

ACTIVIDAD INSECTICIDA DE *Melia azedarach* L. (MELIACEAE) SOBRE *Sitophilus zeamais* Motschulsky (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

INSECTICIDAL ACTIVITY OF *Melia azedarach* L. AGAINST *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

María E. Espinoza P., Gonzalo Silva A.^{1*}, Maritza Tapia V.¹, J. Concepción Rodríguez M.², Angel Lagunes T.², Candelario Santillán-Ortega³, Agustín Robles-Bermúdez³, y Sotero Aguilar-Medel⁴.

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

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

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

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

⁴ Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario Tenancingo, Tenancingo, Estado de México, México.

RESUMEN

El gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) es considerado a nivel mundial como plaga primaria de los productos almacenados, y su control normalmente se realiza con insecticidas sintéticos. Se evaluó en condiciones de laboratorio las propiedades insecticidas y repelentes del polvo de hojas, frutos y tallos leñosos de *Melia azedarach* L. (Meliaceae) en concentraciones de 0,5; 1,0 y 2,0% (p/p) para el control de *S. zeamais*. La mayor mortalidad, como insecticida de contacto, se obtuvo con el polvo de hojas y frutos al 2% con 91% de mortalidad. No se observó actividad significativa como fumigante, ya que ningún tratamiento superó el 30% de mortalidad. Los polvos de las tres estructuras vegetales mostraron efecto repelente, aunque la mayor actividad se observó en el polvo de hojas. Finalmente, el polvo de tallos leñosos afectó la germinación del trigo. El polvo de *M. azedarach* presenta perspectivas auspiciosas para el control de *S. zeamais*.

Palabras clave: granos almacenados, insecticidas vegetales, gorgojo del maíz.

ABSTRACT

The maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) is considered a worldwide pest of stored products and its control is usually performed with synthetic insecticides. The insecticidal and repellent properties of powder of *Melia azedarach* L. (Meliaceae) leaves, fruits and woody stems in concentrations of 0.5, 1.0 and 2.0% (w/w) against *S. zeamais* were evaluated under laboratory conditions. The highest mortality as contact insecticide was obtained with fruit and leaf powder at 2% with 91% of mortality. Significant fumigant activity was not observed because no treatment exceeded 30% of mortality. Powder of the three vegetal structures showed repellent effect but the highest activity was observed in the powder of leaves. Finally, the powder of woody stems affected wheat germination. Thus *M. azedarach* powder has a great potential to control *S. zeamais*.

Key words: stored grains, botanical insecticides, maize weevil

INTRODUCCIÓN

El gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) es una importante plaga de productos almacenados a nivel mundial. El ataque de esta especie comienza en el campo y si en el almacenaje no se toman medidas de control, en seis meses puede ocasionar la completa destrucción de los granos. El principal daño lo provoca al alimentarse del endosperma de estos, junto con que su respiración aumenta la temperatura y permite el ingreso de plagas secundarias de insectos u hongos (Larraín, 1994).

El control de insectos asociados a productos almacenados se realiza principalmente con insecticidas sintéticos (Tavares y Vendramim, 2005a). Aun cuando son eficientes, su uso ha provocado problemas como contaminación ambiental, desequilibrio ecológico, intoxicación de los usuarios, residuos en los alimentos y desarrollo de insectos resistentes. Estas razones han incentivado la búsqueda de nuevas alternativas como son los insecticidas de origen vegetal (Tavares y Vendramim, 2005b). Según Weaver y Subramanyam (2000), el uso más sencillo de estos compuestos en la protección de granos almacenados, es secar las plantas, pulverizarlas y posteriormente mezclarlas con el grano.

La familia Meliaceae es conocida por incluir especies con propiedades insecticidas, como *Azadirachta indica* J., *Melia azedarach* L. y varias especies del género *Trichillia* (Castillo-Sánchez et al., 2010). Sin embargo, la única presente en Chile es *M. azedarach*, la cual se utiliza como ornamental y se conoce vulgarmente como Melia, Jazmín, Paraíso o Neem Chino (Hoffmann, 1995). En otras partes del mundo existen reportes de que los polvos, extractos y aceites de esta planta presentan actividad fungicida (Carpinella et al., 1998), nematocida (Maregiani et al., 2010, Ntalli et al., 2010) e insecticida en especies como *S. zeamais* (Procopio et al., 2003a), *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae) (Procopio et al., 2003b), *Zabrotes subsfaiatus* (Boh) (Coleoptera: Bruchidae) (Procopio et al., 2003b), *Epilachna pae-nulata* Germ (Carpinella et al., 2003) (Coleoptera: Coccinellidae), *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) (McMillian et al., 1969), *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) (McMillian et al., 1969), *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) (Brunherotto y Vendramim, 2001), *Anopheles stephensi* Liston (Diptera: Culicidae) (Nathan et al., 2006) y *Bemisia tabaci* Gennadius (Abou-Fakhr et al., 2001) (Hemiptera: Aleyrodidae), entre otras.

La actividad insecticida de esta especie se debe a la presencia de limonoides como melicarpenin, salannin, deacetylalannin, nimbolin B, nimbo-

lidin B, azedarine y fraxinelone (Nakatani et al., 1995; 1998; Huang et al., 1996; Bohnstengel et al., 1999) los cuales han mostrado tener efecto como insecticida de contacto (Carpinella et al., 2003, Chiffelle et al., 2009), antialimentario (Carpinella et al., 2002), y regulador del crecimiento (Kumar et al., 2007; Chiffelle et al., 2009).

En base a lo señalado anteriormente, el objetivo de la presente investigación fue evaluar en laboratorio la actividad biológica del polvo de hojas, frutos maduros y tallos leñosos de *M. azedarach* para el control de *S. zeamais*.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en el Laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción, Campus Chillán, Chile.

Material vegetal

Las hojas, frutos maduros y tallos leñosos de *M. azedarach* se obtuvieron de árboles presentes en el parque del Campus Chillán de la Universidad de Concepción, Octava Región (36°35' S; 72°4' W) Chile. La colecta se realizó según el criterio de Vogel et al. (1997). La corroboración taxonómica de la especie se hizo en base a los criterios de Hoffmann (1995) y en los bioensayos solamente se utilizaron hojas adultas con su lámina foliar completa y frutos y tallos leñosos sin daños mecánicos o de insectos o aves. Este material se secó en un horno de convección forzada (Memmert GmbH, UNB 500, Schwabach, Germany) a $40 \pm 1^\circ\text{C}$ por 72 h y luego se pulverizó con un molino eléctrico para café (Moulinex®, A5052HF, Aleçon, Francia) hasta obtener pequeñas partículas que pasaran por un tamiz de 18 mesh (Dual Manufacturing Co., Chicago, Illinois, USA). Esto último se debe a que estudios previos de Silva et al. (2003) demostraron que esta granulometría es la que presenta la mayor adherencia sobre el grano.

Cereal

Se utilizó trigo (*Triticum aestivum* L.), el cual se adquirió en el mercado de frutas y hortalizas de la ciudad de Chillán. Con el objetivo de evitar cualquier contaminación externa, se lavó con agua potable y secó en un horno a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ para luego ser refrigerado por 48 h a $4,5 \pm 2^\circ\text{C}$.

Insectos

Los insectos provinieron de la colonia permanente del laboratorio, que se mantienen en frascos de vidrio de 1 L con trigo como sustrato alimen-

ticio y en condiciones controladas de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ de temperatura, $70 \pm 5\%$ de humedad relativa y completa oscuridad en una cámara bioclimática (Mermert GmbH, IPS 749, Schwabach, Germany).

Bioensayo de actividad insecticida por contacto

La evaluación de las propiedades insecticidas del polvo de *M. azedarach* se realizó por contaminación de sustrato alimenticio (Tavares y Vendramim, 2005a). En placas Petri de 5 cm de diámetro se depositaron 20 g de trigo, los cuales se mezclaron con la concentración a evaluar de polvo de hojas, frutos o tallos de *M. azedarach*. Posteriormente, cada placa se infestó con 20 insectos de 48 h de edad y se dejaron en la cámara bioclimática en las condiciones ya señaladas. Luego, 15 días después de la infestación (DDI) se evaluó la mortalidad, considerando como muerto aquel insecto que no mostraba movimiento al ser tocado con una aguja de disección durante un minuto. Se estableció como límite superior permitido de mortalidad natural en el testigo un 10%. Si el testigo superaba este umbral el bioensayo se desechaba y se repetía, en caso de no ser así el porcentaje de mortalidad se corrigió con la fórmula de Abbott (1925).

Bioensayo de actividad insecticida como fumigante

La metodología se adaptó de Tavares y Vendramin (2005a). En el centro de la parte inferior de envases plásticos de 200 mL de volumen se insertó un tubo de PVC de 5,0 cm de alto y 2,5 cm de diámetro, en cuyo interior se depositó polvo de las diferentes estructuras de *M. azedarach* en las concentraciones a evaluar. Luego, los tubos de PVC se cubrieron con un trozo de tul fino con el objetivo de impedir el contacto directo de los insectos con el polvo pero permitir la liberación al medio de las sustancias volátiles. Entre la parte externa de este tubo y el borde interno de los envases plásticos se colocaron 20 g de trigo los que posteriormente fueron infestados con 20 insectos de 48 h de edad. Luego de la infestación los envases se almacenaron en la cámara bioclimática en condiciones de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ de temperatura, $70 \pm 5\%$ de humedad relativa y completa oscuridad. La evaluación de la mortalidad se realizó 5 DDI y se corrigió con la fórmula de Abbott (1925).

Bioensayo de actividad repelente

La metodología utilizada para evaluar repelencia fue adaptada de Procopio et al. (2003a). Se utilizó una arena de elección formada por cinco placas Petri plásticas de 5,0 cm de diámetro y 1,5 cm de

altura, colocando una placa central conectada a las otras cuatro por tubos plásticos de 10 cm de longitud y 0,25 cm de diámetro en posición diagonal formando una "X". Los tratamientos con polvo y los testigos, se distribuyeron en placas simétricamente opuestas y en la placa central se liberaron 20 adultos de *S. zeamais* de 48 h de edad. Posteriormente, las arenas de selección se almacenaron en la cámara bioclimática en condiciones de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ de temperatura, $70 \pm 5\%$ de humedad relativa y completa oscuridad y luego de 24 h se contabilizó el número de insectos en cada recipiente y con los datos obtenidos se calculó el índice de repelencia de Mazzonetto y Vendramim (2003).

Germinación del trigo

El trigo utilizado en el bioensayo de actividad insecticida por contacto se sometió a una prueba de germinación para determinar si el polvo de las diferentes estructuras de *M. azedarach* afectó el poder germinativo de las semillas. Para esto, en una placa Petri, se colocaron 10 semillas seleccionadas al azar, por repetición, sobre papel absorbente humedecido con agua destilada a temperatura ambiente durante siete días. Al final de este periodo se contabilizó el número de semillas germinadas considerando al testigo como 100%.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se evaluaron las concentraciones de 0,5; 1,0 y 2,0% (p/p) de polvo de hojas, frutos y tallos leñosos de *M. azedarach* más un testigo absoluto. Cada tratamiento tuvo cinco repeticiones y toda la metodología se repitió tres veces en diferentes días. El cálculo de las concentraciones se realizó en base peso/peso, es decir se colocaron 0,1; 0,2 y 0,4 g de polvo vegetal equivalentes al 0,5; 1,0 y 2,0% de 20 g de trigo. El diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo factorial. Los valores porcentuales se transformaron a arcoseno $(x/100)^{1/2}$ y se sometieron a un análisis de varianza con el software Statistical Analysis System (SAS) versión 8,0 (SAS, 1998). Posteriormente se compararon las medias con una prueba de Tukey a un nivel de significancia de 95% ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actividad insecticida por contacto

En las tres estructuras de *M. azedarach* se observó que al aumentar la concentración de polvo también aumentó el porcentaje de mortalidad de *S. zeamais* (Tabla 1). Además, el análisis estadístico mostró que la interacción fue significativa ($p \leq 0,05$) lo que implica que son igualmente relevan-

tes la concentración y el origen del polvo vegetal. La mayor mortalidad se obtuvo con el polvo de hojas y frutos al 2% con 91% de mortalidad, mientras que el polvo de tallos, a esta misma concentración, alcanzó un 85%. Si se considera que Lagunes (1994) clasifica como prometedor a cualquier polvo vegetal que provoque una mortalidad igual o mayor a 40%, se puede señalar que los resultados obtenidos son auspiciosos ya que solo el tratamiento de polvo de frutos a la concentración de 0,5% no sobrepasó este umbral. Los resultados obtenidos son mayores a los de Procopio et al. (2003a) quienes a una concentración de 3% no superaron el 6% de mortalidad de adultos de *S. zeamais*, y Procopio et al. (2003b) que al 3% ob-

tuvieron un 20% de mortalidad de *Z. subfasciatus* y 6% de *A. obtectus*, y a los de Pozo y Contreras (2005) que requirieron de una concentración de 40% de polvo de hojas de *M. azedarach* para alcanzar un 100% de mortalidad de *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Tenebrionidae). Las propiedades como insecticida de contacto del polvo de *M. azedarach* coinciden con lo reportado por otros autores (Nardo et al., 1997; Abou-Fakhr et al., 2001) pero en el futuro se debieran realizar otras pruebas ya que investigadores como Bohnenstengel et al. (1999) y Wandscheer et al. (2004), señalan que polvo y extractos de esta especie también poseen propiedades como insecticida regulador del crecimiento.

Tabla 1. Porcentaje de mortalidad por contacto de *Sitophilus zeamais* alimentado con trigo mezclado con polvos de hojas, frutos y tallos de *Melia azedarach* en concentraciones de 0,5; 1,0 y 2,0% (p/p).

Table 1. Mortality percentage by contact of *Sitophilus zeamais* fed with wheat mixed with powder of *Melia azedarach* leaves, fruits and stems in concentrations of 0.5, 1.0 and 2.0% (w/w).

Tratamiento	Mortalidad*		
	Hojas**	Frutos**	Tallos**
	% -----		
0,5	77,2 aA	27,2 aB	63,0 aA
1,0	77,2 aA	32,1 aB	71,9 abA
2,0	91,3 bA	91,5 bA	84,9 bA

* Mortalidad corregida por Abbott (1925).

** Letras minúsculas en la misma columna indican diferencias significativas, Tukey ($p \leq 0,05$)

** Letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias significativas, Tukey ($p \leq 0,05$)

Bioensayo de actividad como insecticida fumigante

La mortalidad por efecto fumigante en el caso de polvo de frutos y tallos de *M. azedarach* no superó el 10%, mientras que el de follaje tuvo un máximo de 25% (Tabla 2). El pobre efecto como fumigante del polvo de esta especie no permite considerarla como prometedor, por lo que su uso en la protección de granos almacenados debiera centrarse como insecticida de contacto. Es decir, se requiere que el insecto ingiera el grano tratado con el polvo de *M. azedarach* o bien que lo absorba por alguna otra estructura que no sean los espiráculos.

Bioensayo de repelencia

El índice de repelencia calculado indica que los polvos de las tres estructuras de *M. azedarach* tienen efecto repelente sobre *S. zeamais* (Tabla 3).

Se debe destacar que los valores más alejados de 1 se obtuvieron con el polvo de hojas, lo cual según Mazzonetto y Vendramim (2003) significa un mayor efecto repelente. Los resultados concuerdan con Procopio et al. (2003a; 2003b) quienes clasifican el polvo de esta planta como repelente para *S. zeamais*, *A. obtectus* y *Z. subfasciatus*. Además, el hecho de que todos los tratamientos evaluados sean repelentes implica que incluso la concentración de 0,5%, a pesar de no tener un efecto insecticida de contacto significativo, es capaz de mantener al insecto alejado del grano. Los resultados de repelencia coinciden con los obtenidos por polvo y extractos de esta planta en otras especies de insectos como *Triatoma infestans* (Klug) (Homoptera: Reduviidae) (Valladares et al., 1999), *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) (Coria et al., 2008) o *B. tabaci* (Abou-Fakhr et al., 2001), lo cual realza lo promisorio de los resultados obtenidos en la presente investigación.

Tabla 2. Mortalidad de adultos de *Sitophilus zeamais* por efecto fumigante de los polvos de hojas, frutos y tallos leñosos de *Melia azedarach* en concentraciones de 0,5; 1,0 y 2,0% (p/p).

Table 2. Adults mortality of *Sitophilus zeamais* by fumigant effect of powder of *Melia azedarach* leaves, fruits and stems in concentrations of 0.5, 1.0 and 2.0% (w/w).

Tratamiento	Mortalidad*		
	Hojas**	Frutos**	Tallos**
	----- % -----		
0,5	15,0 aA	1,6 aA	5,0 aA
1,0	21,6 aA	1,6 aA	5,0 aA
2,0	25,0 aA	5,0 aA	8,3 aA

* Mortalidad corregida por Abbott (1925).

** Letras minúsculas en la misma columna indican diferencias significativas, Tukey ($p \leq 0,05$)

** Letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias significativas, Tukey ($p \leq 0,05$)

Tabla 3. Índice de repelencia de adultos de *Sitophilus zeamais* tratados con trigo mezclado con polvo de hojas, frutos y tallos de *Melia azedarach* en concentraciones de 0,5; 1,0 y 2,0% (p/p).

Table 3. Adults repellence index of *Sitophilus zeamais* treated with wheat mixed with powder of *Melia azedarach* leaves, fruits and stems in concentrations of 0.5, 1.0 and 2.0% (w/w).

Tratamiento	Índice de repelencia (IR)*		
	Hojas	Frutos	Tallos
(%)			
0,5	0,7	0,9	0,7
1,0	0,5	0,8	1,0
2,0	0,4	0,9	0,9

* IR = 1 Neutro (N); IR < 1 Repelente (R); IR > 1 Atrayente (A)

Germinación del trigo

La prueba de germinación muestra que el polvo de hojas y frutos de *M. azedarach* no afecta significativamente la germinación del trigo (Tabla 4). En este bioensayo la interacción no fue estadísticamente significativa ($p > 0,05$) lo que seguramente se debe a la variación que mostraron las repeticiones de los tratamientos, ya que se trabajó con trigo destinado a alimentación animal y no con semilla certificada. Esta variabilidad también explica el que con el polvo de frutos la concentración de 0,5% tuvo 77,2% de germinación mientras que 1 y 2% superaron el 90% sin registrarse diferencias significativas ($p > 0,05$) entre estos tratamientos. En el caso del polvo de tallos se observó la tendencia de que a menor concentra-

ción mayor es la germinación ya que 0,5% tuvo 98,4% siendo significativamente ($p \leq 0,05$) mayor a 1 y 2% con 67,5 y 61,7%, respectivamente. De acuerdo a Nakatani et al. (1995) y Carpinella et al. (2003), los limonoides presentes en *M. azedarach* presentan actividad como inhibidores de la alimentación lo cual implica que el insecto al no alimentarse de las semillas no daña el grano y por ende tampoco su poder de germinación.

Finalmente, se puede señalar que los datos obtenidos permiten inferir un futuro prometededor para el uso de esta especie en la protección de los granos almacenados del ataque de plagas, aunque los resultados deben validarse en condiciones de bodega, de modo de entregar mayor certeza del verdadero potencial de *M. azedarach* en la protección de productos almacenados.

Tabla 4. Porcentaje de germinación de granos mezclados con polvos de hojas, frutos y tallos de *Melia azedarach* en concentraciones de 0,5; 1,0 y 2,0% (p/p).

Table 4. Germination percentage of grains mixed with powder of *Melia azedarach* leaves, fruits and whole stems in concentrations of 0.5, 1.0 and 2.0% (w/w).

Tratamiento	Germinación		
	Hojas	Frutos	Tallos
	(%)		
0,5	95,0 aA	79,2 aA	98,4 bA
1,0	90,9 aA	95,0 aA	67,5 aA
2,0	98,4 aA	90,9 aA	61,7 aA

* Letras minúsculas en la misma columna indican diferencias significativas, Tukey ($p \leq 0,05$)

* Letras mayúsculas en la misma fila indican diferencias significativas, Tukey ($p \leq 0,05$)

CONCLUSIONES

Los polvos de hojas y frutos maduros de *Melia azedarach* L. presentan actividad biológica, en laboratorio, como insecticida de contacto y repelente para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky.

LITERATURA CITADA

- Abbott, W.S. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18:265-267.
- Abou-Fakhr Hammad, E.M., H. Zournajian, and S. Talhouk. 2001. Efficacy of extracts of *Melia azedarach* L. callus, leaves and fruits against adults of the sweet potato whitefly *Bemisia tabaci* (Hom., Aleyrodidae). J. Appl. Entomol. 125:483-488.
- Bohnenstengel, F.I., V. Wray, L. Witte, R.P. Srivastava, and P. Proksch. 1999. Insecticidal meliacarpins (C-seco limonoids) from *Melia azedarach*. Phytochemistry 50:977-982.
- Brunherotto, R., y J.D. Vendramim. 2001. Bioatividade de extratos aquosos de *Melia azedarach* L. sobre o desenvolvimento de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro. Neotropical Entomology 30:455-459.
- Carpinella, M., G.G. Herrero, R.A. Alonso, y S.M. Palacios. 1998. Antifungal activity of *Melia azedarach* fruit extract. Fitoterapia 70:296-298.
- Carpinella M.C, C. Ferrayoli, G. Valladares, M. Defago, y S.M. Palacios. 2002. Potent limonoid insect antifeedant from *Melia azedarach*. Bio. Biotech. Biochem. 66:1731-1736.
- Carpinella, M., M.T. Defago, G. Valladares, and S.M. Palacios. 2003. Antifeedant and insecticide properties of a limonoid from *Melia azedarach* (Meliaceae) with potential use for pest management. J. Agric. Food Chem. 51:369-374.
- Castillo-Sánchez, L.E., J.J. Jiménez-Osorio, and M.A. Delgado-Herrera. 2010. Secondary metabolites of the annonaceae, solanaceae and meliaceae families used as biological control of insects. Tropical and Subtropical Agroecosystems 12:445-462.
- Chifelle, I., A. Huerta, y D. Lizana. 2009. Physical and chemical characterization of *Melia azedarach* L. fruit and leaf for use as botanical insecticide. Chil. J. Agr. Res. 69:38-45.
- Coria, C., W. Almiron, G. Valladares, C. Carpinella, F. Ludueña, M. Defago, and S. Palacios. 2008. Larvicide and oviposition deterrent effects of fruit and leaf extracts from *Melia azedarach* L. on *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). Bioresource Technology 99:3066-3070.
- Hoffmann, A. 1995. Los árboles urbanos de Chile. Fundación Claudio Gay, Santiago, Chile.
- Huang, R.C., K. Tadera, F. Yagi, Y. Minari, H. Okamura, T. Iwagawa, and M. Nakatani. 1996. Limonoids from *Melia azedarach*. Phytochemistry 43:581-583.
- Kumar, S., M. Bhadauria, A.K.S. Chauhan, and B.S. Chandel. 2007. Use of certain naturally occurring herbal grain protectants against *Sitophilus oryzae* Linn. (Coleoptera: Curculionidae). Asian. J. Exp. Sci. 21:257-263.
- Lagunes, A. 1994. Extractos y polvos vegetales, y minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia. Colegio de Postgraduados-USAID-CONACYT-BORUCONSA, Montecillo, México.
- Larraín, P. 1994. Manejo integrado de plagas en

- granos almacenados. IPA La Platina 81:10-16.
- Maregiani, G., N. Zamuner, y G. Angarola. 2010. Efecto de extractos acuosos de dos meliáceas sobre *Meloidogyne incognita* (Nematoda, Meloidogynidae). Rev. Latinoamer. Quim. 38:68-73.
- Mazzonetto, F., e J. Vendramim. 2003. Efeito de pós de origen vegetal sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) em feijão armazenado. Neotropical Entomology 32:145-149.
- Nathan, S., G. Savitha, D.K. George, A. Nar-madha, L. Suganya, and P.G. Chung. 2006. Efficacy of *Melia azedarach* L. extract on the malarial vector *Anopheles stephensi* Liston (Diptera: Culicidae). Bioresource Technology 97:1316-1323.
- McMillian, W., M. Bowman, R. Burton, K. Starks, and B. Wiseman. 1969. Extract of Chinaberry leaf as a feeding deterrent and growth retardant for larvae of the corn earworm and fall armyworm. J. Econ. Ent. 62:708-710.
- Nakatani, M., R.C. Huang, H. Okamura, T. Iwagawa, K. Tadera, and H. Naoki. 1995. Three new antifeeding melicarpinins from Chinese *Melia azedarach* Linn. Tetrahedron 51:11731-11736.
- Nakatani, M., R.C. Huang, H. Okamura, T. Iwagawa, and K. Tadera. 1998. Degraded limonoids from *Melia azedarach*. Phytochemistry 49:1773-1776.
- Nardo, E., A.S. Costa, and A.L. Lourencao. 1997. *Melia azedarach* extracts as an antifeedant to *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Fla. Entomol. 80(1):92-94.
- Ntalli, N.G., U. Menkissoglu-Spiroudi, and I. Giannakou. 2010. Nematicidal activity of powder and extracts of *Melia azedarach* fruits against *Meloidogyne incognita*. Ann. Appl. Biol. 156:309-317.
- Pozo, E., y A. Contreras. 2005. Efecto del paraíso (*Melia azedarach* (L.)) en polvo vegetal como insecticida sobre el gorgojo menor de los granos *Rhyzopertha dominica* (F.) en arroz. Ctro. Agr. 32:85-87.
- Procopio, S.O., J.D. Vendramim, J.I. Ribeiro, y J.B. Dos Santos. 2003a. Bioatividade de diversos pós de origen vegetal em relação a *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). Cienc. Agrotec. 27:1231-1236.
- Procopio, S.O., J.D. Vendramim, J.I. Ribeiro, y J.B. Dos Santos. 2003b. Efeito de pós vegetais sobre *Acanthoscelides obtectus* (SAY) e *Zabrotes subsociatus* (BOH) (Coleoptera: Bruchidae). Rev. Ceres 50:395-405.
- SAS Institute. 1998. Language guide for personal computer release. 6.0. 3 ed. SAS Institute, Cary. North Carolina, USA.
- Silva, G., A. Lagunes, y J. C. Rodríguez. 2003. Control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) con polvos vegetales solos y en mezcla con carbonato de calcio. Cien. Inv. Agr. 30:153-160.
- Tavares, M., y J.D. Vendramim. 2005a. Atividade inseticida da erva-de-santa-maria, *Chenopodium ambrosioides* L. (Chenopodiaceae) em relação a *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Col.: Curculionidae). Arq. Inst. Biol. 72:51-55.
- Tavares, M., y J.D. Vendramim. 2005b. Bioatividade da erva-de-santa-maria, *Chenopodium ambrosioides* L., sobre *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). Neotropical Entomology 34:319-323.
- Valladares, G., D. Ferreyra, M.T. Defago, M.C. Carpinella, and S. Palacios. 1999. Effects of *Melia azedarach* on *Triatoma infestans*. Fitoterapia 70(4):421-424.
- Vogel, H., I. Razmilic, y U. Doll. 1997. Contenido de aceite esencial y alcaloides en diferentes poblaciones de boldo (*Peumus boldus* Mol.). Cien. Invest. Agrar. 24:1-6.
- Wandscheer, C., J.E. Duque, M.A.N. Da Silva, Y. Fukuyama, J.L. Wohlke, J. Adelman, and J.D. Fontana. 2004. Larvicidal action of ethanolic extracts from fruit endocarps of *Melia azedarach* and *Azadirachta indica* against the dengue mosquito *Aedes aegypti*. Toxicon 44:829-835.
- Weaver, D., and B. Subramanyam. 2000. Botanicals. p. 303-320. In B. Subramanyam, and D. W. Hagstrum (eds.). Alternatives to pesticides in stored-product IPM. Kluwer Academic Publishers, Boston, USA.