* a dosis de 5 y 10 mL.L⁻¹ de agua y con azadiractina, mientras que, en el resto de los tratamientos, ese peso resultó inferior, cuyos valores más bajos se detectaron en larvas alimentadas sobre hojas tratadas con *P. alliacea* a concentraciones de 10 y 15 mL.L⁻¹ de agua y con *R. communis* en dosis de 15 mL.L⁻¹ de agua (Tabla 2).

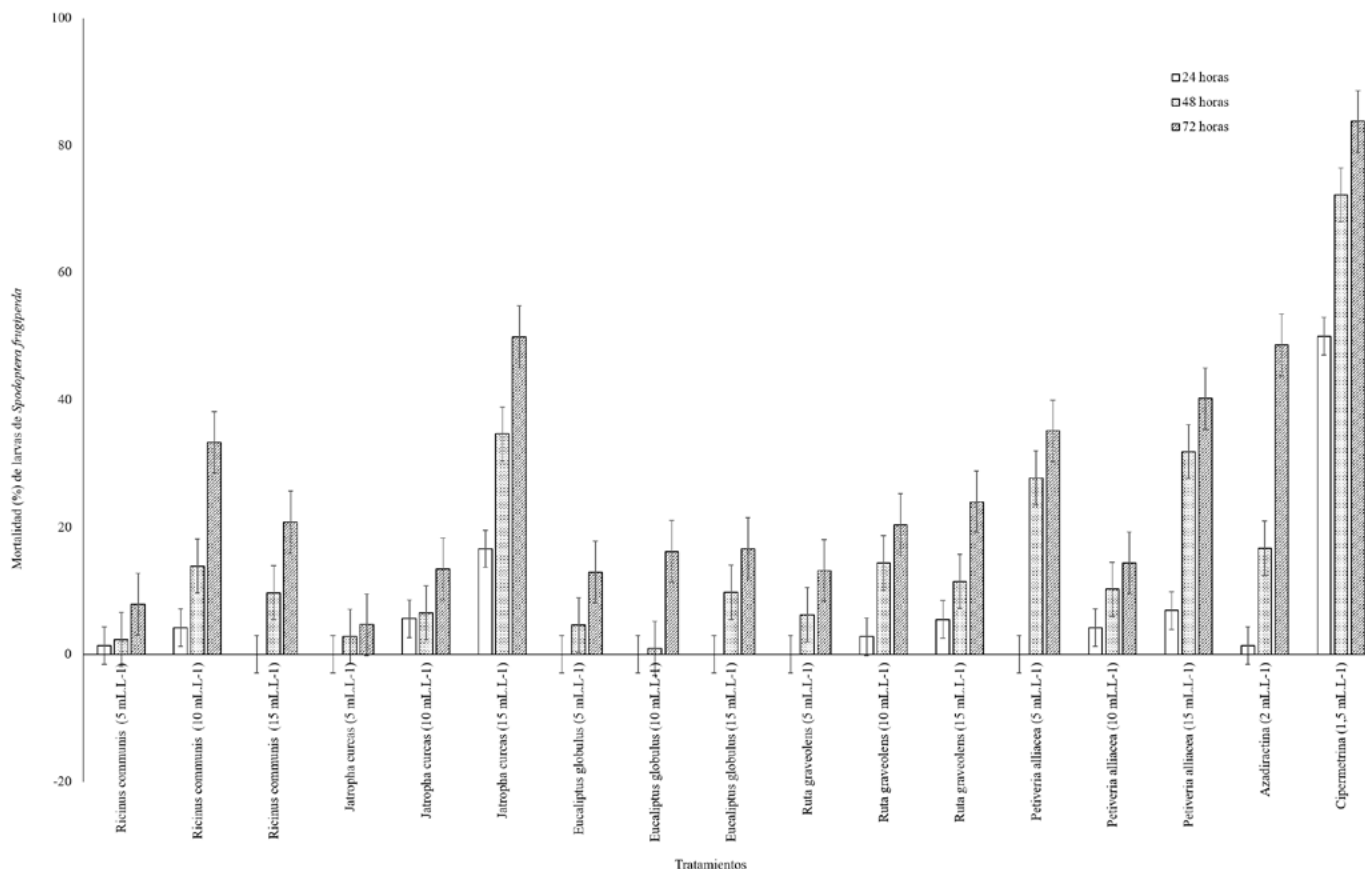


Figura 1. Mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* Smith causada por los diferentes tratamientos a las 24, 48 y 72 h después de la aspersión.

Tabla 2. Promedio de la mortalidad (%), del Índice de Inhibición Alimentaria (%IIA) y del peso de larvas de *Spodoptera frugiperda* Smith en los tratamientos evaluados.

Tratamiento	%Mortalidad	%IIA	Peso Larva
Azadiractina 2 mL.L ⁻¹ de agua	22,2 bc	74,53 ab	0,0691 ab
Cipermetrina 1,5 mL.L ⁻¹ de agua	68,7 a	97,61 a	0,0627 bc
<i>Eucalyptus globulus</i> 5 mL.L ⁻¹ de agua	5,8 d	43,96 bc	0,0718 a
<i>Eucalyptus globulus</i> 10 mL.L ⁻¹ de agua	5,7 d	44,47 bc	0,0709 a
<i>Eucalyptus globulus</i> 15 mL.L ⁻¹ de agua	8,8 cd	67,32 b	0,0673 bc
<i>Jatropha curcas</i> 5 mL.L ⁻¹ de agua	2,5 e	45,11 bc	0,0682 bc
<i>Jatropha curcas</i> 10 mL.L ⁻¹ de agua	8,5 cd	40,31 bc	0,0664 bc
<i>Jatropha curcas</i> 15 mL.L ⁻¹ de agua	33,7 b	62,99 b	0,0673 bc
<i>Petiveria alliacea</i> 5 mL.L ⁻¹ de agua	21,0 bc	71,87 ab	0,0618 bc
<i>Petiveria alliacea</i> 10 mL.L ⁻¹ de agua	9,6 cd	75,07 ab	0,0563 c
<i>Petiveria alliacea</i> 15 mL.L ⁻¹ de agua	26,3 bc	76,05 ab	0,0518 c
<i>Ricinus communis</i> 5 mL.L ⁻¹ de agua	3,9 e	66,33 b	0,0673 bc
<i>Ricinus communis</i> 10 mL.L ⁻¹ de agua	17,1 bc	56,92 bc	0,0627 bc
<i>Ricinus communis</i> 15 mL.L ⁻¹ de agua	10,2 cd	78,72 ab	0,0573 c
<i>Ruta graveolens</i> 5 mL.L ⁻¹ de agua	6,5 d	68,24 b	0,0610 bc
<i>Ruta graveolens</i> 10 mL.L ⁻¹ de agua	12,5 cd	76,09 ab	0,0616 bc
<i>Ruta graveolens</i> 15 mL.L ⁻¹ de agua	13,7 cd	72,05 ab	0,0609 bc
Testigo	-	-	0,0709 a
CV	22,99	16,98	13,18

Medias con igual letra no son significativamente diferentes ($p < 0,05$). Comparaciones realizadas con la prueba de Fisher.

De acuerdo con los resultados, tres formulados botánicos mostraron mayor actividad insecticida sobre larvas de *S. frugiperda*. Por un lado, aceites extraídos de semillas de *J. curcas* a una concentración de 15 mL.L⁻¹ de agua causaron la segunda mortalidad de larvas más alta después del insecticida sintético, lo que comenzó a ser notorio desde las 24 h e incrementó hasta las 72 h de evaluación, superando la mortalidad observada a las 24 h en larvas tratadas con el insecticida botánico comercial a base de azadiractina.

Estos resultados son similares a los obtenidos en otras investigaciones. Esteres de forbol extraídos de semillas de *J. curcas* causaron 40% de mortalidad de larvas de *S. frugiperda* e inhibieron más del 50% del consumo de hojas de maíz en condiciones de laboratorio (Devappa *et al.* 2012). Extractos obtenidos a partir de hojas de esta misma especie causaron 60% de mortalidad cuando fueron tratadas larvas de tercer estadio de *Spodoptera litura* Fabricius, 1775 (Lepidoptera: Noctuidae) (Ingle *et al.* 2017a).

El efecto de extractos de *J. curcas* también ha sido evaluado en otras especies de plagas agrícolas detectando una actividad insecticida superior a la encontrada en este estudio. Estudios de laboratorio mostraron que aspersiones de aceites de *J. curcas* a concentración de 15% causaron el 100% mortalidad de individuos de *Aphis fabae* Scopoli, 1763 (Hemiptera: Aphididae) a las 96 h post exposición (Habou *et al.* 2011). Extractos obtenidos de la cubierta de la semilla de *J. curcas* asperjados a concentraciones de 5% y 15% causaron una mortalidad de 100% y 60% en larvas de *Plutella xylostella* L., 1758 (Lepidoptera: Plutellidae) y *Heliothis armigera*

(Hübner, 1805) (Lepidoptera: Noctuidae), en condiciones de laboratorio (Ingle *et al.* 2017b). Asimismo, las larvas de *H. armigera* alimentadas con discos de hojas de algodón asperjadas con extractos de semilla de *J. curcas* al 5% disminuyeron significativamente el peso (30%) desde las 24 hasta las 72 h de exposición (Ingle *et al.* 2017b).

La actividad insecticida de aceites de semillas de *J. curcas* fue observada sobre las especies, *Callosobruchus maculatus* Fabricius, 1775 y *Bruchidius atrolineatus* (Pic, 1921) (Coleoptera: Chrysomelidae) plagas de semillas almacenadas de *Vigna unguiculata* L. (Habou *et al.* 2014). Concentraciones de 15% mostraron que la mortalidad de adultos de ambas especies incrementó a partir de las 48 h post aplicación, hasta alcanzar más de 85% siete días después de aplicación (Habou *et al.* 2014). La eficacia de aceites extraídos de semillas de *J. curcas*, también ha sido evaluada en el laboratorio, sobre el nematodo parasito, *Haemonchus contortus* de importancia veterinaria sobre el que afectó la eclosión de los huevos (Monteiro *et al.* 2011). Por otro lado, el 100% de las larvas del mosquito transmisor de la malaria, *Anopheles gambiae* Giles, 1902 (Diptera: Culicidae) tratadas *in vitro* con extractos de hojas de esta planta murieron después de las 48 h de aspersión (Okbatinsae y Haile 2017).

En este estudio, el hidrolato a base de *P. alliacea*, y el aceite de *R. communis* en la dosis de 15 mL.L⁻¹ de agua además de causar mortalidad de larvas tuvieron efecto tanto en la inhibición de la alimentación, como en el peso de las larvas de *S. frugiperda*. Un ensayo de campo conducido en un cultivo de maíz evaluando varios formulados botánicos, mostró 80%

de eficiencia para el control de *S. frugiperda* de un tratamiento a base de *P. alliacea* (Figueroa *et al.* 2019). Un experimento de laboratorio evaluó el efecto de varios macerados de plantas sobre *S. frugiperda* en el preparado con raíces de *P. alliacea* que causaron mortalidad en el 98% de las larvas evaluadas (Tagliari *et al.* 2010). La actividad insecticida de formulados a base *P. alliacea* ha sido reportada para otras especies de plagas agrícolas. Extractos de semillas de *P. alliacea* aplicados a una concentración del 10% causaron una mortalidad aproximadamente 40% sobre larvas de *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) y una inhibición alimentaria que superó el 80% (Barreto *et al.* 2012).

Petiveria alliacea también ha mostrado efectividad en el control de otras plagas insectiles. Un experimento de campo conducido en *V. unguiculata* en Ogbomoso, Nigeria, evaluó entre los tratamientos el efecto de extractos de hojas de *P. alliacea* sobre las densidades poblacionales del trips de las flores, *Megalurothrips sjostedti* (Trybom, 1908) (Thysanoptera: Thripidae), el barrenador de la vaina de las leguminosas, *Maruca vitrata* Fabricius, 1787 (Lepidoptera: Crambidae) y la chinche, *Riptortus dentipes* Fabricius, 1787 (Hemiptera: Alydidae). Para las tres plagas evaluadas, el número de individuos disminuyó de 1 a 0 individuos desde la primera a la cuarta semana post tratamiento en parcelas tratadas con *P. alliacea* al 20% sin diferencias con las parcelas que fueron asperjadas con el insecticida sintético a base de deltametrina (Olaitan y Abiodun 2011). Al igual que *J. curcas*, *P. alliacea* muestra propiedades antihelmínticas. Un estudio de laboratorio realizado para evaluar el efecto de extractos botánicos sobre nematodos ciatostominos parásitos de equinos mostraron más del 90% de inhibición en la eclosión de huevos cuando se aplicó *P. alliacea* una concentración de 75 µg.mL⁻¹ o superior (Flota-Burgos *et al.* 2017).

En cuanto a *R. communis*, en un ensayo ejecutado en el estado de Puebla, México en maíz, fue registrada la disminución de un 67% del daño foliar causado por *S. frugiperda* cuando se aplicaron extractos de hojas al 30% de esta especie de planta (Ortiz-García *et al.* 2018). Extractos acuosos provenientes de frutos verdes de *R. communis* al 10% mostraron bioactividad, sobre el peso de larvas y pupas de *S. frugiperda* criadas en dieta artificial en condiciones de laboratorio (Santiago *et al.* 2008).

La actividad insecticida de estas plantas se atribuye a componentes almacenados en sus diferentes órganos. En el caso de *J. curcas*, extractos y ésteres de forbol del aceite de la semilla han sido señalados como protectores promisorios contra una gama de insectos plagas antes y después de la cosecha en una variedad de cultivos (Kumar y Tewari 2015; Ingle *et al.* 2017b). En cuanto a *P. alliacea*, se han aislado algunos compuestos bioactivos incluidos esteroides, terpenoides, saponinas, polifenoles, taninos, flavonoides, cumarinas y alcaloides (Luz *et al.* 2016), mientras que en semillas de *R. communis* existen, aceite de ricino, ricina, los alérgenos proteicos Ric c1 y Ric c3 y ricinina con actividades bioinsecticidas (Ramos-López *et al.* 2010).

Dado los efectos adversos de uso indiscriminado de los plaguicidas órgano sintéticos, los formulados de origen botánico han incrementado su uso en los últimos años comparado con otras técnicas no convencionales (Figueroa *et al.* 2019). A pesar de la actividad insecticida demostrada para el control de *S. frugiperda* y otras especies plagas, la utilización de compuestos botánicos para el control no se ha consolidado como técnica de manejo. Los resultados obtenidos abren las

posibilidades a evaluar otras concentraciones, mezclas de compuestos botánicos o la evaluación de su combinación con otras alternativas racionales en el manejo integrado de plagas. Todo con el fin de disminuir el uso frecuente de plaguicidas órgano sintéticos que tanto impactan sobre el equilibrio del agroecosistema, el ambiente en general y disminuir el riesgo de los efectos sobre la salud humana.

Conclusiones

El formulado botánico que causó la mayor mortalidad sobre larvas de *Spodoptera frugiperda* fue el aceite de semillas de *Jatropha curcas* en dosis de 15 mL.L⁻¹ de agua mientras que concentraciones de 10 y 15 mL.L⁻¹ de agua de hidrolato de *Petiveria alliacea*, así como *Ricinus communis* (15 mL.L⁻¹ de agua) tuvieron un efecto antialimentario similar al testigo químico y afectaron el peso de las larvas de esta plaga demostrando la actividad insecticida de estos formulados botánicos.

Literatura citada

- ABBOTT, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18 (2): 265-267. <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>
- BARRETO, E. D.; GARCÍA-MATEOS, M. R.; YBARRA-MONCADA, M. C.; LUNA-MORALES, C.; MARTÍNEZ-DAMIÁN, M. T. 2012. Propiedades entomotóxicas de los extractos vegetales de *Azardichia indica*, *Piper auritum* y *Petiveria alliacea* para el control de *Spodoptera exigua* Hübner. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18 (1): 55-69. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2012000100004
- CANTÓ-TEJERO, M.; GUIRAO, P.; PASCUAL-VILLALOBOS, M. J. 2017. El uso de aceites esenciales como insecticidas y repelentes de pulgones. *Boletín SEEA* 2: 17-18. <http://seea.es/pdf/17%20Aceites%20esenciales%20contra%20pulgones.pdf>
- CHIMWETA, M.; NYAKUDYA, I. W.; JIMU, L.; BRAY MASHINGAIDZE, A. 2020. Fall armyworm [*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)] damage in maize: management options for flood-recession cropping smallholder farmers. *International Journal of Pest Management* 66 (2): 142-54. <https://doi.org/10.1080/09670874.2019.1577514>
- DEVAPPA, R.K.; ANGULO-ESCALANTE, M.A.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. 2012. Potential of using phorbol esters as an insecticide against *Spodoptera frugiperda*. *Industrial Crops and Products* 38: 50-53. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.01.009>
- DI RIENZO, J. A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M. G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C. W. 2019. InfoStat versión 2019. Centro de Transferencia InfoStat, FCA. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar> [Fecha de revisión: 21 octubre 2021].
- FIGUEROA, A. M.; CASTRO, E. A.; CASTRO, H. T. 2019. Efecto bioplaguicida de extractos vegetales para el control de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz (*Zea mays*). *Acta Biológica Colombiana* 24 (1): 58-66. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v24n1.69333>
- FLOTA-BURGOS, G. J.; ROSADO-AGUILAR, J. A.; RODRÍGUEZ-VIVAS, R. I.; ARJONA-CAMBRANES, K. A. 2017. Anthelmintic activity of methanol extracts of *Diospyros anisandra* and *Petiveria alliacea* on cyathostomin (Nematoda: Cyathostominae) larval development and egg hatching. *Veterinary Parasitology* 248: 74-79. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2017.10.016>
- GARCÍA, V.; VILLIR, L.; SOTO, G.; BACCA, T. 2014. Efecto insecticida de productos alternativos en *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Revista Colombiana de*

- Entomología 40 (2): 143-147. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882014000200002
- HABOU, Z.; HAUGUI, A.; BASSO, A.; ADAM, T.; HAUBRUGE, E.; VERHEGGEN, F. J. 2014. Insecticidal effect of *Jatropha curcas* L. seed oil on *Callosobruchus maculatus* Fab and *Bruchidius atrolineatus* Pic (Coleoptera: Bruchidae) on stored cowpea seeds (*Vigna unguiculata* L. Walp.) in Niger. African Journal of Agricultural Research 9 (32): 2506-2510. <https://doi.org/10.5897/AJAR2013.7578>
- HABOU, Z.; HAUGUI, A.; MERGEAI, G.; HAUBRUGE, E.; TOUDOU, A.; VERHEGGEN, F. 2011. Insecticidal effect of *Jatropha curcas* oil on the aphid *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae) and on the main insect pests associated with cowpeas (*Vigna unguiculata*) in Niger. Tropicicultura 29 (4): 225-229. <http://www.tropicicultura.org/text/v29n4/225.pdf>
- INGLE, K. P.; DESHMUKH, A. G.; PADOLE, D. A.; DUDHARE, M. S.; MOHARIL, M. P.; VC, K. 2017a. Bioefficacy of crude extracts from *Jatropha curcas* against *Spodoptera litura*. Journal of Entomology and Zoology Studies 5 (1): 36-38. <https://www.entomoljournal.com/archives/2017/vol5issue1/PartA/5-1-16-597.pdf>
- INGLE, K. P.; DESHMUKH, A. G.; PADOLE, D. A.; MAHENDRA, S.; MOHARIL, M. P.; V. C.; K. 2017b. Screening of insecticidal activity of *Jatropha curcas* (L.) against diamond back moth and *Helicoverpa armigera*. Journal of Entomology and Zoology Studies 5 (1): 44-50. <https://www.entomoljournal.com/archives/2017/vol5issue1/PartA/5-1-40-257.pdf>
- KUMAR, A.; TEWARI, S. K. 2015. Origin, distribution, ethnobotany and pharmacology of *Jatropha curcas*. Research Journal of Medicinal Plant 9 (2): 48-59. <https://doi.org/10.3923/rjmp.2015.48.59>
- LUZ, D. A.; PINHEIRO, A. M.; SILVA, M. L.; MONTEIRO, M. C.; PREDIGER, R. D.; MAIA, C. S.; FONTES-JÚNIOR, E. A. 2016. Ethnobotany, phytochemistry and neuropharmacological effects of *Petiveria alliacea* L. (Phytolaccaceae): A review. Journal of Ethnopharmacology 185: 182-201. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2016.02.053>
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (MAG). 2019. Boletín situacional maíz duro seco. Disponible en: <http://sipa.agricultura.gob.ec> [Fecha de revisión: 21 octubre 2021].
- MARTÍNEZ, N. 2010. Manejo integrado de plagas: una solución a la contaminación ambiental. Comunidad y Salud 8 (1): 73-82. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=375740246010>
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (MAG). 2020. Sistema de información pública agropecuaria. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec> [Fecha de revisión: 21 octubre 2021].
- MONTEIRO, M. V. B.; BEVILAQUA, C. M. L.; MORAIS, S. M.; ANDRADE, L. K.; CAMURCA-VASCONCELOS, A. L. F.; CAMPELLO, C. C.; RIBEIRO, W. L. C.; MESQUITA, M. D. A. 2011. Anthelmintic activity of *Jatropha curcas* L. seeds on *Haemonchus contortus*. Veterinary Parasitology 182 (2-4): 259-263. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.04.010>
- MONTEZANO, D. G.; SPECHT, A.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; ROQUE-SPECHT, V. F.; SOUSA-SILVA, J. C.; PAULA-MORAES, S. V.; PETERSON, J.A.; HUNT, T. E. 2018. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. African Entomology 26 (2): 286-300. <https://doi.org/10.4001/003.026.0286>
- MORALES, P.; NOGUERA, I.; ESCALONA, E.; FONSECA, O.; ROSALES, C.; SALAS, B.; RAMOS, F.; SANDOVAL, E.; CABAÑAS, W. 2010. Sobrevivencia larval de *Spodoptera frugiperda* Smith con dietas artificiales bajo condiciones de laboratorio. Agronomía Tropical 60 (4): 375-380. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2010000400007
- OKBATINSAE, G.; HAILE, A. 2017. In vitro studies of larvicidal effects of some plant extracts against *Anopheles gambiae* larvae (Diptera: Culicidae). Journal of Medicinal Plants Research 11 (4): 66-72. <https://doi.org/10.5897/JMPR2016.6165>
- OLAITAN, A. F.; ABIODUN, A. T. 2011. Comparative toxicity of botanical and synthetic insecticides against major field insect pests of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Journal of Natural Product and Plant Resources 1 (3): 86-95. <https://www.scholarsresearchlibrary.com/articles/comparative-toxicity-of-botanical-and-synthetic-insecticides-against-major-field-insect-pests-of-cowpea-vigna-unguiculata.pdf>
- ORTIZ-GARCÍA, K. P.; ARAGÓN-GARCÍA, A.; PÉREZ-TORRES, C.; JUÁREZ-RAMÓN, D.; LÓPEZ-OLGUÍN, J. F. 2018. Efecto de extractos vegetales y hongos entomopatógenos para el control de *Spodoptera frugiperda*, Smith (Lepidoptera: Noctuidae) en cultivo de maíz. Entomología Mexicana 5: 136-140.
- RAMOS-LÓPEZ, M. A.; PEREZ, S.; RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, C.; GUEVARA-FEFER, P.; ZAVALA-SÁNCHEZ, M. A. 2010. Activity of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). African Journal of Biotechnology 9 (9): 1359-1365. <https://doi.org/10.5897/AJB10.1621>
- RINGUELET, J.; OCAMPO, R.; HENNING, C.; PADÍN, S.; URRUTIA, M.; DAL BELLO, G. 2014. Actividad insecticida del aceite esencial de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown sobre *Tribolium castaneum* Herbst. en granos de trigo (*Triticum aestivum* L.). Revista Brasileira de Agroecología 9 (2): 214-222. <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/15442/0>
- ROMO-ASUNCIÓN, D.; MARTÍNEZ-GONZÁLES, D. E.; VÁSQUEZ-MARTINEZ, B.; RAMOS-LOPÉZ, M. A.; FIGUEROA-BRITO, R.; FLORES-MACÍAS, A.; REA-LÓPEZ, M. A.; RODRÍGUEZ-MUÑOZ, M. E. 2015. Compuestos botánicos como alternativa para el manejo del gusano cogollero del maíz. Nthe 13: 21-34. https://www.researchgate.net/publication/308087672_Compuestos_botanicos_como_alternativa_para_el_manejo_del_gusano_cogollero_del_maiz
- ROSSETTI, M. R.; DEFAGÓ, M. T.; CARPINELLA, M. C.; PALACIOS, S. M.; VALLADARES, G. 2008. Actividad biológica de extractos de *Melia azedarach* sobre larvas de *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina 67 (1-2): 115-25. <http://www.scielo.org.ar/pdf/rsea/v67n1-2/v67n1-2a11.pdf>
- RUSSO, S.; CABRERA, N.; CHLUDIL, H.; YABER-GRASS, M.; LEICACH, S. 2015. Insecticidal activity of young and mature leaves essential oil from *Eucalyptus globulus* Labill. against *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae). Chilean Journal Agricultural Research 75 (3): 375-379. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392015000400015>
- SANTIAGO, G.; PÁDUA, L. E.; SILVA, P. R.; CARVALHO, E. M.; MAIA, C. B. 2008. Efeitos de extratos de plantas na biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) mantida em dieta artificial. Ciências Agrárias 32 (2): 792-796. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000300013>
- SARWAR, M. 2016. A potent folklore of botanical plant materials against insect pests together with their preparations and applications. Sky Journal of Biochemistry Research 5 (4): 58-62. <http://skyjournals.org/sjbr/pdf/2016pdf/Oct/Sarwar%20pdf%20.pdf>
- SINGH, G.; SINGH, M. 2018. Seasonal incidence of different insect-pests in Kharif maize. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 7 (3): 3666-3669. <https://www.phytojournal.com/archives?year=2018&vol=7&issue=3&ArticleId=4809>
- SULONG, Y.; ZAKARIA, A. J.; MOHAMED, S.; SAJILI, M. H.; NGAH, N. 2019. Survey on Pest and disease of corn (*Zea mays* Linn.) grown at BRIS Soil Area. Journal of Agrobiotechnology 10 (1S): 75-87. <https://journal.unisza.edu.my/agrobiotechnology/index.php/agrobiotechnology/article/view/201>
- TAGLIARI, M.S.; KNAAK, N.; FIUZA, L.M. 2010. Efeito de extratos de plantas na mortalidade de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Arquivos do Instituto Biológico 77 (2): 259-264. <https://doi.org/10.1590/1808-1657v77p2592010>

- TENDENG, E.; LABOU, B.; DIATTE, M.; DJIBA, S.; DIARRA, K. 2019. The fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), a new pest of maize in Africa: biology and first native natural enemies detected. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 13 (2): 1011-1026. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v13i2.35>
- ZAMBRANO, F.; DELGADO, K.; SILVA, H.; NOMURA, R. B.; ANDRADE, D.; ZUCARELI, C. 2015. Extração e avaliação do óleo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) oriundo das cercas vivas de Manabí Equador. *Revista Brasileira de Energias Renováveis* 4 (1): 55-70. <https://doi.org/10.5380/rber.v4i1.37755>

Origen y financiación

El presente trabajo derivó de la línea de investigación en Sanidad Vegetal, el cual fue financiado por el Proyecto No. PYT1197-CONV2019-FIAG0025.

Contribución de los autores

La primera, el cuarto y la quinta autora elaboraron la dieta, criaron los insectos, realizaron los bioensayos, parte de los análisis estadísticos. La segunda autora diseñó el ensayo, realizó análisis estadísticos, así como figuras y escribió el manuscrito. El tercer autor contribuyó en el diseño del ensayo y realizó todo el proceso de preparación de los extractos. Todos los autores revisaron y aportaron al manuscrito final.

Conflictos de interés

Los autores que participaron en esta publicación hicieron contribuciones significativas al manuscrito; todos los autores están de acuerdo y expresan que no hay conflictos de intereses en este estudio.