

Efectos de insecticidas botánicos comerciales en *Tamarixia radiata*, un ectoparasitoide de *Diaphorina citri*

Effects of commercial botanical insecticides in *Tamarixia radiata*, an ectoparasitoid of *Diaphorina citri*

Raúl José Monsreal-Ceballos¹, Esaú Ruíz-Sánchez¹, Maricarmen Sánchez Borja², Horacio Salomón Ballina-Gómez^{1*}, Alejandra González-Moreno¹, Arturo Reyes-Ramírez¹

¹Departamento de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida Tecnológico s/n, CP. 97345. Mérida, Yucatán. México.

²Comité Estatal de Sanidad Vegetal. Calle 19 No. 443 entre 26 y 28, CP. 97288. Mérida, Yucatán, México.

*Autor de correspondencia: horacio.ballina@itconkal.edu.mx

Nota científica recibida: 05 de octubre de 2016 **aceptada:** 17 de marzo de 2017

RESUMEN. Se evaluó el efecto de tres insecticidas botánicos comerciales sobre la mortalidad por residualidad e ingestión en *Tamarixia radiata*. Se observó que el Biodie y NeemPHC produjeron mortalidad del 12.7 y 12.3 %, por efecto de residual, respectivamente; y del 33.3 y 28.7 % mortalidad por ingestión. El tiempo también incrementó de forma significativa la mortalidad, aunque sólo por ingestión y hasta las 48 y 72 h con Biodie, y el mismo período por el NeemPHC. El CinnAcar fue poco tóxico por ingestión y ninguno de los insecticidas botánicos tuvieron efectos significativos en la emergencia de adultos. Los tres productos evaluados no interfieren en el control biológico.

Palabras clave: Control biológico, efectos residuales, ingestión, mortalidad, parasitoides

ABSTRACT. The effect of three commercial botanical insecticides on the mortality by residues and ingestion of *Tamarixia radiata* was evaluated. Biodie and NeemPHC had 12.7 and 12.3 % residue mortality effect and 33.3 and 28.7 % mortality by ingestion, respectively. Mortality also increased significantly as time went by, although only with regard to ingestion, and up to 48 and 72 h, for both Biodie and NeemPHC. CinnAcar did not have a major toxic effect when ingested and none of the botanical insecticides had significant effects on the appearance of adults. The three products under evaluation do not interfere with biological control.

Key words: Biological control, residual effects, ingest, mortality, parasitoids

INTRODUCCIÓN

Diaphorina citri Kuwayama (Hemiptera: Psilidae) es uno de los principales obstáculos para la producción citrícola a nivel mundial, ya que causa daños directos por alimentación de los estados inmaduros y adultos, además es vector de *Candidatus Liberibacter asiaticum*, organismo causante de la enfermedad denominada Huanglongbing (HLB) o enverdecimiento de los cítricos (Bové 2006). Una de las principales estrategias adoptadas a nivel mundial para la regulación de *D. citri* es el control biológico clásico con el idiobionte ectoparasitoide *Tamarixia radiata* Waterson (Hymenoptera: Eulophidae), con

evidente éxito en las Islas Reunión, Guadalupe y Puerto Rico (Étienne *et al.* 2001, Pluke *et al.* 2008). Aunque también se ha encontrado que, en ciertas zonas, las tasas de parasitismo son bajas y esporádicas (Qureshi *et al.* 2009). En este sentido, los insecticidas botánicos se han propuesto como productos inocuos para enemigos naturales, ya que poseen menor residualidad que los productos sintéticos (Montes-Molina *et al.* 2008). No obstante, el conocimiento del efecto de los insecticidas botánicos en este himenóptero es muy escaso, por lo que el presente estudio tuvo como objetivo evaluar los efectos letales y subletales de insecticidas botánicos comerciales sobre el control de *T. radiata* bajo

condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en las instalaciones del Laboratorio Regional de Producción Masiva de *Tamarixia radiata* del Sureste, perteneciente al Centro Nacional de Referencia de Control Biológico convenio SENASICA-CESVY, ubicado en el estado de Yucatán, México.

La cría de *D. citri* se estableció bajo condiciones de invernadero infestando tres lotes de 12 plantas de *Murraya paniculata*, hospedera natural de *D. citri*. Cada lote de plantas se introdujo en jaulas entomológicas cubiertas con malla antiáfidos de 70 × 70 × 70 cm, con plantas de *M. Paniculata* con altura aproximada de 50 cm con dos brotes. Para la infestación se utilizaron 100 psíidos adultos, que tenían seis días libres de parasitación. Luego se introdujeron 140 individuos adultos de *T. radiata* por lote de plantas, después de 9 a 10 d, las plantas con ninfas parasitadas se trasladaron al laboratorio y se introdujeron en una jaula entomológica, para observar la emergencia de adultos que se usaron en los bioensayos de mortalidad y emergencia. Los parasitoides adultos se manipularon con un aspirador manual en todos los bioensayos. El material biológico durante el bioensayo se mantuvo a temperatura de 25 ± 5 °C con humedad relativa de 60 ± 10 %, libre del contacto con pesticidas.

Se usaron los insecticidas botánicos CinnAcar[®], Biodie[®] y PHC Neem[®], recomendados para el control de psíidos. Para asegurar el máximo efecto potencial sobre los parasitoides, para el CinnAcar[®] y el Biodie[®] se usó la dosis más alta recomendada por el fabricante; mientras que para el PHC Neem[®] se usó la dosis intermedia. El cálculo de la concentración de producto por volumen de agua se realizó tomando como base 400 L ha⁻¹ (Tabla 1). Mientras que el tratamiento testigo consistió en la aplicación de agua destilada. Todas las dosis de los tres tratamientos se prepararon al momento de la aplicación. Para los bioensayos por contacto residual y por ingestión, se utilizaron frascos de plástico de 100 mL, con un orificio de 2.5

cm de diámetro en la parte superior de la tapa, cubierto con tela de organza para permitir la entrada de oxígeno.

En los bioensayos por contacto residual, el interior y la tapa de cada frasco se pulverizaron con 2 mL de cada insecticida botánico o agua destilada (testigo), para luego dejar secar por tres horas a temperatura ambiente. Una vez secos, se introdujeron 20 individuos adultos sin distinción de sexo de 24 a 72 h de edad por frasco. En los bioensayos los parasitoides se alimentaron con 6.6 mL de miel de abeja, que se aplicó sobre una tira de papel de 2.5 × 8.5 cm.

En los bioensayos por ingestión, se usaron 20 adultos por frasco de *T. radiata* sin distinción de sexo con edad de 24 a 72 h, los cuales se alimentaron con una solución de miel y solución insecticida en proporciones de 1:1; que se colocó sobre tiras de papel de 2.5 × 8.5 cm. Cada tratamiento tuvo cinco repeticiones (frasco) con 20 individuos. En los bioensayos, se registró el porcentaje de mortalidad de adultos a las 24, 48 y 72 h. Los individuos se consideraron muertos si fueron incapaces de mantener una posición vertical o si no presentaron movimiento al ser estimulados con un pincel y al agitar de forma leve el frasco, cada individuo se observó por al menos 30 s (Iannacone y Lamas 2003).

Para los bioensayos, se utilizaron plantas con ninfas parasitadas con signos de momificación, hilos de seda alrededor de la ninfa y presencia del meconio, para los estados de prepupa-pupa de los parasitoides (Chien et al. 1991). Cada planta se limpió con una pinza entomológica y un pincel, de manera que al final cada planta de *M. paniculata* tuviera 40 ninfas momificadas. Las plantas se asperjaron homogéneamente con los insecticidas botánicos o agua destilada hasta el punto de escurrimiento, posteriormente se dejaron secar por 15 min a temperatura ambiente, una vez secas se introdujeron en cubos de acrílico de 29.5 × 29.5 × 60 cm, con ventanas cubiertas con malla antiáfidos. Durante 15 d se registró el porcentaje de adultos emergidos, los cuales se retiraron con un aspirador manual. Los resultados se confirmaron al final del bioensayo observando de forma directa los brotes experimen-

Tabla 1. Insecticidas botánicos y concentraciones utilizadas en este estudio.

| Insecticida | Ingrediente activo | Concentración usada mL L ⁻¹ (insecticida-agua) | Dosis producto (L ha ⁻¹) |
|----------------|---|---|---|
| CinnAcar® | Cinnamaldehído y ácido cinámico 15 % | 7.5 | 1, 2 y 3 |
| Bodie® | Argemonina, Berberina, Ricinina y alfa-tertienil 12 % | 5 | 1, 1.5 y 2 |
| PHC® Neeem® | Azadiractina 3 % | 7 | 2 y 4 |

tales con un microscopio estereoscópico (Leica Microsystems Alemania, modelo MZ6, Zoom 6.3:1), para cuantificar el número de momias con orificio de emergencia. Para cada tratamiento se tuvieron cinco repeticiones de 40 momias cada una.

Los porcentajes de mortalidad y de emergencia se transformaron con la raíz del arcoseno y se analizaron con modelos lineales generalizados (MLG) (McCullagh y Nelder 1989), bajo una estructura de medidas repetidas; con el factor insecticidas botánicos como inter-sujetos, con cuatro niveles, y un factor tiempo como intra-sujetos con tres niveles. Para identificar diferencias entre los niveles del factor insecticida y entre los tres niveles del factor intra-sujetos se utilizaron comparaciones pareadas de Bonferroni. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico SPSS 19 Statistics para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el contacto residual, el efecto causado por el Biodie y el Neeem PHC fue mayor al testigo, con un 12.7 y 12.3 % de mortalidad, respectivamente. Esta variable fue diferente entre los diferentes tiempos de exposición, observándose mayor mortalidad a las 72 h (Tabla 2). La interacción entre los factores tiempo × insecticida no fue significativa (Figura 1A). Los bajos niveles de mortalidad de *T. radiata* puede deberse, a la rápida degradación de los insecticidas botánicos por los factores ambientales como la luz, temperatura y humedad (Wiesbrook 2004). Particularmente, el Biodie, tiene componentes como la fitotoxina, alfa-tertienil, que persiste durante cuatro horas bajo la exposición de la luz del sol (Philogène et al. 1985). En relación al

Neem PHC, se tiene registrado como un producto de toxicidad baja en tratamientos residuales sobre *Tamarixia triozae* (Burcks) (Luna-Cruz et al. 2011). Se ha demostrado que la residualidad de insecticidas botánicos basados en azadiractina, suelen ser de bajo impacto en especies de himenópteros parasitoides (Xu et al. 2004, Kumar et al. 2010, Sidi et al. 2013). En contraste, los resultados muestran que la exposición residual al CinnAcar no fue letal para *T. radiata*, y aunque no se encontraron antecedentes de los efectos residuales de este producto en la mortalidad de parasitoides, los hallazgos coinciden con lo obtenido por Buczkowski et al. (2005), quienes evaluaron un insecticida compuesto de Cinnamaldehído en *Monomorium pharaonis* (Hymenoptera: Formicidae) y encontraron que no se elevó de forma significativa los niveles de mortalidad bajo tratamientos residuales.

En la ingestión, al igual que en los bioensayos de residualidad, la mortalidad de *T. radiata* sólo fue causada por el Biodie y el Neeem PHC, con porcentajes de mortalidad significativamente mayores que los observados en los bioensayos de exposición residual. Lo que coincide con lo reportado por Liu et al. (2012) quienes observaron que el efecto de un insecticida botánico elaborado con *Chenopodium ambrosioides* causó mayor efecto por ingestión en *Tamarixia trioze*. La letalidad causada por el Biodie puede deberse a que está compuesto por alcaloides como la argemonina, berberina, ricinina y un tiofeno denominado alfa-tertienil, que aunque no se han demostrado sus efectos sobre parasitoides, se tienen evidencias de daños letales en otros insectos como *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) (de Assis Junior et al. 2011) y *Culex quinquefasciatus* (Dipete-

Tabla 2. Efectos por residualidad e ingestión de insecticidas botánicos en la mortalidad de adultos de *T. radiata*.

| Efecto | Residualidad | | Ingestión | |
|-------------------|-------------------------|---------------|-------------------------|---------------|
| | Mortalidad (%) | χ^2 Wald | Mortalidad (%) | χ^2 Wald |
| Inter-sujetos | | | | |
| Insecticida (I) | | 25.765** | | 101.126** |
| Testigo | 4.3 ± 2.7 ^a | | 9.7 ± 2.8 ^a | |
| CinnAcar | 4.7 ± 2.6 ^a | | 11.7 ± 2.9 ^a | |
| Biodie | 12.7 ± 3.1 ^b | | 33.3 ± 4.6 ^b | |
| Neeem PHC | 12.3 ± 3.8 ^b | | 28.7 ± 4.6 ^b | |
| Intra-sujetos | | | | |
| Tiempo(horas) (T) | | 62.465** | | 161.275** |
| 24 | 1.5 ± 1.7 ^a | | 6.3 ± 2.7 ^a | |
| 48 | 6.8 ± 2.6 ^b | | 21.3 ± 3.5 ^b | |
| 72 | 17.3 ± 3.6 ^c | | 35 ± 4.6 ^c | |
| T × I | | 11.185 ns | | 14.130* |

^aMedias (± error estándar) dentro de una misma columna seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes (Bonferroni < 0.05). **= <0.0001; *= <0.05; ns= estadísticamente no significativo.

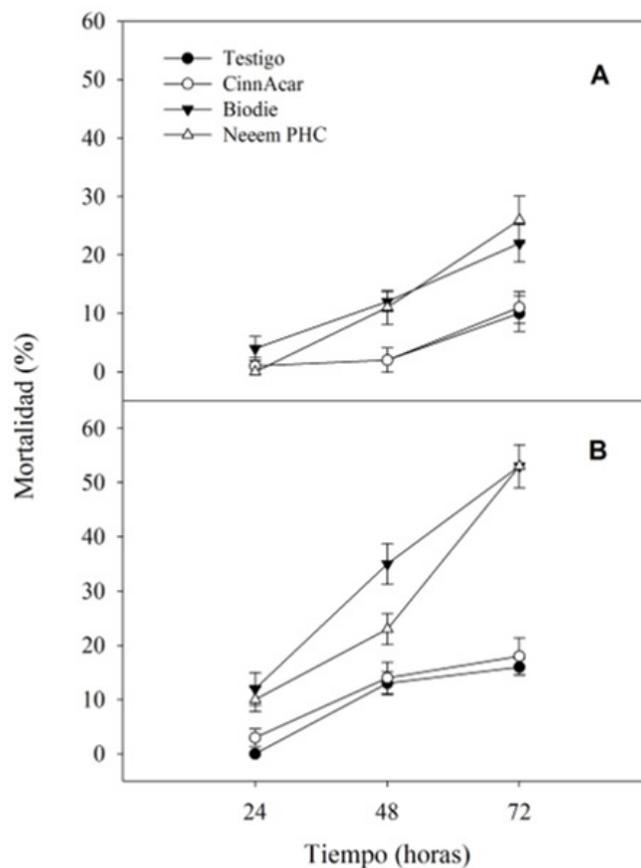


Figura 1. Porcentaje de mortalidad de adultos (medias ± error) de *T. radiata* expuestos a tratamientos residuales (A) y de ingestión (B) de insecticidas botánicos comerciales, a las 24, 48 y 72 h.

ra: Culicidae) (Wang et al. 2000). Por otra parte, los efectos significativos de la ingestión del Neeem PHC en la mortalidad de adultos de *T. radiata* contrastan con estudios que reportan que la azadiractina no tiene efectos en la mortalidad de Himenópteros parasitoides como *Cotesia plutellae* (Haseeb et al. 2004) y *Diadegma insulare* (Xu et al. 2004). Estos resultados pueden deberse al tiempo de exposición, ya que en los estudios mencionados se evaluó la mortalidad a las 24 h, mientras que en el presente trabajo la mortalidad se obtuvo a las 72 h (Tabla 2). La interacción entre el tiempo y el insecticida, indica que el efecto varió con el producto y el tiempo de exposición del parasitoide. A las 24 h la mortalidad causada por los insecticidas fue similar al testigo, mientras que a las 48 h el efecto de Biodie fue diferente, mientras que a las 72 h el efecto del Biodie y el Neem PHC fueron significativamente mayores (Figura 1B). Estos resultados pueden deberse a la capacidad de desintoxicación y excreción de metabolitos entre parasitoides (Morales-Ramos y Rojas 2003). No se observaron efectos significativos por la ingestión del CinnAcar, lo que contrasta con estudios que reportan efectos letales por contacto en coleópteros (Ojimekwe y Adler 2002) y la actividad antialimentaria en *Spodoptera litura* (Arivoli y Tennyson 2013). Aunque Huang y Ho (1998) observaron que una concentración de 13 mg g⁻¹ de alimento de cinnamaldehído no causa efectos en el consumo de alimento en *Tribolium castenum*.

Para el hospedero parasitado, los insecticidas botánicos no disminuyeron los porcentajes de emergencia de adultos de *T. radiata*, siendo su efecto similar al grupo testigo; aunque, el CinnAcar tuvo un efecto marginal (Tabla 3, Bonferroni p= 0.065). Pese a que no se encontraron antecedentes de los efectos de este producto sobre parasitoides, se ha observado que el extracto de *Cinnamon zeylanicum* puede afectar el desarrollo de insectos. Al respecto Mahdi y Rahman (2008) reportan que el extracto de esta especie redujo la emergencia de adultos de *Callosobruchus maculatus*. Estos resultados coinciden con otros estudios donde se demuestra el bajo o nulo efecto tópico que tienen los insecticidas botánicos sobre el hospedero parasitado; en

general la azadiractina ha mostrado ser de impacto bajo en la emergencia de adultos de *Lysiphlebus testaceipes* (Tang et al. 2002), *Encarsia formosa* (Simmonds et al. 2002), *E. sofia* (Aggarwal y Brar 2006) y *T. trioze* (Luna-Cruz et al. 2011). Estos resultados contrastan con lo reportado para el Biodie, donde se reporta la supervivencia de las pupas hasta la emergencia de adultos del endoparasitoide (McDougall 1986).

Tabla 3. Efectos de insecticidas botánicos comerciales en la emergencia de adultos por contacto tópico a momias de *D. citri*.

| Insecticida | Contacto-hospedero-parasitado Emergencia (%) | χ^2 Wald |
|-------------|---|---------------|
| | | 6.509 ns |
| Testigo | 93.5 ± 2.7 ^a | |
| CinnAcar | 69.5 ± 5.6 ^a | |
| Bodie | 87 ± 2.4 ^a | |
| Neeem PHC | 85.5 ± 3.1 ^a | |

^a Medias (± error) dentro de una misma columna seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes (Bonferroni < 0.05). ns= estadísticamente no significativo.

Para *Diadegama tenebrans* se reporta disminución de la población por efecto de la Berberina y el alfa-tertienil, lo que puede deberse a la metodología en la exposición de los parasitoides, debido a que en el presente trabajo se evaluó el proceso de emergencia bajo un método diferente. El bajo o nulo efecto de los insecticidas botánicos evaluados en la emergencia de adultos de *T. radiata* se puede deber a aspectos biológicos de la especie. Éste himenóptero, pese a ser un ectoparasitoide, tiene un proceso de desarrollo, desde huevo hasta pupa, en la parte ventral de su hospedero; incluso, cuando la larva avanza al estado prepupal asegura la momia a la superficie de la planta por medio de hilos de seda (Étienne et al. 2001). Ésta característica le puede ofrecer cierta protección a las aplicaciones tóxicas de insecticidas. Al respecto se ha demostrado que parasitoides que se desarrollan dentro del hospedero, tienen cierta protección a las aplicaciones de insecticidas (Ateyyat 2009).

Los tres insecticidas botánicos pueden ser compatibles con *T. radiata* para el manejo integrado de *D. citri*, ya que la exposición residual a los insecticidas no fue letal para adultos del parasitoide. Por

lo que podrían ser aplicados antes de las liberaciones de *T. radiata*, considerando que este parasitoides se alimenta en estado adulto de ninfas de *D. citri*, por lo que los tratamientos de ingestión adquieren especial importancia. Los resultados sugieren que el CinnAcar puede ser una alternativa sobre el Biodie y el Neem PHC. Las aplicaciones tópicas a momias de

D. citri ofrece un acercamiento del efecto que podrían tener los productos cuando son asperjados en los cultivos. Los tres insecticidas pueden ser una alternativa; pero Biodie y Neem PHC tienen mayores niveles de emergencia de adultos y con ello mayor probabilidad de que se establecieran las poblaciones de *T. radiata*.

LITERATURA CITADA

- Aggarwal N, Brar DS (2006) Effects of different neem preparations in comparison to synthetic insecticides on the whitefly parasitoid *Encarsia sophia* (Hymenoptera: Aphelinidae) and the predator *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) on cotton under laboratory conditions. *Journal of Pest Science* 79: 201-207.
- Arivoli S, Tennyson S (2013) Antifeedant activity, developmental indices and morphogenetic variations of plant extracts against *Spodoptera litura* (Fab) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies* 1: 87-96.
- Ateyyat M (2009) Insecticidal and repellent activities of medicinal plant extracts against the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) and its parasitoid *Eretmocerus mundus* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Journal of Pest Science* 82: 149-154.
- Bové JM (2006) Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology* 88: 7-37.
- Buczowski G, Scharf ME, Ratliff CR, Bennett GW (2005) Efficacy of simulated barrier treatments against laboratory colonies of pharaoh ant. *Journal of Economic Entomology* 98: 485-492.
- Chien CC, Chu YI, Ku SC (1991) Parasitic strategy, morphology and life history of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera; Eulophidae). *Chinese Journal of Entomology* 11: 264-281.
- de Assis Junior EM, dos Santos Fernandes IM, Santos CS, de Mesquita LX, Pereira RA, Maracajá PB, et al. (2011) Toxicity of castor bean (*Ricinus communis*) pollen to honeybees. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 141: 221-223.
- Étienne J, Quilici S, Marival D, Franck A (2001) Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported *Tamarixia radiata* (hymenoptera: Eulophidae). *Fruits* 56: 307-315.
- Haseeb M, Liu TX, Jones WA (2004) Effects of selected insecticides on *Cotesia plutellae*, endoparasitoid of *Plutella xylostella*. *BioControl* 49: 33-46.
- Huang Y, Ho SH (1998) Toxicity and antifeedant activities of cinnamaldehyde against the grain storage insects, *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. *Journal of Stored Products Research* 34: 11-17.
- Iannaccone J, Lamas G (2003) Efectos toxicológicos del nim, rotenone y cartap sobre tres micro-avispa parasitoides de plagas agrícolas en el Perú. *Boletín Sanidad Vegetal Plagas* 29: 123-142.
- Kumar P, Singh HP, Poehlings HM (2010) Effects of neem on adults of *Eretmocerus warrae* (Hym., Aphelinidae), a parasitoid of *Bemisia tabaci* (Horn., Aleyrodidae) in tropical horticulture systems. *Journal of Plant Diseases and Protection* 117: 273-277.

- Luna-Cruz A, Lomeli-Flores JR, Rodríguez-Leyva E, Ortega-Arenas LD, Huerta-de la Peña A (2011) Toxicidad de cuatro insecticidas sobre *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) y su hospedero *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *Acta Zoológica Mexicana* 27: 509-526.
- Liu TX, Zhang YM, Peng LN, Rojas P, Trumble JT (2012) Risk assessment of selected insecticides on *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae). *Journal of Economic Entomology* 105: 490-496.
- Mahdi SHA, Rahman MK (2008) Insecticidal effect of some spices on *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) in black gram seeds. *University Journal of Zoology, Rajshahi University* 27: 47-50.
- McCullagh P, Nelder JA (1989) *Generalized linear model*. Chapman & Hall. London, UK. 511p.
- McDougall CA (1986) Response of *Diadegma terebrans* (Gravenhorst) (Hymenoptera: Ichneumonidae) to berberine and alpha-terthienyl in the diet of its host, *Ostrinia nubilalis* (Hubner) (Lepidoptera: Pyralidae). University of Ottawa. Ottawa, Canada. 145p. <https://www.ruor.uottawa.ca/bitstream/10393/51-63/1/ML33291.PDF>. Fecha de consulta 15 de marzo de 2017.
- Montes-Molina JA, Luna-Guido ML, Espinoza-Paz N, Govaerts B, Gutierrez-Miceli FA, Dendooven L (2008) Are extracts of neem (*Azadirachta indica* A. Juss. (L.)) and *Gliricidia sepium* Jacquin an alternative to control pests on maize *Zea mays* L.? *Crop Protection* 27: 763-774.
- Morales-Ramos JA, Rojas MG (2003) Natural enemies and pest control: an integrated pest management concept. In: Koul O, Dhaliwal GS (Eds.). *Predators and Parasitoids*. Taylor & Francis Group. London. pp. 17-39.
- Ojmelukwe PC, Adler C (2002) Potentials of cinnamaldehyde and methylchavicol as grain protectants against four insect pests of stored products. *IOBC WPRS Bulletin* 25: 147-152.
- Philogène BJR, Arnason JT, Berg CW, Duval F, Champagne D, Taylor RG, et al. (1985) Synthesis and evaluation of the naturally occurring phototoxin Alpha-terthienyl as a control agent for larvae of *Aedes intrudens*, *Aedes atropalpus* (Diptera: Culicidae) and *Simulium verecundum* (Diptera: Simuliidae). *Journal of Economic Entomology* 78: 121-126.
- Pluke RW, Qureshi JA, Stansly PA (2008) Citrus flushing patterns, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) populations and parasitism by *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Puerto Rico. *Florida Entomologist* 91: 36-42.
- Qureshi JA, Rogers ME, Hall DG, Stansly PA (2009) Incidence of invasive *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and its introduced parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Florida citrus. *Journal of Economic Entomology* 102: 247-256.
- Sidi MB, Islam MT, Ibrahim Y, Omar D (2013) Effect of azadirachtin and rotenone on *Trichogramma papilionis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Journal of Food, Agriculture and Environment* 11: 1509-1513.
- Simmonds MSJ, Manlove JD, Blaney WM, Khambay BPS (2002) Effects of selected botanical insecticides on the behaviour and mortality of the glasshouse whitefly *Trialetrodes vaporariorum* and the parasitoid *Encarsia formosa*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 102: 39-47
- Tang YQ, Weathersbee III AA, Mayer RT (2002) Effect of neem seed extract on the brown citrus aphid (Homoptera: Aphididae) and its parasitoid *Lysiphlebus testaceipes* (Hymenoptera: Aphidiidae). *Environmental Entomology* 31: 172-176.

- Wang X, Xu H, Liu X, Zhao S (2000) The analysis of alpha-terthienyl in compositae plants and their bioactivity against mosquito larvae. *Journal of South China Agricultural University* 22: 26-28.
- Wiesbrook ML (2004) Natural indeed: are natural insecticides safer and better than conventional insecticides. *Illinois Pesticide Review* 17: 1-8.
- Xu YY, Liu TX, Leibe GL, Jones WA (2004) Effects of selected insecticides on *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Biocontrol Science and Technology* 14: 713-723.