

**ACEITES ESENCIALES PARA CONTROLAR *Acanthoscelides obtectus* (SAY) Y *Sitophilus zeamais* (MOTSCHULSKY) PLAGAS DE GRANOS ALMACENADOS<sup>1</sup>**

**[ESSENTIAL OILS FOR CONTROL OF *Acanthoscelides obtectus* (SAY) AND *Sitophilus zeamais* (MOTSCHULSKY) PEST OF STORED GRAINS]**

**Germán Chávez-Díaz<sup>1</sup>, Ma. Elena Valdés-Estrada<sup>2</sup>, María Candelaria Hernández-Reyes<sup>2</sup>, Mirna Gutiérrez-Ochoa<sup>2</sup>, María Guadalupe Valladares-Cisneros<sup>3§</sup>**

<sup>1</sup>Estudiante de Ingeniería Química. Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa. Cuernavaca, Morelos. México. C.P. 62209. <sup>2</sup>Laboratorio de Entomología. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI). Instituto Politécnico Nacional. Km 6, carretera Yautepec-Jojutla calle Ceprobi 8 Col. San Isidro Yautepec, Morelos. México. <sup>3</sup>Laboratorio de Productos Fitoquímicos Activos. Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa. Cuernavaca, Morelos. México. C.P. 62209. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (mg.valladares@uaem.mx).

**RESUMEN**

Se evaluaron los aceites esenciales (AE) de *Thymus vulgaris* (tomillo), *Origanum vulgare* (orégano) y *Mentha spicata* (menta), empleados individualmente a 5 y 10  $\mu\text{L g}^{-1}$  en su efecto repelente y la toxicidad por contacto sobre *Acanthoscelides obtectus* (plaga de frijol) y *Sitophilus zeamais* (plaga de maíz). El mayor efecto de repelencia (o índice de repelencia, IR) sobre *S. zeamais* fue con 5  $\mu\text{L g}^{-1}$  del AE de orégano (IR = 0.30), mientras que con el AE de tomillo a 10  $\mu\text{L g}^{-1}$  se alcanzó un IR = 0.77. Todos los AE empleados a las mismas concentraciones sobre adultos de *A. obtectus* mostraron IR más bajos. El 100% de toxicidad por contacto en contra de *S. zeamais* se obtuvo con el AE de orégano, produciendo una mínima emergencia de insectos adultos. La toxicidad por contacto en contra de *A. obtectus*, se logró con los AE de tomillo y orégano (100% de mortalidad). Mientras que el AE de menta a 5  $\mu\text{L g}^{-1}$  se obtuvo un 65% de mortalidad. Se concluye que los AE de tomillo, orégano y menta, presentaron actividad biológica como insecticidas con efectos de contacto y repelente para controlar adultos de plagas de granos almacenados *S. zeamais* y *A. obtectus*.

**Palabras clave:** *Acanthoscelides obtectus*, insecticidas naturales, plagas de granos almacenados, *Sitophilus zeamais*.

---

<sup>1</sup> Recibido: 25 de julio de 2016.  
Aceptado: 21 de septiembre de 2016.

## ABSTRACT

Essential oils (EO) of *Thymus vulgaris* (thyme), *Origanum vulgare* (oregano) y *Mentha spicata* (spearmint) were evaluated in individual form as repellent effect and toxicity at 5 and 10  $\mu\text{L g}^{-1}$  against *Acanthoscelides obtectus* () and *Sitophilus zeamais* (pest of corn). The best repellence effect (or repellence index, RI) against *S. zeamais* was oregano EO at 5  $\mu\text{L g}^{-1}$  with a RI = 0.30, meanwhile thyme EO produces a RI = 0.77 with 10  $\mu\text{L g}^{-1}$ . All EO showed repellence activity against *A. obtectus*. The 100% of toxicity by contact against *S. zeamais* was with oregano EO and the emergencies of adult insects were minimum. The 100% of toxicity by contact against *A. obtectus* was obtained with thyme and oregano. Meanwhile, the spearmint EO at 5  $\mu\text{L g}^{-1}$  showed 65% of mortality. In conclusion, the three EO showed biological activity as insecticides with contact and repellent effects against adults of stored grain pests *S. zeamais* y *A. obtectus*.

**Index words:** *Acanthoscelides obtectus*, natural insecticides, pest of stored grain, *Sitophilus zeamais*.

## INTRODUCCIÓN

Dentro de los factores que interfieren en la calidad final de los granos almacenados, el ataque de plagas se destaca por ocasionar la mayor pérdida del producto. En América Latina, entre el 30 y 40 % de la producción de maíz se pierde durante su almacenamiento (Lagunes, 1994). En México los gorgojos causan del 30 a 40% de las pérdidas de frijol negro almacenado (García-Oviedo, 2007).

*Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae), mejor conocido como “gorgojo del maíz” es una de las plagas más importantes que atacan los granos almacenados en regiones tropicales (Airenilmar *et al.*, 2005; de Souza *et al.*, 2006). Es considerado una plaga primaria por atacar granos tanto en campo como en bodegas y su acción es más intensa es granos de maíz, pero también puede afectar sorgo, trigo, arroz y algunos productos industrializados secos (Rees, 1996).

El ciclo de vida de *Acanthoscelides obtectus* (Say), se completa en las semillas almacenadas, esta plaga se caracteriza por una alta capacidad reproductiva, lo que conduce a altos niveles de población en un periodo relativamente corto (Balachowsky, 1962). El daño económico causado por las larvas en desarrollo es muy importante, porque es cuando se alimenta intensamente del grano, perjudicando la viabilidad de la semilla y ocasionando el ingreso de patógenos (Ospina, 1981).

El frijol junto con el maíz, son los productos agrícolas que más se producen en el norte de Sinaloa, siendo los principales alimentos para los habitantes de esa región y de buena parte de nuestro país (Hernández-Guzmán y Carballo-Carballo, s. f.). El aumento de la demanda de alimentos, en función del crecimiento poblacional, exige el desarrollo y el perfeccionamiento de

nuevas técnicas de manejo de granos durante el almacenamiento. El control de *S. zeamais* en granos de maíz almacenado, ha sido comúnmente realizado a gran escala mediante la utilización de insecticidas sintéticos protectores y fumigantes en silos y bodegas de almacenamiento, principalmente con la aplicación de fosfato de aluminio, cuyo ingrediente activo es la fosfina. Otro tipo de control es a través de limpieza de paredes, pisos y techos de los sitios de almacenamiento con malatión o fenotritión en dosis de 1-2 mL L<sup>-1</sup> de agua (Franco, 1986). El control de *A. obtectus* se basa principalmente en la aplicación de insecticidas sintéticos en granos almacenados. Estos insecticidas son principalmente compuestos organofosforados y piretroides, y los residuos de una sola aplicación a menudo pueden evitar que los insectos se establezcan en el grano almacenado.

A pesar de ser eficiente y económico el uso de insecticidas sintéticos, esta medida de control puede provocar efectos indeseables, como intoxicaciones a los aplicadores, presencia de residuos tóxicos en los granos, aumento en los costos de almacenamiento y desarrollo de poblaciones resistentes (Guedes *et al.*, 1995; Silva, 2001; Tapondjou *et al.*, 2002; Ribeiro *et al.*, 2003; Obeng-Ofori y Amiteye, 2005). Por lo que el uso de insecticidas de acción residual es cada vez menos deseable debido a la resistencia en los principales insectos (Pimentel *et al.*, 2007).

El deseo de los consumidores de un país libre de plaguicidas-producto ha conducido al resurgimiento del estudio y aplicación de los productos naturales de origen vegetal en el manejo de plagas en campo y en almacenamiento (Lorini y Galley, 1999; Ayvaz *et al.*, 2010), debido a que el uso de compuestos para la protección de cultivos, ha sido una de las técnicas más antiguas de la agricultura (Isman, 2006).

Se ha reportado que los aceites esenciales (AE) de especies vegetales pertenecientes a las familias: Meliaceae, Rutaceae, Verbenaceae, Asteraceae, Lamiaceae, y Piperaceae, presentan propiedades insecticidas en contra de plagas de importancia económica, como los Coleoptera (Aboua *et al.*, 2010, Ayvaz *et al.*, 2010, Saroukolai *et al.*, 2010). El empleo individual de los AE de *Origanum basilicum* L. y *Origanum gratissimum* L. (Lamiaceae) provocó la mortalidad del gorgojo *Callosobruchus maculatus* F., en granos almacenados. El efecto letal de los AE fue atribuido al contenido de carvacrol y timol (Sékou-Moussa *et al.*, 2001).

Los aceites esenciales de *Piper aduncum* y *Piper hispidinervum* (Piperaceae) fueron tóxicos por contacto, aplicación tópica y fumigación para adultos de *S. zeamais* (Estrella, 2006). Bittner *et al.* (2008) reportaron que el AE de *Origanum vulgare* en contra de *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera: Curculionidae) y *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae), mostró efecto insecticida que fue atribuido al contenido de eugenol. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar la actividad volátil, repelente y por contacto a nivel laboratorio de los AE de tomillo (*T. vulgaris*), orégano (*O. vulgare*) y menta (*M.*) en contra de *S. zeamais* y *A. obtectus*, plagas de granos almacenados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Aceites esenciales

Los aceites esenciales utilizados fueron de tomillo, menta y orégano. Estos AE se adquirieron comercialmente en grado analítico de REASOL®.

### Cría de insectos

Para la cría del insecto *Acanthoscelides obtectus* se utilizó como sustrato grano de frijol *Phaseolus vulgaris*, variedad flor de mayo. Para *Sitophilus zeamais* se empleó maíz pozolero *Zea mais* L., raza ancho, los granos fueron adquiridos en el Centro Comercial “Centenario” de Yautepec, Morelos. Los granos fueron limpiados y almacenados a -4°C por 48 h para inhibir la posible contaminación del grano por huevos y larvas (para la realización de los bioensayos). La identificación de los insectos fue realizada por el Dr. Luis Jorge Gutiérrez-Díaz, especialista independiente en insectos de granos almacenados.

Se depositaron individualmente 1,000 g de frijol y de maíz en recipientes de plástico de 2 L (17 cm de altura y 10 cm de diámetro). Se introdujeron 50 hembras y 50 machos de la generación F1, de cada una de las especies de insecto, obtenidos de grano de frijol y maíz contaminado, esto con la finalidad de iniciar la cría en laboratorio. El grano y los insectos se mantuvieron a temperatura ambiente de 27°C, 50 % de humedad relativa (HR) y fotoperiodo de 13:11.

### Bioensayo de actividad volátil (toxicidad)

Discos de papel filtro de 2 cm de diámetro impregnados con AE en dosis de 5 y 10 µL, fueron colocaron en el interior de un vaso de precipitado de 10 ml. Este vaso fue colocado dentro de un frasco de vidrio más grande (250 mL) aproximadamente de 10 cm de altura por 5 cm de ancho, con tapón de rosca, el cual contenía 10 insectos de la especie a ensayar (Figura 1). Las evaluaciones de cada AE por dosis para cada insecto se realizaron tres repeticiones para cada una de las plagas y del AE. El control se preparó bajo las mismas condiciones pero libre de AE. Los experimentos se realizaron a temperatura ambiente  $27 \pm 2^\circ\text{C}$ , 50 % HR.



Figura 1. Dispositivo para el bioensayo de actividad volátil.

El porcentaje de mortalidad de los adultos por tiempo y acumulada se registró a las 2, 4, 6, 24, 48 y 72 h, los individuos inmóviles se consideraron muertos hasta después de haber sido estimulados con un pincel y si éstos continuaron inamovibles fueron retirados del contenedor.

### Bioensayo de repelencia

La actividad repelente de los AE de tomillo, menta y orégano se realizó a través de la metodología de Mazzonetto y Vendramim (2003). Se elaboró el dispositivo ‘arena de libre elección’, formado por 5 cajas de plástico de 5.5 cm de diámetro, conectadas en forma diagonal a una placa central por mangueras plásticas de 10 cm de longitud formando una “X” (Figura 2).

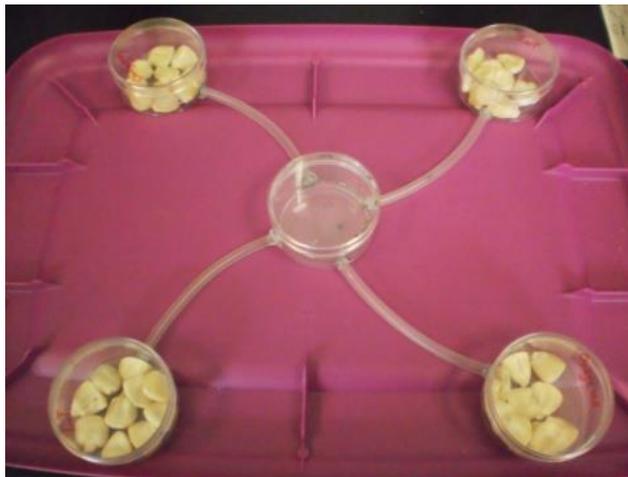


Figura 2. Dispositivo arena de libre elección (Mazzonetto y Vendramim, 2003).

En la caja central, se depositaron 20 adultos de cada especie, en las cuatro cajas laterales se colocaron 10 g de maíz (o frijol), en dos placas diagonales se colocaron los AE a evaluar en concentraciones de 5 y 10  $\mu$ L, las otras dos placas estuvieron libres de AE (testigo). A las 24 h de establecido el bioensayo se contabilizó el número de insectos presentes por caja. Con los valores obtenidos se calculó el índice de repelencia (IR, Ec. 1) de acuerdo con Mazzonetto y Vendramim (2003) quienes clasifican a los tratamientos con actividad repelente si el IR es menor a 1, con actividad atrayente si el valor del IR es mayor a 1 y como neutro si el valor de IR es igual a 1.

$$IR = \frac{2G}{G+P} \dots\dots\dots \text{Ecuación 1}$$

Donde IR = índice de repelencia, G es el % de insectos en el tratamiento y P corresponde al % porcentaje de insectos en el testigo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los Cuadros 1 y 2, se muestran los porcentajes de insectos de *A. obtectus* y *S. zeamaíz* muertos debido al efecto de cada AE, respectivamente, con respecto al tiempo. Con 10  $\mu$ L de AE

de se alcanzaron actividades tóxicas volátiles en contra del gorgojo del frijol (Cuadro 1). El AE de tomillo causó un porcentaje de mortalidad acumulada del 83% a las 2 h. El AE de menta causó la muerte del 99.3% de insectos murieran a las 24 h. El AE de orégano provocó a las 48 h que un 46.5% de insectos murieran.

Cuadro 1. Toxicidad volátil de aceites esenciales contra *Acanthoscelides obtectus*.

Aceite esencial	Dosis (µL)	Mortalidad de insectos (%)						Acumulada
		2 h	4 h	6 h	24 h	48 h	72 h	
Tomillo	5	6.6	16.6	16.0	23.0	10.0	23.0	95.8
	10	83.0	0	0	3.3	13.0	---	99.6
Menta	5	0	30.0	3.3	20.0	23.0	3.3	79.6
	10	0	3.3	3.3	93.0	0	---	99.6
Orégano	5	3.3	6.6	0	0	0	0	9.9
	10	0	3.3	0	16.6	26.6	0	46.5
Testigo	---	0	0	0	0	0	0	0

Para *S. zeamais* (Cuadro 2) 10 µL el AE de menta mostro toxicidad volátil, provocando que un 53.3 % de insectos murieran a las 24 h. El experimento del AE de tomillo produjo mortalidad acumulada para *S. zeamais* del 95.8 % cuando se emplearon 10 µL del AE.

Cuadro 2. Toxicidad volátil de aceites esenciales contra *Sitophilus zeamais*.

Aceite esencial	Dosis (µL)	Mortalidad de insectos (%)						Acumulada
		2 h	4 h	6 h	24 h	48 h	72 h	
Menta	5	10	ND	ND	66.6	6.6	10.0	93.2
	10	36.6	ND	ND	53.3	3.3	---	93.2
Tomillo	5	3.3	ND	ND	26.6	23.0	16.6	69.5
	10	16.6	ND	ND	36.0	26.6	16.6	95.8
Testigo	---	0	0	0	0	0	0	0

ND = No determinado.

Los resultados obtenidos son concordantes con reportes de la literatura, Shaaya *et al.* (2007) lograron controlar varias especies de gorgojos, tales como: *Rhyzoperta dominica* (pequeño barrenador de los granos); *Oryzaephylus surinamensis* (gorgojo dientes de sierra), *Tribolium castaneum* (gorgojo castaño de la harina) y *Sitophilus oryzae* (gorgojo del arroz), empleando AE de orégano (*Origanum* sp.), tomillo (*Thymus vulgaris*), laurel (*Laurus nobilis*), menta (*Mentha* sp.), romero (*Rosmarinus officinalis*), lavanda (*Lavandula* sp.), albahaca (*Ocimum basilicum*), mejorana (*Mejorana hortensis*), salvia (*Salvia officinalis*), y anís (*Pimpinella anisum*). En el mismo sentido se han observado que los aceites esenciales de romero, tomillo, albahaca y canela (*Cinnamomun* sp.) inhibían la reproducción de *Acanthoscelides obtectus* (gorgojo de las judías).

### Efecto repelente

Los AE de tomillo (*T. vulgaris*), orégano (*O. vulgare*) y menta (*M. spicata*), presentaron efecto de repelencia en contra de *S. zeamais* y sobre adultos de *A. obtectus* (Cuadro 1). *S. zeamais* fue repelido con 5  $\mu\text{L/g}$  de *O. vulgare* (IR = 0.30), mientras que con 10  $\mu\text{L/g}$  del AE de *T. vulgaris* el índice de repelencia sobre *S. zeamais* fue de 0.77. Pizarro *et al.*, (2013) mencionan que *Peumus boldus* en polvo a baja concentración tiene efecto repelente sobre adultos de *S. zeamais*, argumentando que los adultos de *S. zeamais* son capaces de detectar AE a través del olfato, evitándolos cuando tiene oportunidad de escoger.

Cuadro 3. Índice de repelencia de Aceites Esenciales sobre adultos de *Sitophilus zeamais* y *Acanthoscelides obtectus*.

Tratamiento	<i>Sitophilus zeamais</i>		<i>Acanthoscelides obtectus</i>	
	Concentración ( $\mu\text{L}$ )	Índice de repelencia (IR)	Concentración ( $\mu\text{L}$ )	Índice de repelencia (IR)
<i>Thymus vulgaris</i> (Tomillo)	5	0.61	5	0.16
	10	0.77	10	0.13
<i>Origanum vulgare</i> (Orégano)	5	0.30	5	0.13
	10	0.60	10	0.10
<i>Mentha spicata</i> (Menta)	5	0.43	5	0.16
	10	0.48	10	0.35

IR=1 neutro, IR>1 atrayente, IR<1 repelente.

El AE de menta mostro un índice de repelencia de 0.16 cuando se empleó a una concentración de 5  $\mu\text{L/g}$ . Sin embargo el AE de tomillo a una concentración de 10  $\mu\text{L/g}$  ejerció efecto repelente sobre *A. obtectus* (IR = 0.13) y a la misma concentración el AE de orégano mostro un IR = 0.10. De acuerdo a Mazzonetto y Vendramim (2003); los valores de IR menores de 1, evidencian a las sustancias con mayor efecto repelente. Estos resultados concuerdan con los valores reportados en la literatura para otros AE, tal es el ejemplo de *Ricinus communis* el cual causo efecto repelente sobre adultos de *A. obtectus* (Mateeva *et al.*, 1997).

Los resultados sugieren realizar la identificación química, al menos, de los componentes mayoritarios de los AE Bioactivos para estos insectos plaga y de ser posible realizar la evaluación biológica en forma individual.

### CONCLUSIONES

Los aceites esenciales de tomillo (*Thymus vulgaris*), orégano (*Origanum vulgare*) y menta (*Mentha spicata*) ejercieron un efecto repelente y efecto tóxico. Es notable considerar estos

efectos sobre insectos de granos almacenados como maíz y frijol, porque estos aceites esenciales (AE) podrán ser considerados como una alternativa de control sustentable sobre insectos plaga de granos almacenados, amigable con el medio ambiente.

### LITERATURA CITADA

- Aboua, L. R., N. B. Seri-Kouassi, and H. K. Koua. 2010. Insecticidal activity of essential oils from three aromatic plants on *Callosobruchus maculatus* F., Eur J. Sci. Res. 39: 243-250.
- Airenilmar, A. L., L. R. da Silva, L. R. D'A. Faroni, R. N. C. Guedes, , J. H. Martins, and A. G. Pimentel. 2005. Modelos analíticos do crescimento populacional de *Sitophilus zeamais* em trigo armazenado. Engenharia Agrícola e Ambiental 10: 55-65.
- Ayvaz, A., O. Sagdic, S. Karaborklu, and I. Ozturk. 2010. Insecticidal activity of the essential oils from different plants against three stored-product insects. J. Insec. Sci. 10: 1-13.
- Balachowsky, A. S. 1962. Entomologie Appliquée à l'Agriculture. Tome I, Coléopteres. Masson, Paris, France. pp. 148-151.
- Bittner, M., M. Casanueva, C. Albert, M. Aguilera, V. Hernández and J. Becerra. 2008. Effects of essential oil from five plant species against the granary weevils *Sitophilus zeamais* and *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera). J. Chil. Chem. Soc. 53: 1455-1459.
- De Souza, A. H., P. Borges, A. Da Costa, A. Soto and T. F. Consta. 2006. Desempeño de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) en diferentes variedades de maíz y condiciones atmosféricas. Revista Verde de Agroecología e Desenvolvimento Sustentável 1(1): 20-25.
- Estrella, J. L. V. 2006. Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. Pesquisa Agropecuária Brasileira 41(2): 217-222.
- Franco, T. L. 1986. Insectos del frijol almacenado y su control. Disponible en línea, <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/70588>. Consultado, 22 Julio, 2017.
- García-Oviedo, J. A. 2007. Elabora IPN frijol instantáneo altamente nutritivo. El Universal, Nota periodística. Disponible, <http://archivo.eluniversal.com.mx/articulos/39081.html>, Consultado: 22 Julio, 2017.
- Guedes, R. N. C., J. O. L. Lima, J. P. Santos, and C. D. Cruz. 1995. Resistance to DDP and pyrethroids in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera: Curculionidae). Journal Stored Products Research 31: 145-150.
- Hernández-Guzmán, J. A. y A. Carballo-Carballo (s.f.) Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Ficha Técnica, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (AGARPA). México, pp. 1-8.
- Isman, M. B. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annual Review of Entomology 51: 45-66.

- Lagunes, T.A. 1994. Extractos, polvos vegetales y polvos minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia. Memoria. Colegio de Postgraduados-USAID-CONACYT-BORUCONSA. Montecillo. Texcoco. México. p. 32.
- Lorini, I. and D. J. Galley. 1999. Deltametrin resistance in *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrychidae) a pest of stored grain in Brazil. *Journal of Stored Product Research* 35: 37-46.
- Mateeva, A., S. Stratieva and D. Andonov. 1997. The effect of some plant extracts on *Acanthoscelides obtectus* Say. *Med. Fac. Landb. Toeg. Biol. Wetensch.* 62:513-515.
- Mazzonetto, F. y J. D. Vendramim. 2003. Efeito de pós de origem vegetal sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) em feijão armazenado. *Neotropical Entomology* 32: 145-149
- 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 Stored Products Research* 41: 57-66.
- Ospina O, H. 1981. Principales insectos que atacan el grano de frijol almacenado. Cali, Colombia, CIAT. p. 29.
- Pimentel, M. A. G., L. R. D. Faroni, M. R. Tótolaand R.N. C. Guedes. 2007. Phosphine resistance, respiration rate and fitness consequences in stored-product insects. *Pest Management Science* 63(9): 876-881.
- Rees, D.P. 1996. Coleoptera. In *Integrated Management of Insects in Stored Products*. By Subramanyan, B. & Hagstrum, D.W. Volume 1. Marcel Dekker, New York. 426 p.
- Ribeiro, B. M., R. N. C. Guedes, E. E.Oliveira and J. P. Santos. 2003. Insecticide resistance and synergism in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research* 39: 21-31.
- Saroukolai, A., S. Moharramipour and M. H. Meshkatalasadat. 2010. Insecticidal properties of *Thymus persicus* essential oil against *Tribolium castaneum*. *J. Pest Sci.* 83: 3-8.
- Sékou-Moussa, K., S. Jean-Pierre, A. John-Thorand A. Bélanger. 2001. Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab). (Coleoptera: Bruchidae). *J. Stored Prod. Res.* 37: 339-349.
- Shaaya, E., A. Rafaeli. 2007. Essential oils as biorational insecticides potency and mode of action. *In: Insecticides design using advanced technologies*. By Ishaaya, I., R. Nauen, and A. R. Horowitz. Springer Berlin Heidelberg. pp. 249-261.
- Silva, G. A. 2001. Evaluación de polvos vegetales solos y en mezcla con inertes minerales para el combate de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en maíz almacenado: Tesis (Magíster en Ciencias), Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Texcoco. 75 p.
- Tapondjou, L. A., C. Alder, H. Bouda and D. A. Fontem. 2002. Efficacy of powder and essentials oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectant against six-stored product beetles. *Journal of Stored Products Research* 38: 395-402.