

EFFECTO TÓXICO LETAL DE ACEITES ESENCIALES DE MYRTACEAE SOBRE *SITOPHILUS ZEAMAI* MOTSCHULSKY EN CONDICIONES DE LABORATORIO

Lethal toxic effect of essential oils of Myrtaceae on *Sitophilus zeamais* Motschulsky under laboratory conditions

¹Erislandy José Becerra Fonseca¹, ²Cecil González Suárez², ³Moraima Suris Campos²,
⁴Heyker Lellani Baños Díaz², ⁵Yhosvanni Pérez Rodríguez³, ⁶Oriela Pino Pérez^{2*}

¹Departamento de Ciencias Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca, Pinar del Río, Cuba.

²Departamento de Sanidad Vegetal. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), Apartado 10, San José de las Lajas, CP 32700, Mayabeque, Cuba.

³Centro de Estudios para la Transformación Agraria y Sostenible (CETAS). Universidad de Cienfuegos, Cuba.

RESUMEN: Se evaluó el efecto de los aceites de Myrtaceae de las especies *Callistemon speciosus* (Sims) Colvill ex Sweet, *Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill & L. A. S. Johnson, *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus deglupta* Blume, *Eucalyptus robusta* Sm., *Eucalyptus saligna* Sm., *Eugenia asperifolia* O. Berg, *Eugenia axillaris* (Sw.) Willd, *Eugenia cristata* C. Wright, *Eugenia farameoides* A. Rich., *Eugenia monticola* (Sw.) DC, *Eugenia rhombea* (O. Berg) Krug & Urb., *Eugenia uniflora* L., *Myrcia decandra* (Griseb.) Z. Acosta & Samra, *Myrciaria floribunda* (Willd.) O. Berg, *Psidium cattleianum* Sabine, *Psidium montanum* Sw. y *Syzygium cumini* (L.) Skeels sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky. Se determinó la toxicidad por contacto directo y el efecto fumigante de estos aceites esenciales sobre adultos de *S. zeamais* en condiciones de laboratorio; el aceite esencial de *Rosmarinus officinalis* L. se utilizó como control positivo. En los ensayos de toxicidad directa por contacto, los granos de maíz se mezclaron con los aceites usando material inerte y se infestaron con adultos del coleóptero. Los aceites de *C. speciosus* y *C. citriodora* provocaron, por efecto fumigante, las mortalidades más altas; excepto *R. officinalis*, el resto de los aceites no superó el 20 % de mortalidad del coleóptero. Todos los aceites, excepto el de *E. asperifolia* provocaron, por contacto, una mortalidad superior al 40 %. Superaron el 90 % de mortalidad los aceites de *C. speciosus* y *E. robusta*. Estos resultados indican que el aceite de *C. speciosus* es un candidato promisorio para desarrollar un insecticida y manejar poblaciones de *S. zeamais* en instalaciones de almacenamiento.

Palabras clave: bioplaguicidas, efecto insecticida, Myrtaceae, coleóptero.

ABSTRACT: The effect of essential oils from the Myrtaceae species *Callistemon speciosus* (Sims) Colvill ex Sweet, *Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill & L. A. S. Johnson, *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus deglupta* Blume, *Eucalyptus robusta* Sm., *Eucalyptus saligna* Sm., *Eugenia asperifolia* O. Berg, *Eugenia axillaris* (Sw.) Willd, *Eugenia cristata* C. Wright, *Eugenia farameoides* A. Rich., *Eugenia monticola* (Sw.) DC, *Eugenia rhombea* (O. Berg) Krug & Urb., *Eugenia uniflora* L., *Myrcia decandra* (Griseb.) Z. Acosta & Samra, *Myrciaria floribunda* (Willd.) O. Berg, *Psidium cattleianum* Sabine, *Psidium montanum* Sw., and *Syzygium cumini* (L.) Skeels was evaluated against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. Contact toxicity and fumigant effects of these essential oils were determined on adult *S. zeamais* under laboratory conditions; the essential oil of *Rosmarinus officinalis* L. was used as a positive control. In direct contact toxicity assays, maize grains were mixed with the oils using inert material and subsequently infested with adult weevils. *C. speciosus* and *C. citriodora* produced the highest mortality rates via fumigant action; except for *R. officinalis*, the remaining oils did not exceed 20% mortality. All oils, except *E. asperifolia*, caused more than 40% mortality by contact. Mortality exceeded 90% with *C. speciosus* and *E. robusta*. These results indicate that the essential oil of *C. speciosus* is a promising candidate for the development of an insecticide to manage *S. zeamais* populations in storage facilities.

Keywords: biopesticides, insecticidal effect, Myrtaceae, coleopteran.

*Autor para correspondencia: oriela@censa.edu.cu

Recibido: 05/12/2025

Aceptado: 17/02/2026

Conflicto de intereses: los autores declaran no tener conflicto de intereses

Contribución de los autores: Investigación, Redacción - borrador original, Redacción - revisión y edición: Erislandy José Becerra Fonseca.

Investigación: Cecil González Suárez. **Metodología, Validación:** Moraima Suris Campos. **Investigación, Supervisión:** Heyker Lellani Baños Díaz.

Análisis formal, Metodología: Yhosvanni Pérez Rodríguez. **Conceptualización, Supervisión, Curación de datos, Análisis formal, Metodología,**

Redacción - revisión y edición: Oriela Pino Pérez.



INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) desempeña una función clave y, cada vez mayor, en los sistemas agroalimentarios mundiales, asociado al consumo directo por la población y a su utilización en la alimentación animal; por su valor nutritivo, contribuye a la seguridad alimentaria y se espera que sus usos continúen diversificándose (1). La producción de este cereal aumenta todos los años, asociado al incremento de la superficie dedicada al cultivo, impulsado por la demanda, y al aumento en los rendimientos. El maíz es un cultivo tradicional para la alimentación en Cuba, la semilla constituye parte de la dieta básica de la población y sus usos son disímiles en todas las regiones del país (2).

En los trópicos, el clima favorece la proliferación de insectos dentro de los almacenes por los altos valores de temperatura y humedad; las pérdidas por plagas pueden alcanzar el 40 % de los granos y, al menos, 70 mil millones de dólares anuales (3). Los granos de maíz almacenados son susceptibles al ataque de insectos plagas; entre ellos, se destaca *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). Es una plaga frecuente en granos almacenados, que deteriora su calidad, contribuye a su contaminación, reduce la capacidad de germinación y ocasiona daños significativos a las semillas almacenadas. En consecuencia, provoca pérdidas económicas tanto para los productores durante el almacenamiento como para la industria alimentaria en general (4).

En Cuba, las pérdidas en granos de maíz almacenado están relacionadas con el orden Coleoptera, se manifiestan altas poblaciones de *S. zeamais* en todas las regiones del país (5). Estudios etológicos, sobre la entomofauna asociada a los almacenes de alimentos, evidenciaron la incidencia de *S. zeamais* en granos de maíz en instalaciones en Las Tunas (6).

La principal medida de control de insectos en almacenes lo constituyen pulverizaciones o nebulizaciones con químicos sintéticos; entre ellos, la fosfamina. Estos compuestos inducen el desarrollo de resistencia en los insectos plagas y su utilización representa un riesgo para la salud del consumidor final, al impactar, de forma negativa, en la inocuidad de los alimentos y provocar la contaminación ambiental (7). Lo anterior obliga a buscar nuevas alternativas para el manejo de estas plagas, que presenten eficacia similar a la de los productos convencionales y a la vez disminuyan los peligros que estos acarrear.

En los últimos años, especies botánicas ricas en aceites esenciales se evaluaron como plaguicidas botánicos potenciales; dentro de estas, las pertenecientes a la familia Myrtaceae evidenciaron actividad insecticida y podrían ser valoradas, como alternativa ecológica, en el control de insectos fitófagos (8). En Cuba, la actividad biológica sobre coleópteros durante el almacenamiento de granos de *Z. mays* ha sido poco estudiada; para incorporar productos basados en aceites esenciales como alternativas ecológicas de manejo de *S. zeamais*, es necesario realizar investigaciones que establezcan el efecto de los aceites esenciales cubanos sobre este insecto. El objetivo de la investigación fue determinar el efecto tóxico letal de aceites esenciales, obtenidos de especies de Myrtaceae, sobre adultos de *S. zeamais*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectó material vegetal de 18 especies pertenecientes a la familia Myrtaceae en diferentes localidades de la provincia de Cienfuegos (Tabla 1). La recolecta de cada planta se realizó entre las 8:00 y 11:00 a.m., coincidiendo con su etapa de floración. Se recolectaron, al azar, hojas maduras, sin daños visibles, en distintas posiciones alrededor del tallo, considerando los puntos cardinales. Las plantas se identificaron en el Jardín Botánico de Cienfuegos mediante comparación con las colecciones del Herbario del jardín, y/o con las descripciones botánicas en la literatura. Muestras de las distintas especies vegetales recolectadas (Tabla 1) se depositaron en el Herbario del Jardín Botánico de Cienfuegos.

El material vegetal recolectado se lavó con abundante agua corriente hasta eliminar las impurezas externas visibles y se enjuagó con agua destilada. La extracción del aceite esencial se realizó por hidrodestilación con equipo Clevenger durante tres horas (9). Cada aceite se secó sobre sulfato de sodio y se almacenó a 4°C, hasta la ejecución de los bioensayos.

Los insectos utilizados en los bioensayos provinieron de una cría masiva establecida en el Laboratorio de Entomología, del Departamento de Sanidad Vegetal del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (22°59'29.1"N; 82°09'12.3"W). Estos se alimentaron con granos de maíz cultivar 'Tusón'. Los experimentos se realizaron durante los meses comprendidos entre enero de 2023 y febrero de 2024; la temperatura promedio fue de 27,18°C ± 2,19°C y la humedad relativa de 68,27 ± 7,44 %, medidas con un Termohigrómetro digital (Testo 608-H2).

Evaluación de toxicidad letal fumigante de aceites esenciales sobre adultos de *S. zeamais*

Con un diseño completamente al azar, se evaluaron los aceites esenciales mencionados, un control positivo con aceite esencial de *Rosmarinus officinalis* L. y un control negativo (sin aplicar aceite). Cada aceite esencial se aplicó a un disco de papel de filtro previamente ubicado en la cara interior de la tapa de un frasco de vidrio de 20 ml. El volumen de aceite aplicado fue de 4 µl, equivalente a una concentración de 200 µl.L⁻¹ de aire. Al mismo tiempo, se colocaron 10 adultos dentro del frasco correspondiente que contenía 5 g de dieta (granos de maíz). Por último, se ubicó una malla en la boca del frasco para prevenir el contacto directo de los insectos con el aceite y se cerró con la tapa y el papel de filtro en su cara interior.

Cada tratamiento se estableció con siete réplicas y el experimento completo se repitió tres veces en el tiempo. La cantidad de insectos vivos y muertos se contabilizó a las 72 h de realizada la aplicación y se calculó la mortalidad correspondiente.

Evaluación de la toxicidad letal por contacto de aceites esenciales sobre los adultos de *S. zeamais*

Para evaluar el efecto tóxico letal por contacto, se siguió un diseño completamente al azar, se evaluaron los aceites esenciales mencionados, un control con mineral no metálico (1 %), un control negativo (sin el mineral, ni aceite) y dos controles positivos (Protect It y aceite esencial de *R. officinalis*).

Tabla 1. Datos del material vegetal recolectado de especies de la familia Myrtaceae en Cienfuegos, Cuba / Data of the plant material collected from species of the family Myrtaceae in Cienfuegos, Cuba.

Nombre científico (nombre común)	Lugar de recolecta	Fecha	No. Inventario de Herbario
<i>Callistemon speciosus</i> (Sims) Colvill ex Sweet (Callistemon)	Cuatro Vientos - Mayarí - Buenos Aires, Cumanayagua, Cienfuegos, (Lat. 21.989.141; Long. -80.273.097)	24/06/2023	9743
<i>Corymbia citriodora</i> (Hook.) K. D. Hill & L. A. S. Johnson (Eucalipto limón)	Cuatro Vientos - Mayarí - Buenos Aires, Cumanayagua, Cienfuegos (Lat. 21.989.141; Long. -80.273.097)	23/06/2023	9744
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh (Eucalipto)	Cuatro Vientos - Mayarí - Buenos Aires, Cumanayagua, Cienfuegos (Lat. 22.029.988; Long. -80.135.941)	24/06/2023	9745
<i>Eucalyptus deglupta</i> Blume (Eucalipto)	Cuatro Vientos - Mayarí - Buenos Aires, Cumanayagua, Cienfuegos (Lat. 22.029.988; Long. -80.135.941)	23/06/2023	9746
<i>Eucalyptus robusta</i> Sm (Eucalipto)	Cuatro Vientos - Mayarí - Buenos Aires, Cumanayagua, Cienfuegos (Lat. 22.029.988; Long. -80.135.941)	23/06/2023	9748
<i>Eucalyptus saligna</i> Sm. (Eucalipto)	Cuatro Vientos - Mayarí - Buenos Aires, Cumanayagua, Cienfuegos (Lat. 22.029.988; Long. -80.135.941)	24/06/2023	9747
<i>Eugenia asperifolia</i> O. Berg (Guayraje)	Jardín Botánico Cienfuegos, Cienfuegos (Lat. 22.124.062; Long. -80.307.230)	14/06/2023	9726
<i>Eugenia axillaris</i> (Sw.) Willd (Guayraje)	Cuatro Vientos - Mayarí - Buenos Aires, Cumanayagua, Cienfuegos (Lat. 22.029.988; Long. -80.135.941)	24/06/2023	9749
<i>Eugenia cristata</i> C. Wright (Guayraje)	Nicho, Cumanayagua, Cienfuegos (Lat. 22.029.804; Long. 80.118.781)	04/08/2023	8187
<i>Eugenia farameoides</i> A. Rich. (Guayraje)	Río San Juan, Guajimico, Cumanayagua, Cienfuegos (Lat. 21.921.903; Long. -80.301.583)	24/06/2023	8187
<i>Eugenia monticola</i> (Sw.) DC. (Guayraje)	Cuatro Vientos - Mayarí - Buenos Aires, Cumanayagua, Cienfuegos (Lat. 22.029.988; Long. -80.135.941)	23/06/2023	9750
<i>Eugenia rhombea</i> (O. Berg) Krug & Urb. (Guayraje)	Castillo de Jagua, Calicito, Cienfuegos (Lat. 22.091.673; Long. -80.487.378)	29/07/2023	8189
<i>Eugenia uniflora</i> L. (Cerezo de Cayena o Cerezo de Surinam)	Jardín Botánico Cienfuegos, Cienfuegos (Lat. 22.124.062; Long. -80.307.230)	14/06/2023	9727
<i>Myrcia decandra</i> (Griseb.) Z. Acosta & Samra (Caliptrantes)	Castillo de Jagua, Calicito, Cienfuegos (Lat. 22.091.673; Long. -80.487.378)	29/07/2023	8190
<i>Myrciaria floribunda</i> (Willd.) O. Berg (Guayraje)	Jardín Botánico Cienfuegos, Cienfuegos (Lat. 22.124.062; Long. -80.307.230)	14/06/2023	9728
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine (Guayabita cereza o Guayabita fresa)	Nicho, Cumanayagua, Cienfuegos (Lat. 22.029.988; Long. -80.135.941)	04/08/2023	8193
<i>Psidium montanum</i> Sw. (Guayabita de montaña)	Nicho, Cumanayagua, Cienfuegos (Lat. 22.029.988; Long. -80.135.941)	04/08/2023	8191
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels (Pomarrosa)	Nicho, Cumanayagua, Cienfuegos (Lat. 22.029.988; Long. -80.135.941)	04/08/2023	8194

Los aceites se aplicaron mezclados con un mineral no metálico (MI). En todos los casos se aplicó este material al 1 % del peso de los granos y 4 µl del aceite correspondiente. Se agregaron 5 g de maíz y se agitó el contenido del frasco hasta que el tratamiento cubrió uniformemente los granos. Después, 10 adultos se colocaron dentro de cada frasco y este se cerró.

Cada tratamiento se estableció con siete réplicas, y el experimento completo se repitió tres veces en el tiempo. La cantidad de insectos vivos y muertos se contabilizó a las 72 h de realizada la aplicación y se calculó la mortalidad correspondiente.

Los resultados se analizaron estadísticamente mediante una comparación múltiple de proporciones, por el método de Wald para un nivel de confianza de 0,05 y se utilizó el Software estadístico CompaProWin_2.0.1 desarrollado en el CENSA (10).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de toxicidad letal fumigante de aceites esenciales sobre adultos de *S. zeamais*

La mayor actividad insecticida de los vapores sobre *S. zeamais* se evidenció con los aceites esenciales obtenidos de *C. speciosus* y *C. citriodora* (Tabla 2), que ocasionaron mortalidades del 36,67 % y 56,90 %, respectivamente; los insectos expuestos mostraron una susceptibilidad significativamente mayor al aceite de *C. citriodora*, lo que confirma su potencial como agente fumigante. Estos aceites provocaron un efecto insecticida superior al de *R. officinalis* utilizado como control positivo.

El resto de los aceites esenciales evaluados causaron mortalidades iguales o inferiores al 10 %, efecto que no difirió significativamente del obtenido con el control negativo. Las menores tasas de mortalidad correspondieron a los aceites de *E. deglupta*, *E. asperifolia*, *E. axillaris*,

E. cristata, *E. farameoides*, *E. monticola*, *E. uniflora*, *M. floribunda*, *P. cattleianum*, *P. montanum* y *S. cumini*. Estos resultados sugieren que la eficacia insecticida de los aceites esenciales es altamente dependiente de la especie vegetal de origen, lo que refleja diferencias en la composición química y en la concentración relativa de metabolitos activos.

Tabla 2. Toxicidad letal fumigante de aceites esenciales provenientes de plantas cubanas sobre adultos de *S. zeamais* / Lethal fumigant toxicity of essential oils from Cuban plants on adults of *S. zeamais*

Tratamiento	Mortalidad (%)
<i>Callistemon speciosus</i>	36,67 b
<i>Corymbia citriodora</i>	56,90 a
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	5,00 cd
<i>Eucalyptus deglupta</i>	3,39 d
<i>Eucalyptus robusta</i>	10,00 cd
<i>Eucalyptus saligna</i>	8,62 cd
<i>Eugenia asperifolia</i>	1,69 d
<i>Eugenia axillaris</i>	3,45 d
<i>Eugenia cristata</i>	3,28 d
<i>Eugenia farameoides</i>	1,69 d
<i>Eugenia monticola</i>	1,72 d
<i>Eugenia rhombea</i>	6,56 cd
<i>Eugenia uniflora</i>	3,33 d
<i>Myrcia decandra</i>	8,47 cd
<i>Myrciaria floribunda</i>	3,33 d
<i>Psidium cattleianum</i>	1,96 d
<i>Psidium montanum</i>	0,00 d
<i>Syzygium cumini</i>	1,67 d
<i>Rosmarinus officinalis</i>	23,33 b
Control Negativo	0,00 d

Valores con letras diferentes difieren estadísticamente ($p < 0,05$)

El efecto fumigante del aceite esencial de *C. speciosus* no se encontró informado con anterioridad. En su composición química se han detectado 1,8-cineol, α -pineno y limoneno (11). La mortalidad de *S. zeamais* causada por este aceite en el presente estudio, podría estar asociada a la presencia de estos compuestos en el aceite.

Los resultados obtenidos con el aceite de *C. citriodora* difieren de los publicados por Fouad *et al.* (12), que alcanzaron 100 % de mortalidad a partir de $100,64 \mu\text{L}^{-1}$ de aire en 24 h, al utilizar 20 insectos y 5 g de maíz en frascos de vidrio de 0,2 L de capacidad. También Mazzonetto *et al.* (13) describieron el uso del aceite de esta planta para la disminución de individuos vivos, así como la aparición y supervivencia de *S. zeamais*. A dosis de $7,5 \mu\text{L}^{-1}$ de aire del aceite esencial, aplicada sobre papel de filtro colocado en placas Petri sin sustrato, utilizando 10 insectos por unidad experimental, se obtienen en 24 h un 70 % de mortalidad (14). En otros estudios previos, del efecto del aceite esencial de *C. citriodora* sobre el coleóptero evaluado, se obtuvo un 100 % mortalidad con $1 \mu\text{L}$ del aceite al 1 % sin utilizar sustrato (15). En el presente estudio, la mortalidad de los insectos obtenida, con una concentración de $200 \mu\text{L}^{-1}$ de aire, resultó inferior a la informada en investigaciones precedentes. Esta diferencia podría explicarse por la variabilidad genética y fisiológica entre las poblaciones de insectos utilizadas, lo que influye en su susceptibilidad a los compuestos evaluados. Asimismo, la posible adsorción del aceite sobre el sustrato de exposición puede haber reducido

la disponibilidad efectiva del compuesto en la atmósfera, limitando su acción insecticida. Otros factores, como las condiciones ambientales durante el ensayo (temperatura, humedad relativa) y el estado fisiológico de los individuos, también podrían haber contribuido a la menor eficacia observada. En conjunto, estos elementos sugieren que la respuesta a los tratamientos no depende, únicamente, de la concentración aplicada, sino de un conjunto de variables biológicas y físico-químicas que deben considerarse en la interpretación de los resultados.

El aceite esencial de *C. citriodora* tiene, entre sus componentes, citronelal y, en ensayos anteriores, se demostró la alta toxicidad del citronelal para *S. zeamais*, el tiempo letal para el 50 % de los insectos fue 49,22 h, a una concentración de $0,660 \mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$ (16). La presencia de este aldehído pudiera ser la causa del efecto tóxico observado para el aceite cubano.

Estudios de toxicidad fumigante con *E. camaldulensis* evidenciaron la muerte del 50 % de los adultos de *Sitophilus granarius* L., a partir del aumento de la concentración $647,32 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ de aire en un tiempo de evaluación de 24 h (17). La exposición de adultos de *Oryzaephilus surinamensis* L. y *Sitophilus oryzae* L., a una concentración de aceite de $14,71 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ de aire sin sustrato, ocasionó 100 % de mortalidad en un tiempo de 72h (18). Sin embargo, no se observaron efectos tóxicos significativos en los individuos expuestos en las condiciones del ensayo realizado, esto indica una menor susceptibilidad de *S. zeamais* al aceite aplicado.

El aceite esencial de *E. robusta* no evidenció un potencial tóxico significativo sobre *S. zeamais*. Sin embargo, la literatura consultada informa, para este compuesto, una actividad fumigante con efecto insecticida a las 24 horas, empleando una concentración final de $40 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ sobre *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) (19); los resultados obtenidos indican que el espectro de acción de sus vapores no incluye el fitófago estudiado.

Eucalyptus saligna, provocó la muerte al 65 % de los adultos luego de 168 h de exposición a dosis de $10 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ de aire (20), efecto insecticida que pudiera estar relacionado con sus componentes. *E. uniflora*, por fumigación, tiene efecto insecticida y repelente agudo sobre *S. zeamais*, contiene sesquiterpenos como componentes principales a los que se les atribuyó dicha actividad (21).

En la literatura consultada no se encontraron antecedentes sobre efectos fumigantes de los aceites esenciales de *E. deglupta*, *E. robusta*, *E. asperifolia*, *E. axillaris*, *E. cristata*, *E. farameoides*, *E. monticola*, *E. rhombea*, *M. decandra*, *M. floribunda*, *P. cattleianum*, *P. montanum* y *S. cumini* sobre *S. zeamais*. En contraste, los aceites de *C. speciosus* y *C. citriodora* mostraron un efecto fumigante destacado, lo que permite considerarlos como candidatos más apropiados para el desarrollo de bioplaguicidas por fumigación, orientados a la protección de granos de maíz almacenado.

Evaluación de la toxicidad letal por contacto de aceites esenciales sobre los adultos de *S. zeamais*

Los aceites evaluados provocaron una mortalidad superior al 40 % por contacto directo, excepto el de *E. asperifolia*;

14 aceites causaron la muerte de más del 50 % de los insectos (Tabla 3). Se destacaron los aceites de *C. speciosus* y *E. robusta* que evidenciaron un efecto tóxico letal similar al Protect It; el aceite esencial de *R. officinalis* causó menor mortalidad, pero sin diferencias significativas con los tratamientos anteriores. La menor mortalidad la ocasionó el aceite de *E. asperifolia* (15,15 %), aunque el valor difirió del control negativo.

Tabla 3. Toxicidad letal por contacto de aceites esenciales provenientes de plantas cubanas sobre adultos de *S. zeamais* / Lethal contact toxicity of essential oils from Cuban plants on adult *S. zeamais*

Tratamiento	Mortalidad (%)
<i>Callistemon speciosus</i>	95,92 a
<i>Corymbia citriodora</i>	75,25 c
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	50,51 ghi
<i>Eucalyptus deglupta</i>	62,63 de
<i>Eucalyptus robusta</i>	93,07 a
<i>Eucalyptus saligna</i>	70,30 cd
<i>Eugenia asperifolia</i>	15,15 i
<i>Eugenia axillaris</i>	58,82 e
<i>Eugenia cristata</i>	57,32 e
<i>Eugenia faramoides</i>	64,00 d
<i>Eugenia monticola</i>	47,52 fg
<i>Eugenia rhombea</i>	78,22 c
<i>Eugenia uniflora</i>	52,00 f
<i>Myrcia decandra</i>	79,00 bc
<i>Myrciaria floribunda</i>	52,94 f
<i>Psidium cattleianum</i>	41,41 g
<i>Psidium montanum</i>	60,78 de
<i>Syzygium cumini</i>	56,57 e
Control Negativo	0,00 j
Control MI	32,35 h
Protect-it*	96,97 a
<i>Rosmarinus officinalis</i>	88,89 b

Valores con letras diferentes difieren estadísticamente ($p < 0,05$)

El aceite esencial de *C. speciosus* presentó actividad insecticida por contacto sobre otros insectos fitófagos (11); sin embargo, no se encontraron antecedentes de este tipo de acción sobre el insecto, ampliando el conocimiento sobre el potencial insecticida de esta especie y su aceite esencial. Este resultado sugiere que *C. speciosus* podría constituir una fuente prometedora de compuestos bioactivos aplicables en programas de manejo integrado de plagas, especialmente en sistemas de almacenamiento de maíz.

La acción insecticida del aceite de *C. citriodora* sobre *S. zeamais* es evidente. La toxicidad por contacto observada probablemente se genere por la presencia característica de citronelal en dicho aceite (15). Este metabolito podría ser la causa del efecto insecticida, observándose durante los experimentos una permeabilidad en la cutícula, lo que deriva en la mortalidad del coleóptero. Se obtuvo un 100 % de mortalidad en especies del género *Sitophilus* (Coleoptera: Curculionidae) al aplicar 2,5 $\mu\text{l}\cdot\text{g}^{-1}$ de aceite esencial de *E. camaldulensis* sobre papa frita (22), lo que evidencia la alta eficacia de este compuesto en condiciones experimentales específicas. En contraste, Emeka *et al.* (23)

alcanzaron un 65 % de mortalidad en *Sitophilus zeamais* al emplear polvos vegetales a razón de 1 g/20 g de maíz, después de 96 horas de exposición. Estas diferencias en los porcentajes de mortalidad pueden atribuirse tanto a la naturaleza del sustrato utilizado (papa frita vs grano de maíz), como a la forma de aplicación del producto (aceite esencial vs polvo vegetal), factores que influyen, directamente, en la biodisponibilidad de los compuestos activos y en la interacción insecto-sustrato. En conjunto, los resultados sugieren que la eficacia insecticida depende no solo de la concentración aplicada, sino también de la matriz alimentaria y del modo de administración, aspectos que deben considerarse en el diseño de estrategias de control postcosecha.

El aceite de *E. saligna* presentó un porcentaje de mortalidad superior al referido por Omara *et al.* (24), quienes observaron la muerte del 50 % de los insectos en 72 horas al aplicar una dosis mayor (4 $\mu\text{l}\cdot\text{ml}^{-1}$ en 12 g de maíz). No obstante, al duplicar la dosis alcanzaron el 100% de mortalidad. Esta discrepancia podría explicarse por diferencias metodológicas entre estudios, particularmente en el origen del material vegetal utilizado; mientras que, en la investigación precedente el aceite se obtuvo a partir de polvo seco, en el presente trabajo se emplearon hojas frescas. Esta variación en la fuente de extracción puede influir, de manera significativa, en la composición química del aceite esencial, modificando la concentración relativa de metabolitos secundarios y, en consecuencia, su efecto biológico observado sobre los insectos.

Los aceites esenciales de *C. speciosus* y *C. citriodora* resultaron tóxicos para *S. zeamais*, tanto por contacto como fumigante. Los resultados obtenidos permiten proponer estos aceites para el desarrollo de nuevos bioplaguicidas para el control de la plaga en almacén. Mantener los granos almacenados para la producción agrícola es un desafío. Estudios posteriores deberán profundizar en las dosis y frecuencia de aplicación necesarias para el manejo de este insecto en condiciones de almacenamiento

La mayoría de los aceites obtenidos de especies de la familia Myrtaceae representan una alternativa prometedora para el tratamiento de las semillas de maíz frente a la infestación de *S. zeamais*, mediante aplicación por contacto directo y/o fumigante. Su uso ofrece un efecto protector que contribuye a reducir las pérdidas postcosecha. A la vez, estos compuestos perfilan como una herramienta primaria dentro de los programas de Manejo Integrado de coleópteros plaga, favoreciendo el desarrollo sustentable y reduciendo la dependencia de insecticidas sintéticos.

CONCLUSIONES

Los aceites esenciales de *C. speciosus* y *C. citriodora* son candidatos prometedores para el desarrollo de insecticidas naturales para el control de *S. zeamais* mediante aplicación por contacto directo y/o fumigante, sentando las bases para futuras investigaciones sobre dosis y formulaciones en condiciones de almacenamiento. Este estudio profundiza en la comprensión de la utilidad de los insecticidas ecológicos de origen vegetal, que podrían resultar valiosos para combatir tanto las pérdidas por plagas de insectos como la contaminación ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Grupo de Plagas Agrícolas del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA) por la asistencia en la recolección y manejo de los insectos durante el desarrollo de esta investigación. Este trabajo fue posible gracias al financiamiento otorgado por el Programa Sectorial de Salud Animal y Vegetal (Proyecto Desarrollo y uso de plaguicidas de origen botánico como alternativas para el manejo de plagas en granos), cuyo respaldo resultó fundamental para la ejecución de los experimentos.

BIBLIOGRAFÍA

- Vargas JAJ. El maíz amarillo como eje de la seguridad y soberanía alimentaria en México. *Estud Soc Rev Aliment Contemp Desarro Reg.* 2024;34(63):e241395. <https://doi.org/10.24836/es.v34i63.1395>
- González EC, Valdés EMF, Domínguez YC, Reyes DM, Coro J. Efecto del cambio de la fitotecnia sobre el rendimiento del maíz en condiciones locales campesinas. *Ecovida Rev Cient Divers Biol Gest Integr.* 2019;9(1):13-23. RNPS: 2178 / ISSN. 2076-281X
- Canton H. Organisation for Economic Co-operation and Development-OECD. In: Europa Publications, editors. *The Europa Directory of International Organizations 2021.* London: Routledge; 2021. p. 677-687.
- Wanna R, Bunphan D, Kunlanit B, Khaengkhan P, Bozdoğan H. Chemical composition of essential oil from *Apium graveolens* L. and its biological activities against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Dryophthoridae). *Plants.* 2025;14, 347. <https://doi.org/10.3390/plants14030347>
- Vázquez Moreno LL. Una visión entomológica de la introducción del maíz transgénico FR Bt 1 en Cuba. En: Figueroa V, López M (Eds). *Transgénicos. ¿Qué se gana?, ¿qué se pierde?* La Habana: Editorial Científico-Técnica; 2010. p. 159-188.
- Laguna Ávila D, González Ramírez G, Espeek González A, Pupo Feria C. Insectos plaga de granos almacenados. Impacto en la seguridad alimentaria del municipio Las Tunas, Cuba. *La Técnica.* 2016;(1):23-32.
- Jayaprakas CA, Tom J, Sreejith S. Impact of insecticides on man and environment. In: Kumar A, Sharma R, editors. *Biomedical Applications and Toxicity of Nanomaterials.* Singapore: Springer Nature; 2023. p. 751-68. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-7834-0>
- Rodríguez YP, Herrera RV, González LC, Leon JOG. Myrtaceae como alternativa para el control de *Sitophilus oryzae* L. *Revista Universidad y Sociedad.* 2022;14(4): 107-116.
- International Organization for Standardization (ISO). ISO 6571:2008 Spices, condiments and herbs-Determination of volatile oil content (hydrodistillation method) [Internet]. 2nd ed. Geneva: ISO; 2008 [citado 2026 Mar 20]. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/41299.html>
- Miranda Cabrera I, Duvergel Castillo Y. S. COMPAPROP: A system for multiple proportion comparisons. *Rev. Protección Veg.* [online]. 2014; 29 (3): 231-234.
- Silvestre WP, Vicenço CB, Thomazoni RA, Pauletti GF. Insecticidal activity of *Callistemon speciosus* essential oil on *Anticarsia gemmatalis* and *Spodoptera frugiperda*. *Int J Trop Insect Sci.* 2022;42(2):1307-14. <https://doi.org/10.1007/s42690-021-00648-8>
- Fouad HA, da Camara CA, de Moraes MM, de Melo JP. Synergistic effects of five essential oils and eight chiral compounds on deltamethrin-piperonyl butoxide insecticide against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology.* 2023; 26(2):102072. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2023.102072>
- Mazzonetto F, Corbani RZ, Dalri AB. Biofumigation of plant species on *Sitophilus zeamais* in stored maize. *Appl Res Agrotechnol.* 2013;6(1):53-61.
- Mardiningsih TL, Rizal M. Potential of essential oils *Eucalyptus citriodora* and *Artemisia vulgaris* against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *IOP Conf Ser Earth Environ Sci.* 2022;974(1):012009. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/974/1/012009>
- Dobler GH, de Oliveira GMM, de Moura NF. Bioactivity of essential oils in the control of *Sitophilus* spp. *Rev Observ Econ Lat Am.* 2023;21(11):20897-20909. <https://doi.org/10.55905/oelv21n11-126>
- Ootani MA, Aguiar RW, Mello AV, Didonet J, Portella ACF, Nascimento IR. Toxicidade de óleos essenciais de eucalipto e citronela sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Biosci J.* 2011;27(4):609-18.
- Hamzavi F. Fumigant toxicity of *Eucalyptus camaldulensis* and *Callistemon viminalis* essential oils on *Sitophilus granarius*. *Technology.* 2017;13(1):47-58.
- Ebadollahi A, Setzer WN. Analysis of the essential oils of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. and *Eucalyptus viminalis* Labill. as a contribution to fortify their insecticidal application. *Nat Prod Commun.* 2020;15(9). <https://doi.org/10.1177/1934578X20946248>
- Danna C, Malaspina P, Cornara L, Smeriglio A, Trombetta D, De Feo V, Vanin S. Eucalyptus essential oils in pest control: A review of chemical composition and applications against insects and mites. *Crop Prot.* 2024. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106319>
- Bett PK, Deng AL, Ogendo JO, Kamatenesi Mugisha M, Mihale JM. Toxic and repellent properties of *Cupressus lusitanica* and *Eucalyptus saligna* essential oils against *Callosbrochus chinensis* and *Sitophilus zeamais*. In: *Proc First Int Conf Pesticidal Plants.* 2013: 2012-2014.
- Altoe MD, Lima JD, Potrich M, Battisti L, Lozano ER. Insecticidal and repellent effects of essential oil *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae) on *Sitophilus zeamais* M. (Coleoptera: Curculionidae). *Int J Trop Insect Sci.* 2023;43:237-243. <https://doi.org/10.1007/s42690-022-00933-0>
- Ahouandjinou JM, Adjou ES, Kpatinvo B, Allavo U, Dahouenon-Ahoussi E, Sohounhlou DC. Biological properties of essential oils from *Eucalyptus camaldulensis* and *Ocimum gratissimum* against

- Sitophilus* spp. isolated from stored traditional yam chips. J Pharmacogn Phytochem. 2021;10(4):24-27.
23. Emeka CPO, Ewete FK, Ebeniro ST. Efficacy of *Eucalyptus camaldulensis* leaf, *Moringa oleifera* seed and pirimiphos-methyl powders against maize weevil (*Sitophilus zeamais*) in stored maize. J Exp Agric Int. 2020;42(5):85-90.
24. Omara T, Kizza Kateeba F, Musau B, Kigenyi E, Adupa E, Kagoya S. Bioinsecticidal activity of eucalyptol- and 1R- α -pinene-rich acetonetic oils of *Eucalyptus saligna* on *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae). J Health Environ Res. 2018;4(4):153-160. <https://doi.10.11648/j.jher.20180404.15>