

09

Fecha de presentación: febrero, 2022

Fecha de aceptación: mayo, 2022

Fecha de publicación: julio, 2022

MYRTACEAE

COMO ALTERNATIVA PARA EL CONTROL DE SITOPHILUS ORYZAE L.

THE USE OF MYRTACEAE AS AN ALTERNATIVE FOR THE CONTROL OF SITOPHILUS ORYZAE L.

Yhosvanni Pérez Rodríguez¹

E-mail: yprodriguez@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2078-8961>

Roberto Valdés Herrera²

E-mail: robertovh@uclv.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3830-7756>

Leonides Castellanos González²

Email: lcastell@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9285-4879>

José O. Guerra de León³

Email: jo@uclv.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6885-5481>

¹ Universidad de Cienfuegos. Cuba

² Universidad Central de las Villas. Cuba

³ Universidad de Pamplona. Colombia. Cuba

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Pérez Rodríguez Y., Valdés Herrera R., Castellanos González L. & Guerra de León J. O., (2022). Myrtaceae como alternativa para el control de *Sitophilus oryzae* L. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(4), 107-116.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar diez especies de Myrtaceae como alternativa para el control de *Sitophilus oryzae* L. en semillas de *Zea mays* L., se determinó la actividad de polvos vegetales correspondiente a diez especies botánicas a las concentraciones 1 %, 2 % y 3 % (m/m). Emergencia de *S. oryzae* a los 55 días de iniciado el experimento, pérdidas del peso en los granos almacenados como semillas, determinación del índice de repelencia (I.R.). Los polvos de *Pimenta dioica* (L.) Merr y *Callistemon citrinus* (Curtis) Skeels fueron considerados efectivos al lograr mortalidades superiores al 60 % en la concentración más baja (1 % m/m). Los resultados obtenidos en la emergencia de insectos adultos cuando se incrementa la concentración de polvos demuestran que los tratamientos con *P. dioica*, *C. citrinus*, *S. malaccense* y *C. speciosus* no difieren significativamente entre ellos. Estas especies botánicas pueden mantener alejados al insecto del grano, lo que les confiere un efecto preventivo a los mismos. La mayor repelencia a la concentración al 1 % (m/m) sobre *S. oryzae* se alcanzó con los polvos de *C. speciosus* 0,51, *P. dioica* con un índice de 0,50, *S. malaccense* 0,50, *C. citrinus* 0,48.

Palabras Clave: Especies botánicas, gorgojo, polvos vegetales.

ABSTRACT

With the objective of evaluating ten species of Myrtaceae as an alternative for the control of *Sitophilus oryzae* L. on seeds of *Zea mays* L., the activity of plant powders corresponding to ten botanical species was determined at concentrations of 1 %, 2 % and 3 % (m/m). Emergence of *S. oryzae* 55 days after the start of the experiment, weight losses in grains stored as seeds, determination of the repellency index (R.I.). The powders of *Pimenta dioica* (L.) Merr and *Callistemon citrinus* (Curtis) Skeels were considered effective in achieving mortalities higher than 60 % at the lowest concentration (1 % m/m). The results obtained on the emergence of adult insects when the powder concentration is increased show that treatments with *P. dioica*, *C. citrinus*, *S. malaccense* and *C. speciosus* do not differ significantly among them. These botanical species can keep the insect away from the grain, which confers a preventive effect on them. The highest repellency at 1 % (m/m) concentration on *S. oryzae* was achieved with powders of *C. speciosus* 0.51, *P. dioica* with an index of 0.50, *S. malaccense* 0.50, *C. citrinus* 0.48.

Keywords: Botanical species, weevil, plant powders

INTRODUCCIÓN

El almacenamiento es la operación de poscosecha más importante ejecutada por el hombre para evitar pérdidas de la producción. Los productos experimentan períodos variables que dependen de la demanda del mercado, el volumen de la cosecha y las necesidades del productor, de ahí la importancia del almacenaje. Una de las principales preocupaciones durante este período es la existencia de factores que deterioran los granos, lo que provoca variaciones negativas en la cantidad y calidad del producto durante el mismo. Por su importancia económica se destacan los gorgojos *Sitophilus zeamais* Motschulsky y *Sitophilus oryzae* L., responsables de infestaciones que preceden a la cosecha al verse favorecidos por la tendencia que poseen los adultos de volar. Estas especies afectan granos de *Oryza sativa* L., *Triticum aestivum* L., *Zea mays* L., entre otros y causan pérdidas considerables durante el período de almacenamiento (Saad et al., 2018).

A nivel mundial son varios los productos que han sido utilizados para el control de esta plaga; sin embargo, la alta resistencia del insecto a diversos productos químicos es una preocupación que se ha unido a la ya existente por el uso de fumigantes como el bromuro de metilo y el fosforo de aluminio. *S. oryzae* manifiesta resistencia a los piretroides (en dependencia de la concentración y el tiempo de exposición), lo que unido a la depreciación del valor del producto fumigado (Daglish et al., 2014), motiva la búsqueda de nuevas alternativas para el control del insecto.

En Cuba se han evaluado especies botánicas con actividad fitoplaguicida para la síntesis de insecticidas con las características descritas. Entre las plantas utilizadas se encuentran representantes de las familias Asteraceae, Apiaceae, Fabaceae, Clusiaceae, Meliaceae, Piperaceae, Solanaceae y Myrtaceae; las cuales poseen importantes volúmenes de aceites esenciales. Aspectos referidos por Lee et al. (2004) describen la actividad insecticida de las Myrtaceae como una alternativa viable al control de varias plagas, con un enfoque ecológico. Sin embargo, no se ha informado la actividad biológica que ejercen estas especies botánicas sobre *S. oryzae* durante el almacenamiento de granos, pese a que esta familia agrupa gran cantidad de plantas. El objetivo de la investigación fue evaluar especies de Myrtaceae como alternativa para el control de *Sitophilus oryzae* L. en semillas de *Zea mays* L.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue realizada en el Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal, Laboratorio de Biología, Universidad Cienfuegos, Laboratorio y Patología de insectos,

Universidad Central "Marta Abreu" Las Villas. Inicialmente se tomaron 30 parejas de insectos adultos de la especie *S. oryzae*, procedentes de una cría sucesiva obtenida por el Laboratorio de Patología de Insectos de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, en granos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), identificados en el laboratorio de taxonomía de insectos en esta misma universidad. Los insectos fueron colocados dentro de dos frascos de cristal de 5 L de capacidad, provistos de una malla 60 mesh para proveer el intercambio gaseoso y evitar, a la vez, el escape de los mismos. Esta cría se mantuvo a lo largo del tiempo para realizar los ensayos. En el Laboratorio de Biología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Cienfuegos, se les suministraron semillas de maíz (*Z. mays*) var TGH, seleccionadas y sometidas a un período de aislamiento de 30 días en condiciones de laboratorio a temperatura ambiente, y conservadas en bolsa de Nylon herméticas para evitar las afectaciones por insectos.

Cada tres meses se introdujeron 10 parejas de insectos adultos de *S. oryzae*, nacidos de nuevas crías logradas en laboratorio, con vista a conservar la heterocigosis. Los progenitores colectados procedían de silos con tecnología brasileña ubicados en la Zona Industrial Nro 2 de la provincia de Cienfuegos con una capacidad de almacenamiento de 2 000 toneladas métricas de producto a granel, sin control de la temperatura. Para ello, los insectos colectados, después de ser identificados, fueron situados por parejas, dentro de tubos de ensayos con diez semillas de maíz, por un período de 20 días; transcurrido este tiempo, las semillas se colocaron en placas de Petri (9 cm de Ø). Al emerger los adultos de la nueva generación, estos fueron introducidos dentro de frascos de cristal junto a los emergidos de las crías sucesivas en laboratorio. El montaje de ensayos con insectos se realizó con adultos tomados de manera aleatoria de una muestra de la población insectil existente en el laboratorio. La cantidad de insectos utilizados varió según los requisitos y necesidades de cada ensayo. La identificación de hembras y machos se realizó a través del dimorfismo sexual de la especie. En cada caso, se utilizaron insectos de 10 días de emergidos.

Los especímenes seleccionados para realizar la recolección del material vegetal se encuentran presentes en la Región Central de Cuba, los mismos se correspondieron con plantas adultas de más de 15 años de edad, que se desarrollaban sobre suelo Pardo sin carbonato, con una temperatura media anual de 24,5 °C, temperatura media máxima 30,4 °C, temperatura media mínima 20,0 °C, promedio anual de lluvia 1400 mm y altura 50 msnm. Estas especies pertenecen a la familia Myrtaceae, escogida por

agrupar árboles y arbustos ricos en aceites esenciales, utilizados por productores de la provincia de Cienfuegos como alternativas ecológicas en el control de insectos plagas y por su disponibilidad en Cuba.

Cada especie botánica fue recolectada por separado durante la etapa de floración, en este estado fenológico se produce la mayor concentración de compuestos químicos secundarios, *Pimenta dioica* (L.) Merr, *Callistemon citrinus* (Curtis) Skeels, *Callistemon speciosus* DC., *Eugenia asperifolia* O. Berg, *Eugenia foetida* Pers, *Eugenia uniflora* L., *Psidium friedrichsthalianum* Niedenzu, *Psidium cattleianum* Sabine. *longipes* (O. Berg) Fosberg, *Syzygium jambos* (L.) Alston, *Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L.M. Perry.

Durante los meses de marzo a junio, en el horario de 9:00 a 11:00 de la mañana y directamente de las plantas, siempre a partir del segundo par de hojas de las ramas seleccionadas cercanas al tallo, a una altura de 2 m del suelo para garantizar que fueran adultas y tuvieran altas concentraciones de metabolitos secundarios se realizó la recolección de los órganos escogidos: las hojas adultas, según Pérez et al. (2007) debido a que estas mantienen su actividad insecticida completa. Se recolectaron hojas al azar, en distintas posiciones alrededor del tallo, considerando los puntos cardinales. Además, se verificó que fueran hojas sin daño visible.

El material vegetal recolectado fue colocado en bolsas de nylon y llevado al Laboratorio de Biología de la Facultad de Ciencias Agrarias, donde fue lavado con abundante agua corriente hasta eliminar las impurezas externas visibles y luego enjuagado con agua destilada. Inmediatamente, se realizó el secado del material en una estufa (marca Boxun) a 40 °C, según lo recomendado por Pérez et al. (2007), para lo que se tomó el peso de las muestras, cada dos días, hasta mantener el peso constante. Las placas de Petri, el papel de filtro Whatman No.1 y los frascos de 0,12 L utilizados en los experimentos, se esterilizaron en autoclave a 120 °C y 1,5 atm de presión por 30 minutos. Después de este proceso, cada material se secó a 45 °C durante 24 horas en una estufa (marca Boxun) para luego ser empleado en el ensayo correspondiente.

Identificación de los efectos de diez especies de la familia Myrtaceae para el control de *Sitophilus oryzae* L. en semillas de *Zea mays* L.

Porcentaje de mortalidad de los insectos

Los polvos vegetales, en partículas menores de 1 mm. Se obtuvieron a partir del molinaje de las hojas colectadas

de cada especie botánica por separado en un molino C & N Junior de procedencia alemana.

Estos polvos fueron almacenados en frascos de cristal de 250 mL de capacidad, por separado para cada especie botánica. Cada recipiente con el polvo fue etiquetado, enumerado, sellado, y colocado en un lugar fresco y seco para después ser guardado bajo condiciones de oscuridad a temperatura de 18 °C ± 2 °C hasta el momento de su utilización.

Para determinar el comportamiento de la especie insectil ante las mezclas de semillas de maíz con polvos de especies botánicas y conocer el efecto que ejercen sobre los insectos, fueron realizados experimentos en un diseño completamente aleatorizado conformados por los polvos de las diez especies botánicas y un tratamiento control (semillas de maíz sin tratar). En estos tres experimentos se utilizaron placas Petri (de Ø 12,0 cm, h=2,0 cm), previamente rotuladas para su identificación.

Para cada experimento se evaluó por separado las concentraciones de polvos 1 %, 2 % y 3 % (m/m) referidas por Torres et al. (2015) para determinar su efectividad sobre insectos de granos almacenados. El ensayo constó con 15 repeticiones por tratamiento, fueron agregados en cada placa de Petri 10 g de *Z. mays var.*TGH (seleccionadas previamente para evitar semillas dañadas de tres meses de almacenadas) por la preferencia de *S. oryzae* por el mismo.

Las semillas de maíz, debidamente analizadas y certificadas por el Laboratorio Provincial de Ensayos de Semillas y Sanidad Vegetal en Cienfuegos, fueron obtenidas en la CCS Luis Arcos Bergnes de la provincia de Cienfuegos, y posteriormente conservadas en silos artesanales sin tratamientos para el control de insectos. La unidad experimental de cada tratamiento fue infestada con 10 parejas de *S. oryzae* de 10 días de adultez (para aseverar que los insectos no estuvieran enfermos). Antes de ser cerrada y asegurada en su contorno con papel PARAFILM "M" (Chicago, IL), las mismas fueron colocadas bajo condiciones de completa oscuridad.

El tiempo de duración del experimento fue de 55 días, se tuvo en cuenta el ciclo reproductivo de *S. oryzae*. Se midieron las siguientes variables: porcentaje de mortalidad (a los 15 y 30 días de aplicados los polvos vegetales), porcentajes de emergencia de *S. oryzae* en semillas tratadas con polvos vegetales y pérdida del peso en las semillas almacenadas (a los 55 días de aplicados los polvos).

El cálculo del porcentaje de mortalidad se realizó por la fórmula de Abbott modificada.

$$\text{Mortalidad corregida} = \left(\frac{\text{Mortalidad en el tratamiento} - \text{Mortalidad tratamiento control}}{100 - \text{Mortalidad tratamiento control}} \right) 100$$

Emergencia de *S. oryzae* a los 55 días de iniciado el experimento

Para la determinación de los porcentajes de emergencia de insectos adultos (F_c) de la infestación. Se consideró la emergencia del tratamiento control como el 100 % de los insectos a emerger. Para ello se utilizó la fórmula siguiente:

$$\text{Porcentaje de emergencia} = \left(\frac{\text{Porcentaje emergencia en el tratamiento}}{\text{Porcentaje emergencia en el tratamiento control}} \right) 100$$

Pérdidas del peso en los granos almacenados como semillas

Para estimar el porcentaje de pérdida de peso se consideraron granos dañados, los afectados por perforaciones realizadas durante las puestas de las hembras de *S. oryzae* que horadan los mismos en la región amilácea o el germen. La estimación fue calculada a los 55 días después de iniciado el experimento, aunque no fue considerada la pérdida de humedad como acción del tratamiento.

$$\text{Dónde: } Pp = \left(\frac{Ngd}{Ng} \right) 100C$$

Pp – Porcentaje de pérdida de peso, Ngd – Número de granos dañados, Ng – Número de granos, $C = 0,125$ (valor constante si el maíz es almacenado como grano)

Determinación del índice de repelencia (I.R.)

El efecto de repelencia de los polvos sobre el gorgojo fue determinado para las proporciones granos – polvos de las diez especies de Myrtaceae antes mencionadas según la metodología propuesta por Mazzonetto (2002) que consiste en un diseño de libre elección, conformado por cinco cajas plásticas circulares (de \varnothing 11,0 cm, $h=6,0$ cm). Para ello se evaluaron cuatro tratamientos con polvos vegetales en concentraciones de 1 %, 2 % y 3 % m/m en 10 g de maíz y el tratamiento control (maíz sin aplicación).

En cada ensayo, se distribuyeron dos cajas simétricamente opuestas para el tratamiento con polvo vegetal y dos para el tratamiento control (sin polvo vegetal), conectados a una caja central mediante tubos plásticos de 10 cm de longitud en la que se liberaron 20 adultos de *S. oryzae*. El mismo constó de tres repeticiones en el tiempo. Pasadas 24 horas se contabilizó el número de insectos dentro de cada recipiente. Con el uso de la fórmula y escala descrita por Mazzonetto (2002) se determinó el índice de repelencia para cada tratamiento. Luego de 24 h se contabilizó el número de individuos alejados del centro de la placa. Se utilizó la ecuación del índice de repelencia (I.R.):

$$\text{Índice de repelencia} = \frac{2G}{(G+P)}$$

G: Porcentaje de insectos presentes en el tratamiento con respecto a la placa central, P: Porcentaje de insectos presentes en el tratamiento control con respecto a la placa central, (I.R.=1) Neutro, (I.R.>1) Atrayente, (I.R. <1) Repelente

Para la variable insectos con incoordinación de movimientos, se anotó en el ensayo el número de insectos que presentaron desorientación o inmovilidad en comparación con el tratamiento control durante un minuto, así como la presencia de estos sobre los granos. Al finalizar el trigésimo día, se procedió al análisis de los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de los efectos de diez especies de la familia Myrtaceae para el control de *Sitophilus oryzae* L. en semillas de *Zea mays* L.

Porcentaje de mortalidad de los insectos

A una concentración del 1 %, de las diez especies botánicas evaluadas, los tratamientos con polvos de *P. dioica*, *C. citrinus* y *S. malaccense* fueron los más efectivos en el control de *S. oryzae*, al lograr porcentajes de mortalidad

superiores al 40 %. Al analizar la mortalidad que se alcanza con los polvos de estas especies al incrementar las concentraciones, se aprecia que provocan mortalidades superiores al 60 %. Sin embargo, no difieren estadísticamente con *C. speciosus* (Tabla 1).

Tabla 1. Mortalidad de *S. oryzae* con polvos de especies botánicas a los 15 días de iniciado el experimento

Tratamientos	Concentración					
	1 %		2 %		3 %	
	(%)* (%)	M. R.*	(%)* (%)	M. R.*	(%)* (%)	M. R.*
<i>P. dioica</i>	65,67	150,93 a	74,33	149,60 a	79,00	146,3 a
<i>C. citrinus</i>	64,67	149,03 ab	72,67	145,67 a	77,33	144,63 a
<i>S. malaccense</i>	43,33	126,37 abc	67,67	131,00 ab	73,00	128,03 a
<i>C. speciosus</i>	31,33	101,97 abc	60,33	115,70 abc	71,00	122,77 a
<i>E. asperifolia</i>	28,33	92,33 bcd	34,10	84,43 bcd	50,33	98,00 ab
<i>E. uniflora</i>	24,33	81,03 cde	27,33	75,40 bcd	28,67	64,10 bc
<i>P. friedrichsthalianum</i>	22,67	74,47 cde	24,67	66,33 cdef	26,33	54,33 bc
<i>E. buxifolia</i>	17,00	50,67 def	22,00	57,20 def	23,66	53,87 bc
<i>P. littorale</i>	16,00	49,47 def	21,00	54,30 def	26,00	49,07 bc
<i>S. jambos</i>	7,67	26,23 ef	10,00	24,87 ef	25,00	43,87 c
Control	0,00	10,50 f	0,00	8,50 f	0,00	8,00 d
Valor comparación		57,870		57,870		57,870

(%)* Porcentaje de mortalidad M.R.* – Media de Rangos

Medias con letras diferentes en una misma columna denotan diferencias significativas para ($p < 0,05$) (Kruskal-Wallis)

Los polvos de *S. jambos* al igual que *E. buxifolia* y *P. littorale* fueron los menos efectivos en el control de *S. oryzae*, además de no mostrar diferencias respecto al control con las concentraciones 1 % y 2 %; sin embargo, al 3 % los polvos de las diez especies incrementaron el porcentaje de mortalidad respecto a las concentraciones evaluadas y difieren significativamente con el tratamiento control.

Los resultados de la concentración al 1 % con las especies que provocaron mayor porcentaje de mortalidad, coinciden con lo referido por Silva et al. (2001) citado por Torres et al. (2015) al expresar que para clasificar a un polvo vegetal como prometedor para el control de plagas de los productos almacenados debe alcanzar a la concentración de 1 % (m/m), valores superiores al 40 % de mortalidad. Criterio que permite considerar a estas especies como las más apropiadas para lograr la obtención de bioplaguicidas de manera sostenible desde el punto de vista de la protección de la especie por sobre explotación.

Según Govindan & Jeyarajan (2009) con *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae), *Sesbania grandiflora* (L.) (Fabaceae), *Lantana camara* L. (Verbenaceae) y *Cassia angustifolia* Vahl (Fabaceae) se obtienen mortalidades de *S. oryzae* del 60,3 %, 52,2 %, 34,2 % y 30,0 % respectivamente, cuando la concentración de los polvos supera el 2 %. Sin embargo, los resultados obtenidos con *P. dioica*, *C. citrinus*, *S. malaccense* y *C. speciosus* son superiores a los alcanzados por los autores antes mencionados.

Mumtaz et al. (2013) reseñan el alto poder insecticida que posee *C. citrinus* sobre *Chilo auricilius* Dudgeon. A la vez, Tenne & Karunaratne (2017) expresan el efecto tóxico que posee *P. dioica* sobre *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) plaga primaria de granos almacenados. Kłyś & Przystupińska (2015) exponen que esta especie botánica también puede controlar a *Oryzaephilus surinamensis* L. (Coleoptera: Silvanidae) pues causa una mortalidad superior al 30 %.

Resultados obtenidos por Pupiro & Pino (2015) permiten describir el efecto insecticida de *P. dioica*. Estos autores refieren que esta especie puede ser utilizada en el control de *Cosmopolites sordidus* Germ y *Metamasius hemipterus*

Oliv. Igualmente, Sousa de Alencar et al. (2017) reportó el potencial de *S. malaccense* en el control de *Brevicoryne brassicae* (L.), al provocarle una mortalidad del 54,6 %.

A los 30 días de aplicados los polvos de las especies botánicas sobre *S. oryzae* se apreció un aumento de la mortalidad de los insectos en los tratamientos, para todas las concentraciones, respecto a la alcanzada durante los primeros 15 días. Resultados que demuestran el efecto de los metabolitos secundarios de estas especies botánicas sobre el insecto durante el período evaluado. Los polvos de las especies *E. buxifolia*, *E. uniflora*, *P. friedrichsthalianum*, *P. littorale* y *S. jambos* no lograron provocar la muerte al 30 % de los insectos, independiente a la concentración utilizada y no difieren significativamente entre ellas (Tabla 2).

Tabla 2. Mortalidad de *S. oryzae* con polvos de especies botánicas a los 30 días de iniciado el experimento

Tratamientos	Concentraciones					
	1 %		2 %		3 %	
	Mort. (%) [*]	M. R. [*]	Mort. (%) [*]	M. R. [*]	Mort. (%) [*]	M. R. [*]
<i>P. dioica</i>	74,00	151,80 a	77,67	149,53 a	84,33	149,90 a
<i>C. citrinus</i>	70,33	145,50 ab	77,00	148,00 a	84,00	147,33 a
<i>S. malaccense</i>	62,00	131,70 abc	70,00	129,67 a	75,33	127,43 a
<i>C. speciosus</i>	41,33	110,23 abc	61,00	112,77 ab	71,67	118,20 a
<i>E. asperifolia</i>	32,00	87,87 bcde	43,67	94,43 abc	54,33	98,13 ab
<i>E. uniflora</i>	27,00	79,87 cdef	28,00	71,07 bcd	29,00	60,00 bc
<i>P. friedrichsthalianum</i>	23,67	67,93 def	25,67	64,27 bcd	28,67	57,50 bc
<i>E. buxifolia</i>	20,33	55,87 defg	23,67	56,63 bcd	26,67	51,50 bc
<i>P. littorale</i>	17,33	45,57 efg	23,00	54,63 cde	26,67	51,70 bc
<i>S. jambos</i>	9,67	27,27 fg	11,33	24,03 de	25,00	44,10 bc
Control	0,00	9,50 g	0,00	8,00 e	0,00	8,00 c
Valor de comparación		57,870		57,870		57,870

Mort. (%)^{*}: Porcentaje de mortalidad M. R.^{*} - Media de Rangos

* Medias con letras diferentes en una misma columna denotan diferencias significativas para (p<0,05) (Kruskal-Wallis)

Los efectos de los polvos sobre *S. oryzae* a los 30 días de exposición, confirman que durante este período no pierden su efectividad, además constituyen una alternativa para disminuir el impacto negativo del uso de plaguicidas sintéticos en la conservación de granos (Souza et al., 2016). Al mismo tiempo, se debe considerar el efecto físico que ejercen los polvos. El efecto insecticida de los metabolitos secundarios se potencia por la acción física de las partículas pequeñas que bloquean los espiráculos de los insectos, causando asfixia. Además, el tamaño de las partículas ayuda a una distribución más uniforme del polvo. De igual forma, la efectividad biológica de los insecticidas de origen vegetal, dependen del porcentaje de compuestos mayoritarios al estar relacionados con las condiciones ecológicas y geográficas donde se desarrollan las plantas utilizadas (Prakash et al., 2014).

Al evaluar la emergencia de insectos adultos en cada tratamiento, se pudo comprobar a la concentración del 1 % (m/m), que en los tratamientos con polvos de *C. citrinus*, *P. dioica* y *S. malaccense* solo emergieron el 21,90 %, 22,20 %, y 31,53 % de insectos adultos respecto al control, pero estos no tuvieron diferencias significativas con el tratamiento de *C. speciosus*, donde el porcentaje de emergencia fue del 32,71 % (Tabla 3). Los resultados obtenidos en la emergencia de insectos adultos cuando se incrementa la concentración de polvos demuestran que los tratamientos con *P. dioica*, *C. citrinus*, *S. malaccense* y *C. speciosus* no difieren significativamente entre ellos. Sin embargo, los tratamientos con *P. friedrichsthalianum*, *S. jambos*, *E. buxifolia*, *P. littorale* no mostraron diferencias significativas respecto al control.

Tabla 3. Emergencia de insectos adultos (%) a los 55 días

Tratamientos	Concentraciones					
	1 %		2 %		3 %	
	(%)*	M.R.*	(%)*	M.R.*	(%)*	M.R.*
<i>P. dioica</i>	22,20	18,70 d	8,29	15,27 e	3,60	21,70 e
<i>C. citrinus</i>	21,90	16,10 d	9,33	22,47 e	4,06	21,70 e
<i>S. malaccense</i>	31,53	43,83 cd	11,59	41,93 de	5,04	41,13 de
<i>C. speciosus</i>	32,71	47,10 cd	12,11	46,87 cde	5,27	46,47 cde
<i>E. asperifolia</i>	49,11	79,87 bc	21,16	90,23 bcd	9,20	91,03 bcd
<i>E. uniflora</i>	58,23	90,70 bc	20,90	82,07 bcd	9,09	84,40 bcd
<i>P. friedrichsthalianum</i>	68,52	107,27 ab	27,83	119,97 ab	11,43	118,47 ab
<i>S. jambos</i>	67,79	109,6 ab	24,81	109,47 ab	10,82	112,83 ab
<i>E. buxifolia</i>	72,46	120,20 ab	24,81	104,00 ab	10,79	102,37 ab
<i>P. littorale</i>	71,43	121,93 ab	26,29	122,73 ab	12,07	119,57 ab
Control	100,00	158,00 a	100,00	158,00 a	100,00	158,00 a
Valor de comparación		57,870		57,870		57,870

(%)* Porcentaje de emergencia de insectos M.R.* - Media de Rangos

* Medias con letras diferentes en una misma columna denotan diferencias

significativas para ($p < 0,05$) (Kruskal-Wallis)

La relación existente entre el uso de polvos de especies botánicas y la emergencia de insectos adultos con el aumento de la concentración disminuye significativamente la emergencia de *S. oryzae*, lo cual puede estar dado por la capacidad que poseen los metabolitos de interrumpir la alimentación y reproducción del insecto. Los tratamientos causantes de provocar mortalidades elevadas en poblaciones insectiles también influyen en la emergencia de insectos al disminuir la misma, resultados éstos que coinciden con los obtenidos en este trabajo. Además, Silva et al. (2004) refieren que los polvos vegetales capaces de reducir al menos el 50 % de la emergencia de los insectos, pueden considerarse como promisorios en el control de los mismos. Los polvos de las especies con mayor porcentaje de mortalidad insectil afectan la emergencia e imposibilitan que la progenie se alimente del grano. Este resultado puede estar dado por la presencia de semioquímicos derivados del metabolismo secundario, los que actúan como disuasivos de la ovoposición y reguladores del crecimiento.

En la concentración al 1 %, en los tratamientos con *C. citrinus*, *P. dioica*, *S. malaccense*, *C. speciosus*, y *E. asperifolia* las pérdidas de peso causadas por *S. oryzae* alcanzaron porcentajes inferiores al 4 %, sin mostrar diferencias estadísticas entre sí. Las pérdidas sobrepasaron el 5 % en los tratamientos que ejercieron menor nivel de control sobre los insectos, los que simultáneamente, no mostraron diferencia estadística con el tratamiento control. Estos resultados corroboran lo expresado por Silva et al. (2001) cuando refieren que, al utilizar polvos vegetales para el control de insectos plagas en granos se reducen las mermas del peso, parámetro este que puede ser considerado como eficiente cuando se requiere diferenciar diversos tratamientos (Tabla 4).

Tabla 4. Pérdida de peso de los granos a los 55 días de exposición a los polvos

Tratamientos	Concentraciones					
	1 %		2 %		3 %	
	Perd. (%)*	M.R.*	Perd. (%)*	M.R.*	Perd. (%)*	M.R.*
<i>P. dioica</i>	2,95	28,50 d	2,21	12,50 f	2,10	14,33 f
<i>C. citrinus</i>	3,05	28,50 d	3,01	33,90 ef	2,96	31,07 f

<i>S. malaccense</i>	3,36	43,50 cd	3,29	57,00 cdef	3,29	61,50 def
<i>C. speciosus</i>	3,27	43,57 cd	3,18	43,90 def	3,06	39,37 ef
<i>E. asperifolia</i>	3,74	51,07 cd	3,59	57,00 cdef	3,56	66,83 cdef
<i>P. friedrichsthalianum</i>	4,83	92,00 bc	4,72	95,10 bcd	4,15	85,90 bcde
<i>E. uniflora</i>	4,97	98,53 bc	4,52	87,53 bcde	4,13	84,37 bcde
<i>S. jambos</i>	6,27	120,67 ab	5,34	113,03 abc	4,97	112,23 abc
<i>E. buxifolia</i>	6,99	124,33 ab	6,88	127,23 ab	6,84	137,50 ab
<i>P. littorale</i>	6,97	124,33 ab	6,89	127,73 ab	5,49	121,90 abc
Control	11,0	158,00 a	11,0	158,00 a	11,03	158,00 a
Valor de comparación		57,870		57,870		57,870

Perd. (%)*- Pérdida de peso, M.R.* Media de Rangos

* Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas para ($p < 0,05$) (Kruskal-Wallis)

Los porcentajes obtenidos resultan satisfactorios si se consideran los estudios realizados por Rodríguez et al. (2019). Estos autores reportan que los daños por insectos plagas en granos almacenados pueden ser superiores al 10 % en condiciones de almacenamiento; pero la proporción dependerá directamente del número de insectos que afectan los mismos.

La pérdida del peso de los granos es un indicador que permite conocer el consumo de alimento por el insecto. Esta disminución puede ser consecuencia del efecto directo que ejercen los metabolitos secundarios contenidos en los polvos sobre el adulto o de la acción insectistática que regula el crecimiento tanto en el estado inmaduro como adulto. Por su parte, puede estar relacionado con la emergencia de insectos, los polvos vegetales utilizados en el control de insectos plagas que actúan sobre las hembras pueden provocarles esterilidad, lo que afecta directamente la reproducción y, por tanto, disminuye el consumo de los granos por las formas inmaduras.

En los bioensayos realizados, nueve polvos registraron valores de I.R. menores a uno para todas las concentraciones evaluadas. Estos resultados demuestran que los polvos de estas especies botánicas pueden mantener alejados al insecto del grano, lo que les confiere un efecto preventivo a los mismos. *P. friedrichsthalianum* se comportó con I.R. > 1 a la concentración del 1 % e iguales a uno para el resto de las concentraciones, lo que manifiesta que esta especie no posee efecto repelente sobre el insecto. La mayor repelencia a la concentración al 1 % (m/m) sobre *S. oryzae* se alcanzó con los polvos de *C. speciosus* 0,51, *P. dioica* con un índice de 0,50, *S. malaccense* 0,50, *C. citrinus* 0,48 (Figura 1).

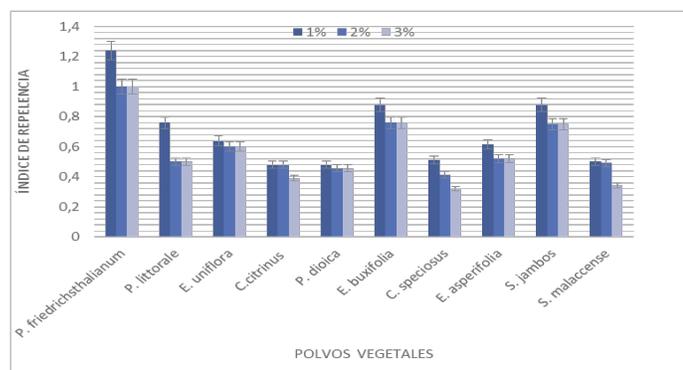


Figura 1. Índice de repelencia de los polvos vegetales sobre *S. oryzae*

Barras verticales (±) Indican error del porcentaje (5 %)

Todos los tratamientos donde el I.R. fue menor a uno, evidencian una relación directa entre la concentración utilizada y la repelencia (a mayor concentración mayor es el efecto repelente), resultados que coinciden con los obtenidos por Nerio et al. (2010). Estos autores expresan que a mayor concentración de polvo mayor es la concentración de compuestos volátiles que interfieren en el contacto de los insectos con la superficie tratada por lo que se obtiene un

incremento en el efecto repelente. El efecto de los polvos vegetales puede impedir que entren en contacto los insectos con la superficie tratada se interrumpe su alimentación, y se relaciona el efecto repelente con la reducción en la pérdida del peso.

CONCLUSIONES

Las especies *C. citrinus*, *P. dioica* y *S. malaccense* obtuvieron menores tiempos letales, dosis letales para el control de *S. oryzae*. Las pérdidas ocasionadas en semillas tratadas con estas especies botánicas son inferiores al 4 %, lo que demuestra el efecto insectistático e insecticida que ejercen sobre el insecto.

RECOMENDACIONES

Evaluar las especies promisorias *C. citrinus*, *P. dioica* y *S. malaccense* en condiciones de silo de almacenamiento de pequeña y mediana capacidad.

Evaluar la acción insecticida de otras especies de Myrtaceae en el control de *S. oryzae*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Daglish, G. J., Nayak, M. K., & Pavic, H. (2014). Phosphine resistance in *Sitophilus oryzae* (L.) from eastern Australia: Inheritance, fitness and prevalence. *Journal of Stored Products Research*, *59*, 237-244.
- Govindan, K., & Jeyarajan, S. N. (2009). Insecticidal activity of twenty plant powders on mortality, adult emergence of *Sitophilus oryzae* L. and grain weight loss in paddy. *Journal of Biopesticides*, 169-172.
- Kłyś, M., & Przystupińska, A. (2015). The mortality of *Oryzaephilus surinamensis* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Silvanidae) induced by powdered plants. *Journal of Plant Protection Research*, *55*(1), 110-116.
- Lee, B. H., Annis, P. C., & Choi, W. S. (2004). Fumigant toxicity of essential oils from the Myrtaceae family and 1, 8 -cineole against tree major stored-grain insects. *Journal of Stored Products Research*, *40*(5), 553-564.
- Mazzonetto, F. (2002). Efeito de genótipos de feijoeiro e de pós de origem vegetal sobre *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) e *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Col: Bruchidae). *Piracicaba: Universida de São Paulo*, 134.p.
- Mumtaz, R., Bilgrami, A. L., & Aldosari, S. A. (2013). Comparative toxicity of *Azadirachta indica* A. juss. and *Callistemon citrinus* DC against sugarcane stalk borer *Chilo auricilius* Dudgeon (Lepidoptera: Crambidae). *Journal of Medicinal Plants Research*, *7*(36), 2645-2656.
- Nerio, L. S., Olivero, V. J., & Stashenko, E. (2010). Repellent activity of essential oils: a review. *Bioresource technology*, *101*(1), 372-378.
- Pérez, F., Silva, G., Tapia, M., & Hepp, R. (2007). Variación anual de las propiedades insecticidas de *Peumus boldus* sobre *Sitophilus zeamais*. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, *42*(5),633-639.
- Prakash, B., Mishra, P.K., Kedia, A., & Dubey, N.K., (2014). Antifungal, antiaflatoxin and antioxidant potential of chemically characterized *boswellia carterii* birdw essential oil and its in vivo practical applicability in preservation of *Piper nigrum* L. Fruits. *LWT-Food Sci. Technol*, (*56*), 240-247.
- Pupirol, L., & Pino, P. O. (2015). Toxicidad aguda del aceite esencial de *Pimenta dioica* (L) Merr sobre *Cosmopolites sordidus* Germ y *Metamasius hemipterus* Oliv. *Revista de Protección Vegetal*, (*30*), 40-40.
- Rodríguez, H., Acutín, Y., Fernández, N., Suris, M., Ramírez, S., Miranda, I., & Pino, O. (2019). Percepción de productores de granos del municipio Guanabacoa, Cuba, sobre la incidencia de las plagas de almacén. *Revista de Protección Vegetal*, *34*(1), 1-6
- Saad, M. M., Abou-T., H. K., & Abdelgaleil, S. A. (2018). Insecticidal activities of monoterpenes and phenylpropenes against *Sitophilus oryzae* and their inhibitory effects on acetylcholinesterase and adenosine triphosphates. *Applied entomology and zoology*, *53*(2), 173-181.
- Silva, G., González, G. P., Hepp, G. R., & Casals, B. (2004). Control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky con polvos inertes. *Agrociencia* (*38*) 529 p.
- Silva, G., Lagunes, T., Rodríguez, C. & Rodríguez, D. (2001). Escala para determinar el daño por insectos al grano de maíz almacenado. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* pp.68-46.
- Sousa de Alencar, S, T. S., Nascimento, J. E. C., Porsani, M. V., Giacomini, L. L., Poltronieri, A. S., Zawadneak, M. A. C., & Baratto, L. C. (2017). Potencial inseticida de plantas medicinais encontradas na Amazônia Central contra o pulgão-da-couve *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae). *Entomo Brasiliis*, *10*(2),106-111.

- Souza, T. P., Rocha, G. L., de Abreu, G. M., y Fernández, C. (2016). Pesticides in honey: A review on chromatographic analytical methods. *Talanta*. 149, 124-141.
- Tenne, P.C.R.K., & Karunaratne, M.M.S.C. (2017). Bioefficacy of Three Selected Plant Species against the Cowpea Bruchid (*Callosobruchus maculatus* F.): A Green Paradigm for Post-Harvest Pest Management. International *Forestry and Environment Symposium* (22), 104.
- Torres, C. Silva, G., Tapia, M., Rodríguez, J.C., Urbina, A., Figueroa, L., Lagunes, A., Santillan, O. C., Robles, B. A., & Aguilar, M. S. (2015). Propiedades insecticidas del polvo de *Laurelia sempervirens* L. para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat* 14(1), 48 – 59.