

## CONTROL DE *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY CON TRECE ACEITES DE ORIGEN VEGETAL Y MINERAL

### CONTROL OF *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY WITH THIRTEEN OILS OF VEGETABLE AND MINERAL SOURCE

Regina Merino P.<sup>1</sup>, Gonzalo Silva A.<sup>1\*</sup>, J. Concepción Rodríguez M.<sup>2</sup>, Angel Lagunes T.<sup>2</sup>, Candelario Santillán-Ortega<sup>3</sup>, Agustín Robles-Bermúdez<sup>3</sup> y Sotero Aguilar-Medel<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, Vicente Méndez 595, Chillán, Chile.

\* Autor para correspondencia E-mail: gosilva@udec.cl

<sup>2</sup> Programa de Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados, Km 36,5 Carretera México- Texcoco, Montecillo, Estado de México, México.

<sup>3</sup> Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Agricultura, Km. 9 Carr. Fed. Tepic- Compostela, Xalisco, Nayarit, México.

<sup>4</sup> Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario Tenancingo, Tenancingo, Estado de México, México.

#### RESUMEN

El gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) es una plaga primaria de los granos almacenados. El control normalmente se realiza con insecticidas sintéticos pero problemas como residuos en los alimentos y desarrollo de resistencia han hecho necesaria la búsqueda de nuevas alternativas de control. Se evaluaron trece aceites en concentraciones de 0,5; 1 y 2% (volumen/peso) (v/p). Las variables evaluadas en el control de adultos fueron mortalidad y emergencia de insectos adultos, y pérdida de peso y germinación de semillas, mientras que en el control de estados inmaduros se evaluó la emergencia de insectos adultos (F<sub>1</sub>) y pérdida de peso del grano. Cada tratamiento tuvo cinco repeticiones y el diseño experimental fue completamente al azar. La mayor mortalidad se obtuvo con los aceites de almendra (*Prunus amygdalus* L.), maravilla (*Helianthus annuus* L.), nuez (*Juglans regia* L.) y soya (*Glycine max* L.) al 1 y 2% (v/p) con 100% de insectos muertos. La menor F<sub>1</sub> se observó en los tratamientos con aceite de pepita de uva (*Vitis vinifera* L.), sésamo (*Sesamum indicum* L.) y maravilla al 1 y 2% con 0%. En el control de estados inmaduros la menor F<sub>1</sub> se registró con aceite mineral al 2% (v/p) con un 14% de emergencia de insectos adultos. Los aceites de avellana europea (*Corylus avellana* L.), calabaza (*Cucurbita pepo* L.), maíz (*Zea mays* L.), maní (*Arachis hypogaea* L.), maravilla, pepita de uva, ricino (*Ricinus communis* L.), sésamo, soya y mineral no afectaron significativamente la germinación del maíz. Se concluyó que los aceites vegetales y minerales tienen potencial para el control de *S. zeamais*.

**Palabras clave:** granos almacenados, gorgojo del maíz, ácidos grasos.

#### ABSTRACT

The maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) is a major pest of stored grains. Synthetic insecticides are commonly used to control this pest but problems such as residues in foods and resistance development have required new control alternatives. Thirteen oils in concentrations of 0.5, 1 and 2% (v/w) (volume/weight) were evaluated under laboratory conditions. The evaluated variables in adult were mortality and adult insect emergence and weight loss and seed germination, and in the

immature stage adult insect emergence ( $F_1$ ) and grain weight loss were evaluated. The experiment was conducted in a completely randomized design with five replicates per treatment. The highest adult insect mortality was obtained by almond (*Prunus amygdalus* L.), sunflower (*Helianthus annuus* L.), nut (*Juglans regia* L.) and soybean (*Glycine max* L.) oil at 1 and 2% (v/w) with 100% of dead insects. The lowest adult insect emergence was observed in the treatments with grape seed (*Vitis vinifera* L.), sesame (*Sesamum indicum* L.) and sunflower oil at 1 and 2% (v/w) with 0% of dead insects. At the immature stage, the lowest  $F_1$  was recorded with the mineral oil at 2% (v/w) with 14% of adult insect emergence. Hazelnut (*Corylus avellana* L.), pumpkin (*Cucurbita pepo* L.), corn (*Zea mays* L.), groundnut (*Arachis hypogaea* L.), sunflower, grape seed, castor (*Ricinus communis* L.), sesame, soybean and mineral oils did not effect maize germination significantly. It was concluded that vegetable and mineral oils have potential for controlling *S. zeamais*.

**Key words:** stored grains, maize weevil, fatty acids.

## INTRODUCCIÓN

Las pérdidas de granos durante el almacenaje constituyen un problema de gran importancia para los agricultores. A nivel mundial las pérdidas promedian un 15% pero en algunos países este porcentaje alcanza hasta 50% (Celis y Kanadyadom, 1992). La situación es especialmente importante en los países en desarrollo, que ven mermadas sus cosechas a causa de la destrucción de los granos almacenados, ya sea por roedores, insectos, hongos o ácaros (Larraín, 1994). Dentro de los insectos plaga más importantes, asociados a granos almacenados en Chile, se encuentran el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky; Coleóptera: Curculionidae), el gorgojo del arroz (*S. oryzae* Linnaeus; Coleóptera: Curculionidae) y la polilla de los cereales (*Sitotroga cerealella* Olivier; Lepidóptera: Gelechiidae) (Larraín, 1994). De estas especies destaca por su importancia *S. zeamais*, plaga cosmopolita considerada como primaria debido a que es capaz de dañar al trigo, maíz, arroz y avena, incluso antes de la cosecha (González, 1989). El control químico es el método más utilizado para proteger granos almacenados del ataque de insectos. Sin embargo, el uso de insecticidas sintéticos posee desventajas, como riesgo de contaminación de los granos con residuos, desarrollo de resistencia de los insectos a los insecticidas, alto costo de los productos, necesidad de equipos de aplicación, y mano de obra entrenada (Silva et al., 2002; Silva et al., 2003; Isman, 2006).

Esta situación ha originado la búsqueda de nuevas alternativas de control, que sean efectivas y a la vez de baja toxicidad para usuarios y consumidores. Entre estas opciones se encuentran los aceites, los cuales desde su aparición, se han usado principalmente para el control de ácaros, escamas y huevos invernantes de varias especies de insectos y ácaros en frutales de hoja caduca y cítricos. Sin embargo, la acción insecticida/acaricida de los aceites no se limita sólo a plagas que atacan frutales sino que también a insectos que infestan

legumbres almacenadas (Mummigatti y Ragunathan, 1977) y trigo (Qi y Burkholder, 1981).

El modo de acción de los aceites sobre plagas de granos almacenados aún no está claro, debido, entre otros motivos, a que diferentes concentraciones de aceite varían en su actividad biológica (Su et al., 1972). Messina y Renwick (1983) indican que estos tienen efecto preventivo y que su modo de acción es más bien físico que químico. Al respecto, Díaz (1985) señaló que en huevos el aceite ingresa a través del micropilo coagulando el protoplasma del embrión, mientras que en larvas el aceite cubre los espiráculos provocando la muerte por asfixia.

La eficacia de los aceites contra insectos asociados a granos almacenados ha sido reportada por múltiples autores en otras partes del mundo. Hewlett (1975) evaluó un aceite mineral refinado sobre adultos de *S. granarius*, *S. oryzae* y *Tribolium casteanum* Herbst (Coleóptera: Tenebrionidae), encontrando que solo las dos especies de *Sitophilus* eran susceptibles, debido a que el aceite se introducía en las tráqueas causando asfixia. En cuanto a los aceites vegetales, también llamados de cocina o comestibles, existen antecedentes de que los aceites de cártamo (*Carthamus tinctorius* L., Asteraceae); ricino (*Ricinus communis* L., Euphorbiaceae); maravilla (*Helianthus annuus* L., Asteraceae); avellana europea (*Corylus avellana* L., Betulaceae); mostaza (*Brassica nigra* L., Brassicaceae); maní (*Arachis hypogaea* L., Fabaceae); sésamo (*Sesamum indicum* L., Pedaliaceae); soya (*Glycine max* L., Fabaceae); maíz (*Zea mays* L., Poaceae); algodón (*Gossypium hirsutum* L., Malvaceae); olivo (*Olea europaea* L., Oleaceae); y palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq., Palmae) presentan actividad insecticida contra plagas de granos almacenados, como *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae) (Schoonhven, 1978; Hill y Schoonhven, 1981; Mushobozy et al. 2009); *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) (Sing et al. 1977; Ahmed et al., 1988; Pacheco et al., 1995; Rajapakse y Van Emden, 1997; Haghatalab et al.,

2009; Abdullahi et al., 2011); *Callosobruchus chinensis* L. (Khaire et al., 1992; Rajapakse y Van Emden, 1997; Khalequzzaman et al., 2007); *Callosobruchus rhodesianus* (Pic) (Rajapakse y Van Emden, 1997); *Callosobruchus phaseoli* (Gyllenhal) (Pacheco et al., 1995); *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera: Bostrychidae) (Obeng-Ofori, 1995; Nikpay, 2007); *S. zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) (Don-Pedro, 1989; Obeng-Ofori y Amiteye, 2005; Demissie et al., 2008; Ogunleye et al., 2010; Cerna et al., 2010); y *S. granarius* (Qi y Burkholder, 1981), entre otros.

Además, los aceites vegetales y minerales también se han utilizado en mezcla con insecticidas sintéticos, como malathion (Yuya et al., 2009) y pirimophos-methyl (Obeng-Ofori y Amiteye, 2005) obteniéndose un efecto de potenciación que redujo significativamente la dosis de insecticida y con ello los riesgos de residuos y resistencia.

Los aceites vegetales y minerales pueden constituir una alternativa para el control de los insectos asociados a granos almacenados, por lo que el objetivo de la presente investigación fue evaluar en laboratorio las propiedades insecticidas de trece aceites para el control de *S. zeamais*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Aceites

Los aceites vegetales se adquirieron en diferentes supermercados de la ciudad de Chillán (36°36' S; 72°26' O.), Provincia de Ñuble, Octava Región, Chile. El aceite mineral fue un formulado comercial para uso agrícola (Springhill®), que se adquirió en uno de los distribuidores autorizados de la misma ciudad. Los aceites se evaluaron en tres dosis, 0,5; 1 y 2% (volumen/peso) (v/p). Su origen y empresa comercializadora se indican en la Tabla 1. El criterio de selección de los aceites consistió en que fueran de uso doméstico (culinario fundamentalmente), bajo costo (en comparación a los aceites esenciales), y de amplia disponibilidad en el mercado.

### Cereal almacenado

Se utilizó maíz, el que se adquirió en el mercado de frutas y hortalizas de la ciudad de Chillán. Por esta razón, se lavó con agua potable y luego se almacenó en un congelador por 48 h a -4°C, para eliminar cualquier contaminación externa por insectos u otros agentes que pudieran alterar los resultados.

### Insectos

Se utilizaron adultos de *S. zeamais* que provinieron de la colonia permanente del Laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción, la cual se mantie-

ne en frascos de 1 L utilizando maíz como sustrato alimenticio y en condiciones controladas de 25 ± 5°C de temperatura y oscuridad total. La diferenciación de sexos se realizó con el criterio de Halstead (1963).

### Metodología

Se utilizó la metodología de Díaz (1985), para evaluar actividad insecticida por contacto. Esta consistió en mezclar en frascos de vidrio de 250 mL, 100 g de maíz con las diferentes concentraciones de aceite a evaluar. Una vez realizada la mezcla se esperó que los granos estuvieran secos al tacto, y luego cada frasco se infestó con 10 parejas de insectos de menos de 48 h de edad. Posteriormente los frascos se ubicaron en una cámara de cría en las condiciones señaladas anteriormente para la cría masiva de insectos.

### Evaluaciones.

Para estimar la actividad biológica de cada tratamiento se evaluaron las siguientes variables:

**Mortalidad.** La mortalidad de insectos adultos ( $F_0$ ) se evaluó 15 días después de la infestación (DDI) de los frascos con los insectos. Luego de este período se retiraron en forma definitiva y se cuantificaron los insectos vivos y muertos de cada tratamiento, de acuerdo a si mostraban movimiento al tocarlos cinco veces con un pincel (FAO, 1980). La valoración del porcentaje de mortalidad se corrigió con la fórmula de Abbott (1925). Luego de esta evaluación, los frascos se regresaron a la cámara de cría.

**Emergencia de insectos adultos ( $F_1$ ).** Considerando la duración del ciclo de *S. zeamais* la emergencia de insectos adultos se evaluó 55 DDI contabilizando el número de insectos adultos emergidos ( $F_1$ ) a partir del retiro de las 10 parejas con que inicialmente se infestó el grano. En esta variable la  $F_1$  del testigo se consideró como 100%.

**Porcentaje de pérdida de peso.** El porcentaje de pérdida de peso de los granos también se evaluó 55 DDI y se cuantificó por diferencia entre el peso inicial (100 g) y el final. En esta evaluación, con el objetivo de eliminar el efecto de una posible variación del peso por pérdida o ganancia de humedad se dejaron en la cámara bioclimática, a las mismas condiciones que los tratamientos, cinco frascos que contenían 100 g de maíz. Al momento de realizar la evaluación se verificó si estos frascos presentaban alguna variación en el peso, situación que no sucedió, por lo que se asumió que la diferencia de peso del grano se debía solo al efecto de *S. zeamais*. Por último, de acuerdo a los estándares internacionales, se consideró como una pérdida de peso significativa cualquiera que superara el 5% (González, 1995).

**Tabla 1. Aceites evaluados para el control de *Sitophilus zeamais* M. en laboratorio.****Table 1. Oils evaluated for the control of *Sitophilus zeamais* M. under laboratory conditions.**

Origen	Nombre científico	Nombre comercial	Origen	Empresa comercializadora
Almendra	<i>Prunus amygdalus</i> L.	Sweet almond oil	Italia	Aarhus Karlshamn UK Ltd.
Avellana europea	<i>Corylus avellana</i> L.	Hazelnut oil	Italia	Aarhus Karlshamn UK Ltd.
Calabaza	<i>Cucurbita pepo</i> L.	Pumpkin seed oil	Inglaterra	Aarhus Karlshamn UK Ltd.
Maíz	<i>Zea mays</i> L.	Aceite de maíz Chef	Chile	Watt's S.A.
Maní	<i>Arachis hypogaea</i> L.	Groundnut oil	Inglaterra	Aarhus Karlshamn UK Ltd.
Maravilla	<i>Helianthus annuus</i> L.	Aceite de maravilla Chef	Chile	Watt's S.A.
Mineral	--	Springhill	Chile	Agrícola Nacional SAC (ANASAC)
Nuez	<i>Juglans regia</i> L.	Walnut oil	Francia	Aarhus Karlshamn UK Ltd.
Oliva	<i>Olea europea</i> L.	Aceite de oliva Chef	Chile	Watt's S.A.
Pepita de uva	<i>Vitis vinifera</i> L.	Aceite pepita de uva Chef	Chile	Watt's S.A.
Ricino	<i>Ricinus communis</i> L.	Aceite de ricino	Chile	Furet S.A.
Sésamo	<i>Sesamum indicum</i> L.	Toasted sesame oil	México	Aarhus Karlshamn UK Ltd.
Soya	<i>Glycine max</i> L.	Aceite de soya	Chile	Nutrición y Alimentos S.A. (NUTRISA)

La mención de nombres o productos comerciales en esta investigación es sólo con el fin de proporcionar información específica, y no implica recomendación o aprobación por parte de cualquiera de las instituciones participantes en este estudio.

**Efecto ovicida y larvicida.** Esta estimación se realizó solamente en aquellos tratamientos que superaron el 95% de mortalidad de insectos adultos en el primer bioensayo de toxicidad. Para ello, en frascos de 250 mL se colocaron 100 g de maíz, que se infestaron con 10 parejas de insectos de menos de 48 h de edad, que se les dejó aparearse libremente durante 15 días. Al término de este período se retiraron todos los insectos y se mezcló el grano con los tratamientos seleccionados. Luego, los frascos se devolvieron a la cámara de cría por 40 días y al final de este período se evaluó la emergencia de la progenie ( $F_1$ ).

**Germinación.** En los aceites que alcanzaron un 95% de mortalidad de adultos se realizó una prueba de germinación con el objetivo de verificar si afectaban la germinación de las semillas. Para ello, por repetición, se escogieron al azar 30 semillas, las cuales se hicieron germinar durante una semana, a temperatura ambiente ( $22 \pm 2^\circ\text{C}$ ), en placas Petri acondicionadas con papel absorbente húmedo.

### Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente al azar. Cada tratamiento tuvo cinco repeticiones y el grupo completo de tratamientos se repitió tres veces en diferentes días para disminuir el error experimental. Los valores porcentuales se normalizaron transformándolos a arcoseno  $(x/100)^{1/2}$  (Little y Hills, 1976) para luego ser

analizados con el software Statistical Analysis System (SAS) (SAS Institute, 1998) mediante un análisis de varianza (Andeva) de una vía y un test de comparación de medias Tukey con un nivel de confianza de 95%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Mortalidad $F_0$

En treinta y cinco de los treinta y nueve tratamientos evaluados se obtuvo una mortalidad superior al 80% (Tabla 2). Sólo los tratamientos de aceite de ricino en concentraciones de 0,5 y 1% (v/p) con 53 y 62% de mortalidad, respectivamente, mostraron un valor significativamente menor ( $p \leq 0,05$ ) a los otros tratamientos.

Los resultados muestran la tendencia que al incrementar la concentración aumenta la mortalidad, lo que se refleja en la concentración de 2% (v/p), la más alta evaluada, donde 11 tratamientos alcanzaron un 100% de mortalidad. Resultados similares fueron reportados por otros autores utilizando diferentes aceites: aceite de soya (Qi y Burkholder, 1981; Obeng-Ofori y Amiteye, 2005; Demissie et al., 2008; Cerna et al., 2010; Ogunleye et al., 2010); maravilla (Demissie et al., 2008); maíz (Qi y Burkholder, 1981; Ivbijaro et al., 1985; Demissie et al., 2008); oliva (Demissie et al., 2008), maní (Qi y Burkholder, 1981; Ivbijaro et al., 1985; Obeng-Ofori y Amiteye, 2005); y algodón (Qi y Burkholder, 1981), los que en concentraciones de

5 y 10 mL kg<sup>-1</sup> superaron el 70% de mortalidad de *S. zeamais*.

Igualmente Salas (1984) obtuvo entre 62,5 y 100% de mortalidad de *S. oryzae* con aceite de algodón, cártamo, girasol, maíz, soya y oliva, a una concentración de 1% (p/v) y luego de una y tres horas de haber sido introducidos los insectos en los frascos. Sin embargo, estos resultados difieren con los obtenidos por Díaz (1985), en que los aceites de maravilla, maíz, olivo, sésamo, cártamo, algodón y soya, incluso en concentraciones de 10% (v/p), no sobrepasaron el 3,5% de mortalidad de *S. zeamais*. Una explicación a esta discrepancia podría corresponder a que Díaz (1985) señala que los aceites evaluados se compraron a granel en diferentes mercados de frutas y hortalizas, por lo que podrían presentar algún grado de adulteración o sencillamente ser de menor calidad que los utilizados en la presente investigación.

Los resultados obtenidos también señalan que no existe diferencia estadística ( $p > 0,05$ ) entre los aceites vegetales y el mineral. Esto permite inferir que dado el mayor costo de los aceites vegetales, el aceite mineral podría ser una buena opción para la protección de granos almacenados, aunque por ser un derivado del petróleo su uso en agricultura, especialmente orgánica, podría restringirse en el futuro. La toxicidad de los aceites vegetales en los insectos, según Shaaya et al. (1976) y Hill y Schoonhoven (1981), se debe a la presencia de ácidos grasos como oleico, linoleico y araquidónico, los que al inhibir la alimentación de los insectos causan la muerte por inanición. En el caso de los aceites minerales normalmente se les asigna un modo de acción tóxico por asfixia (Davidson et al., 1991), pero según Hewlett (1975) la interferencia de estos en la respiración de los insectos no sólo depende del tipo de aceite aplicado sino también de la especie de insecto, ya que este autor evaluó el aceite mineral Risella 17 sobre adultos de *S. granarius*, *S. oryzae* y *T. castaneum*, encontrando que las dos especies de *Sitophilus* eran más susceptibles al tratamiento debido a que este se introdujo por las tráqueas causando asfixia, situación que no se observó en *T. castaneum*. En el caso de la presente investigación, a pesar de que los granos aparentaban estar secos al tacto, se observó que las parejas de insectos introducidos mostraban dificultades al caminar sobre estos, por lo que se asume que se puede haber producido una transferencia del aceite desde la cubierta del maíz hacia el integumento del insecto, pudiendo cubrir los espiráculos y causar una interferencia en la respiración del insecto.

### Emergencia

En la totalidad de los aceites evaluados se observó una  $F_1$  al menos 50% menor que el testigo

(Tabla 2), lo cual según Lagunes (1994) se considera como prometedor para esta variable. Todos los tratamientos difieren estadísticamente del testigo, aunque cabe destacar que los tratamientos que mostraron un porcentaje de mortalidad de 100% en la  $F_0$  son también los que obtuvieron la menor  $F_1$ , por lo que se deduce que a mayor mortalidad menor es la  $F_1$ . Además, también se puede inferir que algunos tratamientos como aceite de avellana europea al 2%, nuez al 1% y soya al 1%, no presentan una acción insecticida inmediata ya que a pesar de mostrar un 100% de mortalidad presentaron una emergencia de 0,24%, lo que implica que los insectos alcanzaron a copular antes de morir. Por último, se puede deducir que los aceites presentan fundamentalmente una acción ovicida, ya que no se observó la presencia de larvas de ningún instar muertas.

Los resultados de este bioensayo son superiores a los de Díaz (1985), que en los tratamientos con aceite de maravilla, maíz, olivo y soya, a una concentración de 3% (v/p), registró una  $F_1$  entre 19 y 95%. La reducción de oviposición también ha sido reportada en otros productos almacenados tratados con aceites vegetales, como frejol (*Phaseolus vulgaris* L., Fabaceae) (Schoonhoven, 1978; Hill y Schoonhoven, 1981; Mushobozy et al., 2009); frejol chino (*Vigna unguiculata* (L.) Walp., Fabaceae) (Ahmed et al., 1988; Abdullahi et al., 2011); trigo (*Triticum aestivum* L., Poaceae) (Nikpay, 2007); sorgo (*Sorghum bicolor* L., Poaceae) (Obeng-Ofori, 1995); y garbanzo (*Cicer arietinum* L., Fabaceae) (Pacheco et al., 1995). Según Rajapakse (2006) la disminución de la oviposición se debe a que el aceite cubre el grano con una película oleosa que previene la adhesión del huevo a la cubierta de la semilla.

El tratamiento de aceite mineral tuvo una emergencia de 49,4 y 33,3% a las concentraciones de 0,5 y 1% (v/p), respectivamente, valores que a pesar de ser los mayores para esta variable no muestran diferencia estadística ( $p > 0,05$ ) con los aceites vegetales. Esto se debe a que las propiedades tóxicas y repelentes de este aceite se pierden más rápido que las de los de origen vegetal, ya que según Davidson et al. (1991) los aceites minerales tienen un reducido efecto residual, por lo que es probable que ya se había volatilizado al momento de la emergencia de las larvas de *S. zeamais*.

### Pérdida de peso

Los tratamientos que presentaron mayor mortalidad y menor  $F_1$  obtuvieron también una menor pérdida de peso (Tabla 2). En general, los resultados obtenidos fluctuaron entre 0 y 0,6 g mostrando todos los tratamientos diferencias significativas con respecto al testigo, que perdió 1,4 g de peso (Tabla 2).

**Tabla 2. Porcentaje de mortalidad ( $F_0$ ), emergencia de adultos ( $F_1$ ) de *Sitophilus zeamais* y pérdida de peso de maíz tratado en laboratorio con aceites vegetales y minerales.**

**Table 2. Percentage of mortality ( $F_0$ ) and emergence ( $F_1$ ) of *Sitophilus zeamais* adults and grain weight loss treated with vegetal and mineral oils under laboratory conditions.**

Aceite	Concentración*	Mortalidad ( $F_0$ )*	Emergencia ( $F_1$ ) *	Pérdida de peso*
	v/p	%	%	g
Almendra	0,5	98,40 ab	7,57 bc	0,010 b
	1	100,00 a	5,89 bc	0,020 b
	2	100,00 a	0,00 c	0,000b
Avellana europea	0,5	83,30 abc	17,08 bc	0,070 b
	1	93,00 ab	10,37 bc	0,150 b
	2	100,00 a	0,24 c	0,010 b
Calabaza	0,5	67,10 abc	8,92 bc	0,510 b
	1	92,00 ab	4,80 bc	0,190 b
	2	100,00 a	0,00 c	0,003 b
Maíz	0,5	89,40 abc	9,15 bc	0,570 b
	1	99,00 ab	4,43 bc	0,200 b
	2	100,00 a	0,00 c	0,000 b
Maní	0,5	88,00 abc	14,38 bc	0,150 b
	1	97,60 ab	0,78 c	0,020 b
	2	99,30 a	0,00 c	0,080 b
Maravilla	0,5	80,60 abc	0,77 c	0,170 b
	1	100,00 a	0,00 c	0,003 b
	2	100,00 a	0,00 c	0,000 b
Mineral	0,5	86,10 abc	49,37 b	0,150 b
	1	91,00 ab	33,33 bc	0,007 b
	2	100,00 a	0,00 c	0,000 b
Nuez	0,5	88,40 abc	23,67 bc	0,390 b
	1	100,00 a	0,24 c	0,020 b
	2	100,00 a	0,00 c	0,000 b
Oliva	0,5	92,30 abc	25,13 bc	0,110 b
	1	99,00 ab	0,49 c	0,020 b
	2	100,00 a	0,00 c	0,003 b
Pepita de uva	0,5	97,30 abc	12,68 bc	0,030 b
	1	99,30 a	0,00 c	0,007 b
	2	100,00 a	0,00 c	0,000 b
Ricino	0,5	53,70 c	18,40 bc	0,590 b
	1	62,30 bc	0,55 c	0,240 b
	2	95,60 ab	0,24 c	0,010 b
Sésamo	0,5	88,00 abc	26,37 bc	0,270 b
	1	97,60 ab	0,00 c	0,010 b
	2	100,00 a	0,00 c	0,020 b
Soya	0,5	75,10 abc	2,95 bc	0,050 b
	1	100,00 a	0,24 c	0,330 b
	2	100,00 a	0,00 c	0,003 b
Testigo	---	---	100,0 a	1,390 a

\*Tratamientos con igual letra no difieren estadísticamente entre si Tukey ( $p > 0,05$ ).

El tratamiento de aceite mineral mostró, a una dosis de 0,5% (v/p), una pérdida de peso de 0,15 g y si se considera que obtuvo una reducción de la  $F_1$  de 50% en relación al testigo, se deduce que esta variable no es necesariamente proporcional a la emergencia de insectos adultos. Esta sobrevivencia

de insectos sin alimentarse, de acuerdo a Díaz (1985), corresponde a una disminución en el tiempo de las propiedades tóxicas de los aceites y a la posterior oxidación de estos, produciendo aromas con efecto repelente que evitaron la alimentación de los insectos con el grano tratado.

### Efecto ovicida y larvicida

De acuerdo al criterio propuesto por Lagunes (1994), que considera un tratamiento como prometedor en el control de estados inmaduros, cuando se observa una reducción de 50% de la  $F_1$ , en relación con el testigo, se aprecia que de los 24 tratamientos evaluados diez de ellos cumplen con este umbral (Tabla 3).

La menor  $F_1$  (14%) se observó en el aceite mineral al 2% (v/p), lo que concuerda con la emergencia obtenida por este tratamiento en el control de insectos adultos, donde la concentración de 2% (v/p) mostró una  $F_1$  de 0%. Esto último permite inferir que el uso de aceite mineral para el control de plagas de los granos almacenados podría tener tanto un efecto preventivo como curativo. Sin embargo Davidson et al. (1991), señalan que el aceite mineral presenta mayor toxicidad sobre estados inmaduros, debido a que cubre la superficie del huevo con una capa oleosa

impidiendo el intercambio gaseoso. Además Fiori et al. (1963), indican que la baja volatilidad de los aceites minerales permite que estos permanezcan adheridos a la superficie del huevo por al menos 24 h, evitando la respiración y proporcionando durante mayor tiempo un ambiente tóxico para las larvas que emergen.

La emergencia de insectos en los tratamientos con aceite de maravilla, maíz y almendra muestran un aumento en la progenie cuando se incrementa la concentración de aceite (Tabla 3). Esta situación coincide con Díaz (1985), quien obtuvo mayor efecto ovicida/larvicida con 3 mL kg<sup>-1</sup> que con 9 mL kg<sup>-1</sup> de aceite. Según éste último autor, una explicación a esta situación es que algún compuesto presente en estos aceites estimuló al insecto a oviponer, como una respuesta de supervivencia para asegurar su progenie, ya que no pudo alimentarse de los granos por estar cubiertos de aceite.

**Tabla 3. Porcentaje de emergencia de insectos adultos ( $F_1$ ) y pérdida de peso y germinación del grano en la evaluación del efecto ovicida/larvicida de aceites vegetales y minerales en *Sitophilus zeamais*.**

**Table 3. Percentage of adult insect emergence ( $F_1$ ) and grain weight loss and germination when evaluating ovicidal/larvicidal effect of mineral and vegetal oils against *Sitophilus zeamais*.**

Aceite	Concentración	Emergencia	Pérdida de peso	Germinación
	v/p	%	g	%
Almendra	0,5	35,67 bcde	0,42 c	88 ab
Almendra	1	64,67 abcde	0,89 bc	66 cdef
Almendra	2	88,30 abc	1,46 abc	66 cdef
Avellana europea	2	82,30 abcd	3,13 ab	43 ghi
Calabaza	2	30,00 cde	0,41 c	37 hi
Maravilla	1	21,00 de	0,29 c	49 efgh
Maravilla	2	47,33 abcde	0,67 bc	34 hi
Maíz	1	42,67 abcde	0,53 c	40 ghi
Maíz	2	100,00 a	2,72 abc	59 defg
Maní	1	82,30 bdac	1,26 abc	38 ghi
Maní	2	89,00 bac	1,25 abc	79 abcd
Mineral	2	14,00 e	0,36 c	9,0 j
Nuez	1	100,00 a	2,35 abc	81 abc
Nuez	2	90,30 bac	1,02 abc	40 ghi
Oliva	1	98,00 ba	2,61 abc	99 a
Oliva	2	64,00 ebdac	1,18 abc	68 bcde
Pepita uva	0,5	61,00 ebdac	0,50 c	46 fgh
Pepita uva	1	51,00 ebdac	0,68 bc	70 bcde
Pepita uva	2	31,67 edc	0,47 c	86 abc
Ricino	2	35,67 ebdc	0,43 c	55 efgh
Sésamo	0,5	100,00 a	3,48 a	34 hi
Sésamo	2	33,00 edc	0,39 c	22 ij
Soya	1	73,67 ebdac	0,15 abc	67 bcdef
Soya	2	34,67 edc	0,56 c	39 ghi
Testigo	-	100,00 a	1,50 abc	41 ghi

\*Tratamientos con igual letra no difieren estadísticamente, Tukey ( $p > 0,05$ ).

### Pérdida de peso

En general las pérdidas de peso de todos los tratamientos fluctuaron entre 0,15 y 3,48 g, no registrándose diferencias significativas entre los aceites evaluados y el testigo (Tabla 3).

Los tratamientos con aceite de avellana europea y maíz al 2% (v/p), nuez y oliva al 1% (v/p) y sésamo al 0,5% (v/p) mostraron las mayores pérdidas de peso, lo que coincide con una alta emergencia de insectos adultos. Por otra parte, los tratamientos de aceite de maravilla al 1% y mineral al 2% (v/p) que tuvieron una alta mortalidad de estados inmaduros, registraron una pérdida de peso menor a 0,5 g, lo cual confirma el alto potencial de estos aceites en el control de plagas de granos almacenados.

### Germinación

Los aceites vegetales de avellana europea, calabaza, maíz, maní, maravilla, pepita de uva, ricino, sésamo, soya y el aceite mineral, no afectaron significativamente la germinación de las semillas de maíz. Incluso en diez de los 24 tratamientos evaluados se observó un porcentaje de germinación significativamente mayor ( $p \leq 0,05$ ) que el testigo (Tabla 3). Esto último, se debe a que por un tema de costos no se trabajó con semilla certificada sino que con maíz destinado a alimentación animal de gran heterogeneidad genética. Sin embargo, esta misma tendencia la reportan otros autores para distintos tipos de aceite: aceite de soya (Salas y Hernández, 1984; Obeng-Ofori, 1995; Pacheco et al., 1995; Cerna et al., 2010); ricino (Salas y Hernández, 1984; Khaire et al., 1992; sésamo (Salas y Hernández, 1984; Khaire et al., 1992); maní (Salas y Hernández, 1984; Ivbijaro et al., 1985; Khaire et al., 1992; Obeng-Ofori, 1995); maravilla (Khaire et al., 1992); maíz (Khaire et al., 1992; Obeng-Ofori, 1995); algodón (Obeng-Ofori, 1995); y mostaza (Ahmed et al., 1988; Khaire et al., 1992). Sin embargo, en los tratamientos de aceite de oliva, nuez y almendra, la dosis es inversamente proporcional a la germinación. En el caso del aceite de almendra un efecto similar es reportado por Nikpay (2007), quien encontró que una concentración de 10 mL kg<sup>-1</sup> redujo significativamente la germinación de semillas de trigo. Por otra parte, en el tratamiento con aceite de oliva los resultados no concuerdan con Salas y Hernández (1984), quienes concluyeron que este aceite no afecta la germinación. Esta disminución en la germinación podría deberse a que las semillas de maíz están compuestas mayoritariamente por un endosperma amiláceo, el cual absorbe fácilmente altas dosis de aceites, los cuales al entrar en contacto con el embrión impiden los procesos fisiológicos normales de la germinación (González, 1995).

Finalmente, se puede señalar que los aceites tanto de origen vegetal como mineral en el futuro pueden constituir una alternativa eficaz para el control de plagas de los granos almacenados. Sin embargo, se deberán realizar estudios orientados a determinar su composición, efectos negativos debido a su oxidación y su uso conjunto con otros medios de control como pueden ser el control biológico o los insecticidas convencionales.

### CONCLUSIONES

Los tratamientos con aceites de almendra, maravilla, nuez y soya, controlan, en condiciones de laboratorio, el 100% de la población de adultos de *S. zeamais*. En el control de estados inmaduros el aceite mineral presentó mayor efecto insecticida que los aceites vegetales. Por último, los aceites vegetales de avellana europea, calabaza, maíz, maní, maravilla, pepita de uva, ricino, sésamo, soya y mineral no afectan significativamente la germinación de las semillas de maíz.

### LITERATURA CITADA

- Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18:265-267.
- Abdullahi, N., Q. Majeed, and T.I. Oyeyi. 2011. Studies of the efficacy of *Vittallaria paradoxa* seed oil on the oviposition, hatchability of eggs and emergence of *Callasobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) on treated cowpea seed. *J. Entomol.* 8:391-397.
- Ahmed, K., F. Khaliq, M. Afzal, B.A. Malik, and M.R. Malik. 1988. Efficacy of vegetable oils for protection of greengram from attack of bruchid beetle. *Pakistan J. Agric. Res.* 9:413-416.
- Celis, J., and K. Kunadu-Yiadom. 1992. Pest control by non-chemical methods and reduced levels of chemicals in grain storage: a review. *Agro Sur* 20:56-65.
- Cerna, E., J. Landeros, Y. Ochoa, L. Guevara, M.H. Badii, y V.O. Portugal. 2010. Evaluación de aceites y extractos vegetales para el control de *Sitophilus zeamais* y su efecto en la calidad de semilla de maíz. *Rev. Fac. Cienc. Agrar. Univ. Nac. Cuyo* 42:135-145.
- Davidson, N., J.E. Dibble, M.L. Flint, P.J. Marer, and A. Guye. 1991. Managing insects and mites with spray oils. Publication 3347. Division of Agriculture and Natural Resources, University of California, Oakland, California, USA.
- Díaz, G.E. 1985. Actividades de aceites vegetales para proteger maíz almacenado contra gorgojo *Sitophilus zeamais*. Tesis Magister en



- Ciencias. Colegio de Postgraduados, Fac. Cienc. Agronómicas, Univ. Autónoma de Chiapas, Chiapas, México.
- Demissie, G., A. Teshome, D. Abakemal, and A. Tadesse. 2008. Cooking oils and "Triplex" in the control of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) in fam-stored maize. *Journal of Stored Product Research* 44:173-178.
- Don-Pedro, K.N. 1989. Mechanisms of action of some vegetable oils against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) on wheat. *Journal of Stored Products Research* 25:217-223.
- FAO. 1980. Recommended method for measurement of test resistance to pesticide. *Plan Production and Protection Paper N° 21*. FAO, Rome, Italy.
- Fiori, B.J., E.H. Smith, and P.J. Chapman. 1963. Some factors influencing the ovidical effectiveness of saturated petroleum oil and synthetic isoparaffins. *J. Entomol.* 56:885-888.
- González, H.R. 1989. Insectos y ácaros de importancia agrícola y cuarentenaria en Chile. Universidad de Chile / BASF. Santiago, Chile.
- González, U. 1995. El maíz y su conservación. Editorial Trillas, México DF, México.
- Haghtalab, N., N. Shayesteh, and S. Aramideh. 2009. Insecticidal efficacy of castor and hazelnuts oils in stored cowpea against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *J. Biol. Sci.* 9:175-179.
- Halstead, D.G.H. 1963. External sex differences in stored-products coleopteran. *Bull. Entomol. Res* 54:119-134.
- Hewlett S., P. 1975. Lethal action of a refined mineral oil on adult *Sitophilus granarius* (L.). *Journal of Stored Products Research* 11:119-120.
- Hill, J. and A.V. Schoonhoven. 1981. Effectiveness of vegetable oil fractions in controlling the Mexican weevil on stored beans. *J. Econ. Entomol.* 74:478-479.
- Isman, M. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellent in modern agriculture and increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.* 51:45-66.
- Ivbijaro, M.F., C. Ligan, and A. Youdeowi. 1985. Control of rice weevils, *Sitophilus oryzae* (L.) in stored maize with vegetable oils. *Agr. Ecosyst. Environ.* 14:237-242.
- Khaire, V.M., B.V. Kachare, and U.N. Mote. 1992. Efficacy of different vegetable oils as grain protectants against pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* L. in increasing storability of pigeonpea. *Journal of Stored Products Research* 28:153-156.
- Khalequzzaman, M., S. Hussain, A. Mahdi, and S.H.M. Osmand. 2007. Efficacy of edible oils in the control of pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* L. in stored pigeonpea. *Univ. J. Zool., Rajshahi Univ.* 26:89-92.
- Lagunes, A. 1994. Extractos y polvos vegetales y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia. Colegio de Postgraduados. USAID/CANACYT/BORUCON A. Texcoco, Estado de México, México.
- Larraín, P. 1994. Manejo integrado de plagas en granos almacenados. *Investigación y Progreso Agropecuario La Platina* 81:10-16.
- Little, T., and F. Hills. 1976. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Trillas, México D.F., México.
- Messina, F.J., y J.A.A. Renwick. 1983. Effectiveness of oils in protecting stored cowpeas from the cowpea weevil (Coleoptera: Bruchidae). *J. Econ. Entomol.* 76:634-636.
- Mummigatti, S.G., and A.N. Ragunathan. 1977. Inhibition of the multiplication of *Callosobruchus chinensis* by vegetable oils. *J. Food Sci. Technol.* 14:184-185.
- Mushobozy, D.M., G. Nganilevanu, S. Ruheza, and G.B. Swella. 2009. Plants oils as common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed protectants against infestations by the Mexican bean weevil *Zabrotes subfasciatus* (Boh). *J. Plant Protect. Res.* 49:35-40.
- Nikpay, A. 2007. Insecticidal efficacy of three vegetable oils as post-harvest grain protectants of stored wheat against *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). *Insect Science* 14:145-150.
- Obeng-Ofori, D. 1995. Plant oils as grain protectants against infestations of *Cryptolestes pusillus* and *Rhyzopertha dominica* in stored grain. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 77:133-139.
- Obeng-Ofori, D., and S. Amiteye. 2005. Efficacy of mixing vegetable oils with pirimiphos-methyl against the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky in stored maize. *Journal of Stored Products Research* 41:57-66.
- Ogunleye, R.F., O.M. Ogunhoya, and F.O. Abulude. 2010. Effect of the seed oil of three botanicals, *Jatropha curcas* (L.), *Helianthus annuus* (L.) and *Cocos nucifera* (L.) on the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Mots). *Plant Prod. Res. J.* 14:14-18.
- Pacheco, I., M.F. De Castro, D.C. De Paula, A. Lourenção, S. Bolonhezi, and M.K. Barbieri. 1995. Efficacy of soybean and castor oils in the control of *Callosobruchus maculatus* (F.) and *Callosobruchus phaseoli* (Gyllenhal) in stored chick-peas (*Cicer arietinum* L.). *Journal*

- of Stored Products Research 31:221-228.
- Qi, Y., and W.E. Burkholder. 1981. Protection of stored wheat from the granary weevil by vegetable oils. J. Econ. Entomol. 74:502-505.
- Rajapakse, R.H.S. 2006. The potential of plants and plant products in stored insect pest management. J. Agr. Sci. 2:11-21.
- Rajapakse, R.H.S., and H.F. Van Emden. 1997. Potential of four vegetable oils and ten botanical powders for reducing infestation of cowpeas by *Callosobruchus maculatus*, *C. chinensis* and *C. rhodesianus*. Journal of Stored Products Research 33:59-68.
- Salas, J. 1984. Protección de semillas de maíz contra el ataque de *Sitophilus oryzae* a través del uso de aceites vegetales. Agron. Trop. 35:13-18.
- Salas, J., y G. Hernández. 1984. Protección de semillas de quinchoncho (*Cajanus cajan*) contra el ataque de *Acanthoselides obtectus* y *Callosobruchus maculatus* a través del uso de aceites vegetales. Agron. Trop. 35:19-27.
- SAS Institute. 1998. **UNIX Environment and derivatives**. Versión 6. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Schoonhoven, A.V. 1978. Use of vegetable oils to protect stored beans from bruchid attack. J. Econ. Entomol. 71:254-256
- Shaaya, E., G. Grossman, and R. Ikan. 1976. The effect of straight chain fatty acids on growth of *Calandra oryzae*. Israel J. Entom. 11:81-91.
- Silva, G., A. Lagunes, y J. Rodríguez. 2003. Control de *Sitophilus zeamais* (Coleóptera: Curculionidae) con polvos vegetales solos y en mezcla con carbonato de calcio en maíz almacenado. Cienc. Investig. Agrar. 30:153-160.
- Silva, G., A. Lagunes, J. Rodríguez, y D. Rodríguez. 2002. Insecticidas vegetales: una vieja y nueva alternativa en el manejo de plagas. Manejo integrado de plagas y agroecología (Costa Rica) 66:4-12
- Sing, S., R. Luse, K. Leuschner, and D. Nangju. 1977. Groundnut oil treatment for the control of *Callosobruchus maculatus* (F) during cowpea storage. Journal of Stored Products Research 14:77-80.
- Su, H.C.F., R.D. Speirs, and P.G. Mahany. 1972. Citrus oils as protectants of black-eye peas against cowpea weevils: laboratory evaluation. J. Econ. Entomol. 65:1433-1436.
- Yuya, A., A. Tadesse, F. Azerefegne, and T. Tefera. 2009. Efficacy of combining niger seed oil with malathion 5% dust formulation on maize against the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Stored Products Research 45:67-70.