



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO EN FITOSANIDAD**

**ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA**

**"TOXICIDAD DE INSECTICIDAS SOBRE *Catolaccus hunteri*  
Crawford (HYMENOPTERA: PTEROMALIDAE) PARASITOIDE DE  
*Anthonomus eugenii* Cano (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)"**

**JUAN EDUARDO MURILLO HERNÁNDEZ**

**T E S I S**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**

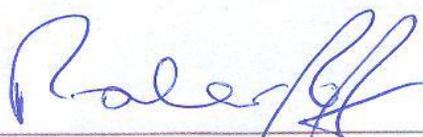
2014

La presente tesis titulada: "**Toxicidad de insecticidas sobre *Catolaccus hunteri* CRAWFORD (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitoide de *Anthonomus eugenii* CANO (Coleoptera: Curculionidae)**" realizada por el alumno: **Juan Eduardo Murillo Hernández**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS  
FITOSANIDAD  
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



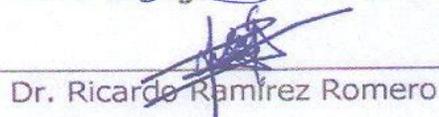
Dr. Esteban Rodríguez Leyva

ASESOR



Dr. J. Refugio Lomeli Flores

ASESOR



Dr. Ricardo Ramírez Romero

Montecillo, Texcoco, Estado de México, mayo de 2014

**Toxicidad de insecticidas sobre *Catolaccus hunteri* Crawford (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitoide de *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae)**

Juan Eduardo Murillo Hernández, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2014

**RESUMEN**

Cuando no se puede evitar el uso de insecticidas es recomendable que la propuesta de manejo de sus plagas incluya el efecto de dichos insecticidas sobre los enemigos naturales (EN). En el presente estudio se evaluó el efecto de la residualidad y la toxicidad letal y subletal de los insecticidas beta-cyfluthrin, bifenazate, clorantraniliprol, flonicamid, spirotetramat y thiametoxam sobre *Catolaccus hunteri*, un ectoparasitoide del picudo del chile, *Anthonomus eugenii*. En las evaluaciones se empleó el método de contacto residual, se utilizaron discos foliares de plantas de chile como superficies de exposición. Se encontró diferencia significativa en la toxicidad letal, según la clasificación de la IOBC, thiametoxam resultó moderadamente nocivo (98% de mortalidad, categoría 3) y beta-cyfluthrin fue altamente nocivo (100% de mortalidad, categoría 4) sobre *C. hunteri*. Por el contrario bifenazate, clorantraniliprol, flonicamid y spirotetramat fueron prácticamente inofensivos (0% de mortalidad). Beta-cyfluthrin y thiametoxam mostraron residualidad superior a 34 días. Además, beta-cyfluthrin fue más residual que thiametoxam, con diferencias de 12 o 18 días. Respecto a la toxicidad subletal, en las variables fecundidad y número de larvas eliminadas por alimentación no se encontraron diferencias significativas respecto al testigo. La longevidad de *C. hunteri* disminuyó significativamente en los tratamientos bifenazate, clorantraniloprol, spirotetramat y thiametoxam en relación con el testigo. El porcentaje de vuelo de *C. hunteri* se redujo el 28% sólo con beta-cyfluthrin. En este trabajo se discute la relevancia de esas diferencias y la importancia de realizar bioensayos con estos insecticidas con diferentes métodos de exposición.

**Palabras clave:** Picudo del chile, control biológico, enemigos naturales, plaguicidas, efectos subletales.

**Toxicity of insecticides on *Catolaccus hunteri* Crawford (Hymenoptera\_ Pteromalidae) parasitoid of *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae)**

Juan Eduardo Murillo Hernández, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2014

**ABSTRACT**

If insecticides are not possible to exclude in the management of some pests, it is relevant that the responsible of an IPM program could know the effects of those products on natural enemies of primary pests of its crop. The objective of the present research was to assess the residual effects, and the lethal and sublethal toxicity of beta-cyfluthrin, bifenthrin, cloranthrin, flonicamid, spirotetramat and thiamethoxam on *Catolaccus hunteri*, an ectoparasitoid of the pepper weevil. For all experiments the residual contact method was used. We used leaf disks of pepper plants as the surface for exposition. Significant differences were found on lethal toxicity, according to the IOBC thiamethoxam was moderately harmful (98% of mortality, category 3) and beta-cyfluthrin was harmful (100% of mortality, category 4) on *C. hunteri*. On the other hand, bifenthrin, cloranthrin, flonicamid and spirotetramat were harmless (0% of mortality). Beta-cyfluthrin and thiamethoxam showed long residual effects, in both cases it was more than 34 days. Additionally, beta-cyfluthrin was more residual than thiamethoxam for 12 or 18 days. Talking about the sublethal effects the fecundity and the number of larvae eliminated, because of host feeding, were not different from the control. Longevity of *C. hunteri* diminished because of exposition to bifenthrin, cloranthrin, spirotetramat and thiamethoxam and it was shorter than the control. We only found sublethal effects on a flying test with beta-cyfluthrin, 28% of females did not fly on the 30 min observation after exposition to that product. We discussed the relevance of those differences and indicated the importance of conducting assays with the same product under different application methods.

**Key words:** Pepper weevil, biological control, natural enemies, pesticides, sublethal effects.

## DEDICATORIA

Mi familia me enseñó a ser agradecido con la vida, pero sobre todo con las personas que de alguna manera u otra nos brindan su apoyo y confianza; por esta razón, dedico este trabajo en primer lugar a dios que me ha puesto en el lugar donde me encuentro ahora.

De igual forma quiero dedicar este trabajo a mi madre Bertha Alicia Hernández Cisneros que siempre ha sido el pilar más fuerte de mi vida.

A mi hermana Rosa María Murillo H. y mi cuñado Josué Cárdenas así como a mis sobrinas Vanesa A., Gema Y., Ximena, M. Fernanda y María J. A mi hermano Rubén Murillo H. y a Azucena así como a mi sobrina Valentina. A mi hermano Ricardo Murillo H. porque siempre he contado con el apoyo, cariño y amistad de todos.

En especial a mi mujer Gloria Alejandrina Michel León por todo su cariño, paciencia y comprensión. A mi cuñado Sergio M. y al resto de su familia (que también es mi familia) por el apoyo tan importante brindado hasta el momento.

A mi hijo Eduardo Alejandro Murillo Michel, ese ser tan pequeño y maravilloso que la vida me regalo y que sin darse cuenta se convirtió en mi razón de vivir y seguir adelante.

A toda mi familia en general.

A mi amigo Gildardo Cevallos Espinosa y su familia.

Al profesor Rubén Darío Guevara de la UDG.

Y a todas las personas que me brindaron su apoyo, cariño y confianza.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento para realizar mis estudios de maestría.

Al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo por darme la oportunidad de superarme personal y profesionalmente.

Al proyecto INNOVAPYME-CONACYT 154411, “Desarrollo tecnológico para el control biológico de plagas en cultivos de jitomate y chile en ambientes protegidos”, asignado a Koppert México S.A. de C.V. por el financiamiento para esta investigación y por la beca para concluir este escrito.

A mi consejo particular el Dr. Esteban Rodríguez Leyva, por el apoyo brindado en la presente investigación; así como por el conocimiento transmitido y sobre todo por la confianza que me brindó.

Al Dr. J. Refugio Lomeli Flores, al igual que mi consejero por el apoyo, conocimiento y confianza brindado.

Al Dr. Ricardo Ramírez Romero, por aceptar participar en mi comité y por los atinados comentarios realizados para el mejoramiento de este trabajo.

Al M.C. Jorge Manuel Valdez Carrasco por aceptar participar como sinodal en mi examen de grado; así como a los profesores del área de Entomología-Acarología por los conocimientos transmitidos y por las facilidades que se me otorgaron durante mi estancia por el CP.

A Trinidad Lomeli Flores y a todos mis compañeros del grupo de Control Biológico por el apoyo brindado en este tiempo y sobre todo por su invaluable amistad.

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
2.1 Insectos.....	3
2.2 Material vegetal.....	3
2.3 Insecticidas.....	3
2.4 Bioensayos.....	4
2.4.1 Efectos letales por contacto residual.....	4
2.4.2 Periodo de residualidad de insecticidas en plantas de pimiento morrón.....	5
2.4.3. Efectos subletales.....	6
2.4.3.1 Fecundidad y número de larvas de <i>C. maculatus</i> dañadas por alimentación...	6
2.4.3.2 Longevidad sin oviposición.....	7
2.4.3.3 Desplazamiento (prueba de vuelo).....	7
2.5 Análisis de datos.....	8
3. RESULTADOS.....	9
3.1 Efectos letales por contacto residual.....	9
3.2 Periodo de residualidad de insecticidas en plantas de pimiento morrón.....	9
3.3 Efectos subletales.....	11
3.3.1 Fecundidad y número de larvas de <i>C. maculatus</i> dañadas por alimentación....	11
3.3.2 Longevidad sin oviposición.....	12
3.3.3 Desplazamiento (prueba de vuelo).....	13
4. DISCUSIÓN.....	15
4.1 Efectos letales por contacto residual.....	15
4.2 Periodo de residualidad de insecticidas en plantas de pimiento morrón.....	15
4.3 Efectos subletales.....	16
4.3.1 Fecundidad y número de larvas de <i>C. maculatus</i> dañadas por la alimentación.	16
4.3.2 Longevidad sin oviposición.....	18
4.3.3 Desplazamiento (prueba de vuelo).....	18
5. CONCLUSIONES.....	20
6. BIBLIOGRAFÍA.....	21

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mortalidad acumulada de <i>Catolaccus hunteri</i> en plantas de pimiento morrón, evaluación cada 72 h.....	10
Figura 2. Longevidad de hembras de <i>Catolaccus hunteri</i> sin oviposición.....	13
Figura 3. Desplazamiento de hembras de <i>Catolaccus hunteri</i> .....	14

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Plaguicidas y dosis que se evaluaron sobre <i>Catolaccus hunteri</i> .....	4
Cuadro 2. Mortalidad de <i>Catolaccus hunteri</i> en bioensayos de contacto residual.....	9
Cuadro 3. Fecundidad de <i>Catolaccus hunteri</i> en periodos de cinco días y total.....	11
Cuadro 4. Número de larvas de <i>Callosocruchus maculatus</i> dañadas por alimentación en periodos de cinco días y total.....	12

## 1. INTRODUCCIÓN

El picudo del chile *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae), es la principal plaga de cualquier variedad de chile cultivada (*Capsicum* spp.); está reportado como plaga clave en el sur de Estados Unidos (Elmore *et al.* 1934; Riley y King 1994; Toapanta *et al.* 2005), México (Laborde y Pozo 1984; Quiñonez 1986), América Central y algunas islas del Caribe (Andrews *et al.* 1986; Abreu y Cruz 1985). Además, recientemente se detectó y erradicó de seis invernaderos en los países bajos (Van der Gaag y Loomans 2013).

El picudo del chile coloca sus huevos, se alimenta y desarrolla completamente en el interior de los frutos lo que dificulta su control mediante insecticidas de contacto. Los daños por alimentación en yemas florales o frutos inmaduros, así como el desarrollo de las larvas en los frutos, causan abscisión (Elmore *et al.* 1934; Seal y Schuster 1995; Toapanta *et al.* 2005). La disminución en producción puede ir del 30 al 90% si no se implementan medidas de control (Campbell 1924; Elmore *et al.* 1934; Goff y Wilson 1937; Velasco 1969; Riley y Sparks 1995; Rodríguez-Leyva *et al.* 2012). Los daños ocasionados por esta plaga en los Estados Unidos, sólo durante 1990, fueron alrededor de 23 millones de dólares (Riley y King 1994). No obstante, esas pérdidas pueden ser mayores ahora por el incremento en los precios del cultivo. En México, donde se cultivan alrededor de 150,000 ha de chiles cada año (SIAP 2012), el problema puede ser aún mayor y se estima que se pierden de 70 a 80 millones de dólares anualmente (Rodríguez-Leyva *et al.* 2012).

El control del picudo del chile se basa en la aplicación de insecticidas dirigidos a los adultos (Seal y Schuster 1995; Servín-Villegas *et al.* 2008). No obstante, ningún insecticida de contacto tiene efecto sobre los estadios inmaduros que están protegidos dentro de los frutos y que reinfestan el cultivo en campo. Así, la integración de más herramientas de combate, como los parasitoides de sus estadios inmaduros dentro de un programa de manejo integrado de plagas (MIP), podría reducir la dependencia de insecticidas e incrementar los niveles de control (Mariscal *et al.* 1998; Rodríguez-Leyva *et al.* 2007, 2012).

*Catolaccus hunteri* Crawford (Hymenoptera: Pteromalidae) es un parasitoide solitario y generalista que se encuentra con mayor frecuencia y abundancia atacando a *A. eugenii* en EE.UU. (Wilson 1986; Riley y Schuster 1992) y México (Cortez *et al.* 2005; Rodríguez-Leyva *et al.* 2000, 2007). El parasitismo que se ha registrado sobre larvas del picudo en campos de Florida fue de 5% hasta 35% (Schuster *et al.* 1988; Riley y Schuster 1992). Este parasitoide no es el ideal para el combate del picudo del chile, porque no alcanza a todas las larvas dentro de los frutos (Rodríguez-Leyva *et al.* 2007; Gómez-Domínguez *et al.* 2012), sin embargo, es el único para el que existe una metodología de reproducción a bajo costo sobre un huésped facticio (Vásquez *et al.* 2005), y puede tener potencial para combatir el picudo del chile en frutos silvestres o cultivados menores a 2 cm de diámetro realizando liberaciones inundativas (Schuster 2007).

Actualmente se explora la posibilidad de realizar ensayos sobre infestaciones iniciales de picudo del chile con liberaciones inundativas de *C. hunteri* en invernadero, pero existen interrogantes respecto a los efectos que causan los insecticidas que se usan para el combate del picudo y de otras plagas en esta condición. Por lo que, antes de hacer una propuesta del uso de *C. hunteri* en invernadero es necesario considerar la residualidad y los efectos letales y subletales de los insecticidas que se usan contra picudo del chile y otras plagas, tal y como se recomienda hacer con cualquier agente de control biológico (Blanco y Bernal 2003). Se sabe que la toxicidad de los insecticidas varía entre especies de insectos benéficos (Legaspi *et al.* 2000; Elzen *et al.* 2000; Schuster y Thompson 2011; Luna-Cruz *et al.* 2011), y que los efectos subletales pueden agruparse básicamente en dos tipos, a) los fisiológicos como longevidad, fecundidad, y proporción sexual, y b) de comportamiento como movilidad, orientación, conducta de alimentación y oviposición. La suma de estos factores puede afectar el desempeño de cualquier especie de enemigo natural (Haynes 1988; Desneux *et al.* 2007). Por lo tanto, el objetivo de este estudio consistió en evaluar la residualidad y la toxicidad letal y subletal de seis insecticidas sobre *C. hunteri*. Los insecticidas seleccionados son utilizados comúnmente en condiciones de invernadero para el combate del picudo del chile y otras plagas.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Insectos

Los individuos de *Catolaccus hunteri* con los que se desarrollaron los ensayos se mantuvieron en laboratorio mediante la metodología descrita por Vásquez *et al.* (2005) con ligeras modificaciones. Para producir al parasitoide básicamente se ofrecían larvas de último ínstar del huésped facticio *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera: Bruchidae), y éste se mantenía en granos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.). La colonia de *C. hunteri* no se había expuesto a insecticidas durante dos años antes de realizar los ensayos.

### 2.2 Material vegetal

Para la realización de los bioensayos se utilizaron plantas de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) variedad “Camelot” de 80 a 100 d de edad. Estas se produjeron y mantuvieron en condiciones de invernadero en macetas de plástico de 26 cm de diámetro y 23 cm de altura. Como sustrato se utilizó una mezcla de arena de tezontle y turba (PRO-MIX® FLEX) en proporción 1:1. Las plantas se regaron diariamente con solución nutritiva (Ultrasol® Desarrollo 18-6-18 a 1 g/L) mediante un sistema de riego por goteo.

### 2.3 Insecticidas

En este trabajo se seleccionaron cinco insecticidas y un acaricida-insecticida que se emplean para el control de picudo del chile o de otras plagas en el cultivo del chile en invernadero (Cuadro 1). Las diluciones se realizaron en agua destilada y se utilizó la dosis media recomendada por el fabricante más 1mL/L de adherente INEX-A® (Cosmocel, S.A., División agrícola). En los controles se utilizó sólo agua destilada más adherente.

**Cuadro 1.** Plaguicidas y dosis que se evaluaron sobre *Catolaccus hunteri*.

Ingrediente activo	Nombre comercial	Grupo químico	<sup>1</sup> Dosis	Compañía
Beta-cyfluthrin	BULLDOCK® 125 SC	Piretroide	225 ml/ha	Bayer de México, S.A. de C.V.
Bifenazate	FLORAMITE 50 PH	Carbazate	500 g/ha	Chemtura Corporation México, S. de R.L. de C.V.
Clorantraniliprol	CORAGEN® 20 SC	Diamidas	175 ml/ha	Dupont México, s.a. de c.v.
Fonicamid	BELEAF® GS	Piridinocarboxamidas	250 g/ha	FMC Agroquímica de México, S. de R.L. de C.V.
Spirotetramat	MOVENTO® 150 OD	Ácidos tetrónicos o Ketoenoles	500 ml/ha	Bayer de México, S.A. de C.V.
Thiametoxam	ACTARA 25 WG	Neonicotinoides	350 g/ha	Syngenta Agro, S.A. de C.V.

<sup>1</sup>Dosis medias recomendadas por el fabricante.

## 2.4 Bioensayos

### 2.4.1 Efectos letales por contacto residual

Para esta evaluación se utilizó el método propuesto por el Comité de Acción de Resistencia a Insecticidas (IRAC 2009) con algunas modificaciones. Éste consistió en sumergir dos discos foliares de plantas de chile (80-100 d de edad y de 4 cm de diámetro) por 10 s en la concentración del insecticida (Cuadro 1). Para que se evaporara el producto excedente de los discos foliares, se mantuvieron a temperatura ambiente por 30 min. Los discos se fijaron a las superficies internas de la base y tapa de una caja Petri (4 cm de diámetro) con el envés expuesto, para ello se utilizó cinta adhesiva de doble cara. Las cajas Petri tenían tres orificios laterales, dos estaban sellados con tela organza para favorecer la ventilación y uno se uso para introducir los parasitoides. Para completar cada unidad experimental, en las cajas Petri se introdujeron 20 hembras adultas de *C. hunteri* de 3 a 8 días de edad. Todas las unidades experimentales se mantuvieron a  $25 \pm 2$  °C,  $60 \pm 10$  % HR y un fotoperiodo de 12:12 luz:oscuridad. La mortalidad se registró a las 24, 48 y 72 h posteriores al inicio de los bioensayos. Se realizaron cuatro réplicas por tratamiento incluyendo un testigo y todo el experimento se repitió dos veces en el tiempo. Se consideró muerto a aquél individuo que presentó temblores y no tuvo la capacidad de desplazarse

normalmente al ser estimulado con un pincel (No. 000). En los ensayos de contacto residual los productos se clasificaron utilizando la categorización propuesta por la Organización Internacional de Control Biológico (IOBC) para bioensayos en laboratorio (Hassan 1992).

#### **2.4.2 Periodo de residualidad de insecticidas en plantas de pimiento morrón**

Este ensayo se realizó para determinar por cuánto tiempo una planta contaminada con insecticida tenía efectos letales sobre los parasitoides. Para ello se siguió la metodología propuesta por Luna-Cruz *et al.* (2011), plantas individuales de pimiento morrón de 100 d de edad (con más de 30 hojas útiles) se asperjaron con una aspersora motorizada (Arimitzu<sup>®</sup>, 25 L de capacidad, 280 PSI) hasta punto de goteo con la concentración de cada tratamiento (Cuadro 1). Después de la aplicación de insecticidas las plantas se mantuvieron dentro de un invernadero, y se colocaron en jaulas entomológicas para evitar contaminación de otros insectos. De estas plantas se retiraron discos foliares después de 24 h posteriores a la aplicación, y después cada 72 h hasta que la mortalidad en *C. hunteri* fuese <25%; porcentaje que se clasifica como inofensivo, o categoría 1, según la IOBC. Para la realización de los bioensayos se cortaban discos foliares de las plantas contaminadas y se colocaban en cajas Petri, como se describió anteriormente (sección 2.4.1). En cada caja Petri se introdujeron 20 hembras de *C. hunteri* de 3 a 8 días de edad, antes de usarlas en los ensayos, se habían alimentado *at libitum* con miel. Una vez que se establecieron los ensayos, la mortalidad se registró 24, 48 y 72 h posteriores a la exposición. Se realizaron cuatro réplicas por tratamiento incluyendo un testigo y el experimento completo se repitió dos veces en el tiempo.

### **2.4.3. Efectos subletales**

Después de determinar los periodos de residualidad de los insecticidas (sección 2.4.2) se procedió a evaluar los efectos subletales. Para ello, de las plantas asperjadas con insecticidas se extrajeron discos foliares cuando la mortalidad de los parasitoides a las 72 h después de ser expuestos a los residuos fue <25%. Los discos foliares se colocaron en cajas Petri, como se describió en los bioensayos anteriores, y se introdujeron 20 hembras adultas apareadas de 8 días de edad. Dentro de la caja Petri se les proporcionó alimento y agua libres de insecticida (líneas de miel y un algodón con agua) y permanecieron en exposición al insecticida 72 h. Los parasitoides que sobrevivieron se utilizaron para medir los parámetros de fecundidad, daño al hospedero (*C. maculatus*) por alimentación, longevidad sin oviposición y capacidad de vuelo o desplazamiento.

#### **2.4.3.1 Fecundidad y número de larvas de *Callosobruchus maculatus* dañadas por alimentación**

La fecundidad se evaluó utilizando una metodología similar a la descrita por Rodríguez-Leyva *et al.* (2000). Básicamente se confinaron hembras de *C. hunteri* de manera individual en cajas Petri de 10x10x2 cm con un orificio de ventilación. En cada caja se colocaba una lámina con 12 burbujas de parafilm, y en cada burbuja estaban confinadas dos larvas del último instar del brúquido (*C. maculatus*). Adicionalmente cada hembra del parasitoide tuvo disponible líneas de miel y un algodón húmedo. La lámina de parafilm con huésped se sustituía por una nueva cada 24 h, y la miel y el algodón se renovaba cada 48 h. La evaluación de fecundidad se realizó durante 15 días, se realizó así ya que las hembras inicialmente tenían 8 d de edad y la fecundidad empieza a descender después de 20 d de edad (Rodríguez-Leyva *et al.* 2000). Con ayuda de un microscopio estereoscópico se registró diariamente el número de huevos y el número de larvas de las que se alimentó cada hembra de *C. hunteri*. Todas las unidades experimentales se mantuvieron en una cámara de cría en las condiciones antes mencionadas (sección 2.4.1). Se realizaron cinco réplicas por tratamiento incluyendo un testigo sin exposición a insecticidas, y el experimento completo se repitió

dos veces en el tiempo. En las repeticiones en el tiempo se observó que algunas hembras no iniciaron oviposición durante el periodo de evaluación, por esta razón en los análisis sólo se consideraron las hembras que ovipositaron y también se alimentaron del huésped.

#### **2.4.3.2 Longevidad sin oviposición**

Para evaluar este parámetro se confinaron hembras de *C. hunteri* de manera individual en viales de cristal de 2.7 mL, estos se sellaron con un trozo de tela organza sostenida con una banda flexible. A cada hembra se le proporcionaron líneas de miel en la pared del vial, y un algodón húmedo al fondo de éste, y estos se sustituían cada 48 h. Los viales se mantuvieron en una cámara bioclimática con las condiciones mencionadas en las secciones anteriores. La supervivencia se registró cada 24 h hasta que murió la última hembra, se consideró muerto aquel individuo que no mostró movimiento al ser estimulado con un pincel (No. 000). Cada hembra constituyó una réplica y se realizaron 30 réplicas por tratamiento, se incluyó un testigo (hembras sin haber estado expuestas a insecticidas) y el experimento completo se repitió dos veces en el tiempo (un total de 60 avispas).

#### **2.4.3.3 Desplazamiento (prueba de vuelo)**

Para este ensayo se utilizó una jaula de tela de organza de 1.20x1.20x1.20 m, con estructura de tubos de PVC de 2.54 cm de diámetro. Dentro de ella se colocó en el centro un cilindro de cartón de 40 cm de altura por 10 cm de diámetro, éste sirvió de base para colocar un vaso de precipitado donde se colocaban 40 hembras de *C. hunteri* de cada tratamiento para evaluar su capacidad de desplazamiento, o vuelo. El tiempo de evaluación por grupo de parasitoides fue de 30 min. Se consideraron insectos con capacidad de vuelo a aquellos que se desplazaron volando hacia la parte superior o lateral de la jaula (al menos 0.6 m). Se realizó una réplica por tratamiento incluyendo un testigo, y el experimento se repitió dos veces en el tiempo. El dispositivo para vuelo de esta especie fue de tales dimensiones dado que en ensayos preliminares el parasitoide caminaba, y no siempre volaba, en dispositivos de menores dimensiones.

## **2.5 Análisis de datos**

Debido a que en el ensayo de efectos letales por contacto residual sólo se presentó mortalidad en dos insecticidas, estos se compararon mediante una prueba de “t”. En los demás experimentos se realizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA), cuando se presentaron diferencias se realizaron pruebas de separación de medias usando la diferencia mínima significativa LSD ( $p \leq 0.05$ ). Todos los análisis se realizaron utilizando el programa Statistix 8.1.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Efectos letales por contacto residual

La mortalidad entre las repeticiones en el tiempo no fueron diferentes a las 24 h ( $T_{14}=1.94$ ;  $P=0.0726$ ), 48 h ( $T_8=1.26$ ;  $P=0.2415$ ), y 72 h ( $T_7=1.00$ ;  $P=0.3503$ ), por esta razón los datos de mortalidad se analizaron de manera conjunta en los periodos correspondientes. Los tratamientos bifenazate, clorantraniliprol, flonicamid y spirotetramat resultaron inofensivos para *C. hunteri*, categoría 1 según la clasificación de la IOBC. Sin embargo, thiametoxam y beta-cyfluthrin fueron moderadamente nocivo (3) y altamente nocivo (4) respectivamente. Se detectó diferencia en la mortalidad causada por thiametoxam y beta-cyfluthrin a las 24 h, pero la mortalidad acumulada a las 48 y 72 h no difirió entre estos dos insecticidas (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Mortalidad de *Catolaccus hunteri* en bioensayos de contacto residual.

Tratamiento	Mortalidad acumulada (% $\pm$ EE) <sup>a</sup>			Categoría IOBC <sup>1</sup> 72 h
	24 h <sup>a</sup>	48 h <sup>b</sup>	72 h <sup>c</sup>	
Beta-cyfluthrin	98.8 $\pm$ 0.1 a	99.4 $\pm$ 0.1 a	100 $\pm$ 0.0 a	4
Bifenazate	0.0 $\pm$ 0.0 -	0.0 $\pm$ 0.0 -	0.0 $\pm$ 0.0 -	1
Clorantraniliprol	0.0 $\pm$ 0.0 -	0.0 $\pm$ 0.0 -	0.0 $\pm$ 0.0 -	1
Flonicamid	0.0 $\pm$ 0.0 -	0.0 $\pm$ 0.0 -	0.0 $\pm$ 0.0 -	1
Spirotetramat	0.0 $\pm$ 0.0 -	0.0 $\pm$ 0.0 -	0.0 $\pm$ 0.0 -	1
Thiametoxam	93.2 $\pm$ 0.3 b	96.9 $\pm$ 0.3 a	98.8 $\pm$ 0.2 a	3
Testigo	0.0 $\pm$ 0.0 -	0.0 $\pm$ 0.0 -	0.0 $\pm$ 0.0 -	1

Medias con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente entre sí.

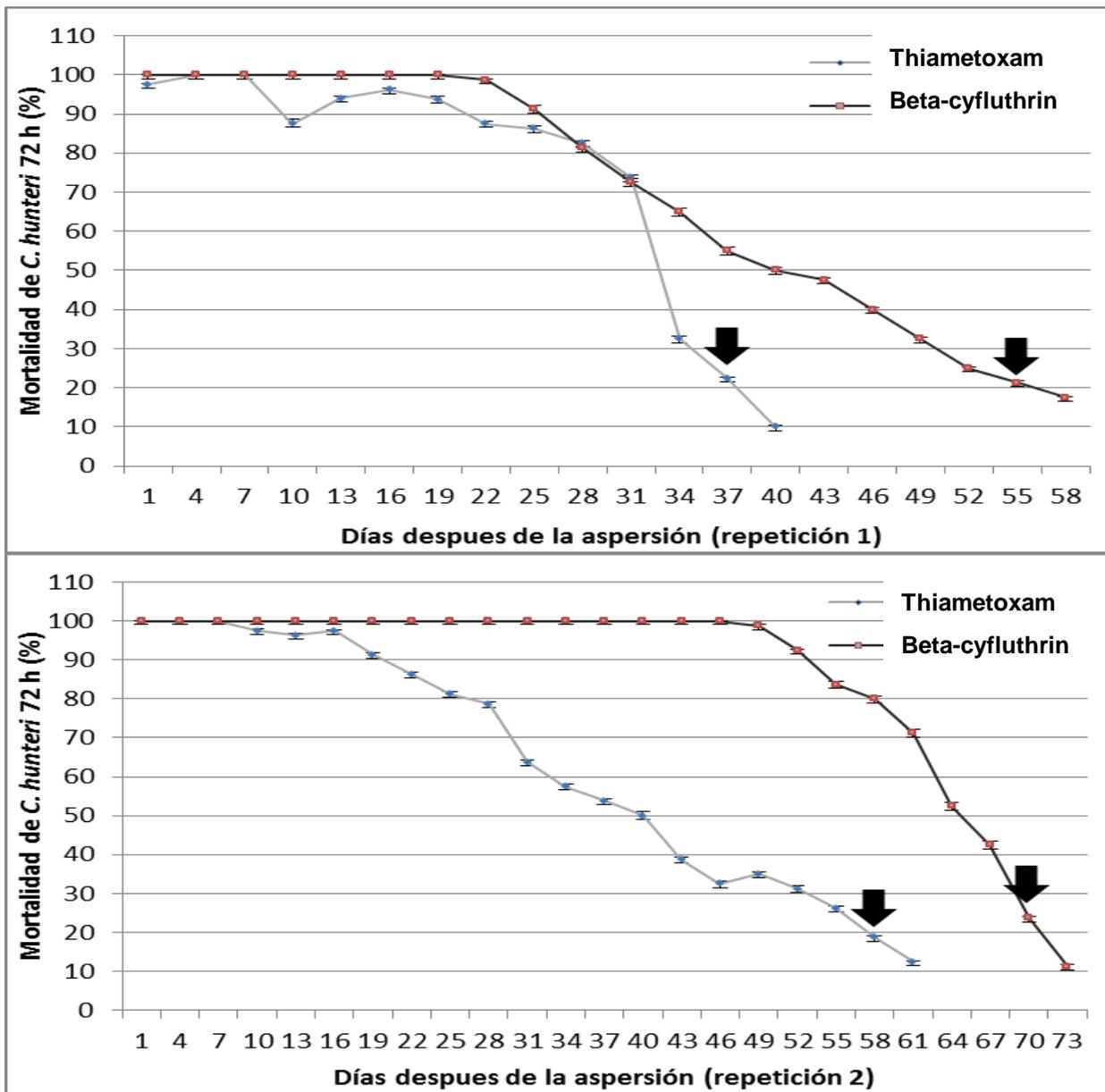
<sup>a</sup> $T_{10}=-2.75$ ;  $P=0.02$ . <sup>b</sup> $T_8=-1.26$ ;  $P=0.24$ . <sup>c</sup> $T_7=-0.95$ ;  $P=0.37$ .

<sup>1</sup>Categorías (IOBC) para bioensayos de laboratorio como: 1, inofensivo (<30%); 2, ligeramente nocivo (30-79%); 3, moderadamente nocivo (80-99%); 4, altamente nocivo (>99%) (Hassan 1992).

#### 3.2 Periodo de residualidad de insecticidas en plantas de pimiento morrón

En esta sección se incluyeron sólo a los productos thiametoxam y beta-cyfluthrin. Se observó una tendencia clara en los resultados dependiendo de cada insecticida; no obstante, los periodos de residualidad entre repeticiones en el tiempo difirieron para ambos insecticidas, thiametoxam ( $F_{21,126}=70.79$ ;  $P=0.0001$ ) y beta-cyfluthrin ( $F_{24,155}=9.18$ ;  $P=0.0001$ ), por lo que se presentan los resultados por réplica. Ambos insecticidas

tuvieron efectos residuales (hasta causar una mortalidad <25 %) superiores a 34 días, y presentaron mayores residualidades en la segunda repetición. Sin embargo, en ambas repeticiones beta-cyfluthrin tuvo un efecto residual más prolongado que thiametoxam con diferencias de 18 a 12 días para la primera y segunda repetición, respectivamente (Figura 1).



**Figura 1.** Mortalidad acumulada de *Catolaccus hunteri* en plantas de pimiento morrón, evaluación cada 72 h. Las flechas indican el día donde la mortalidad acumulada fue menor al 25 % (Categoría 1, inofensivo, según la IOBC).

### 3.3 Efectos subletales

#### 3.3.1 Fecundidad y número de larvas de *C. maculatus* dañadas por alimentación

A pesar de la ausencia de un efecto letal en los bioensayos de contacto residual para los productos bifenazate, clorantraniliprol, flonicamid y spirotetramat, se decidió continuar con el ensayo de efectos subletales con estos productos, por si alguno de ellos ofrecía un efecto diferente. Como no se encontraron diferencias entre repeticiones en el tiempo para las evaluaciones de fecundidad ( $F_{1,68} = 2.2$ ;  $P = 0.9629$ ), ni tampoco para número de larvas de *C. maculatus* dañadas por alimentación de *C. hunteri* ( $F_{1,68} = 0.01$ ;  $P = 0.9346$ ) las ocho réplicas se analizaron conjuntamente. A excepción del periodo de 11-15 d en la evaluación de fecundidad, donde se detectaron diferencias entre tratamientos ( $F_{6,32} = 2.80$ ;  $P = 0.0262$ ), en el resto de los periodos de evaluación de fecundidad (Cuadro 3) y de larvas dañadas por alimentación (Cuadro 4) no se encontraron diferencias entre tratamientos. Sin embargo, ningún tratamiento difirió del testigo (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Fecundidad de *Catolaccus hunteri* en periodos de cinco días y total.

Tratamiento	Periodos de 5 d Huevos/hembra (media±EE)*			
	1-5 d <sup>a</sup>	6-10 d <sup>b</sup>	11-15 d <sup>c</sup>	total <sup>d</sup>
Beta-cyfluthrin	36.1±18.3	145.0±27.1	232.1±9.5 a	413.3±38.4
Bifenazate	48.0±32.3	123.7±39.0	216.7±20.8 ab	388.5±87.2
Clorantraniliprol	28.6±13.5	125.2±29.0	209.6±5.7 ab	363.4±47.3
Flonicamid	27.1±13.5	98.5±34.4	124.8±30.3 c	250.5±54.3
Spirotetramat	26.7±3.9	157.0±9.4	163.7±27.7 abc	347.5±29.7
Thiametoxam	37.2±10.1	132.2±32.2	161.2±31.6 bc	330.8±60.9
Testigo	41.5±16.2	116.4±29.8	182.8±8.8 abc	340.8±49.6

\*Medias con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente entre sí. <sup>a</sup> $F_{6,32} = 0.21$ ;  $P = 0.9712$ . <sup>b</sup> $F_{6,32} = 0.35$ ;  $P = 0.9051$ . <sup>c</sup> $F_{6,32} = 2.80$ ;  $P = 0.0262$ . <sup>d</sup> $F_{6,32} = 0.91$ ;  $P = 0.4981$ .

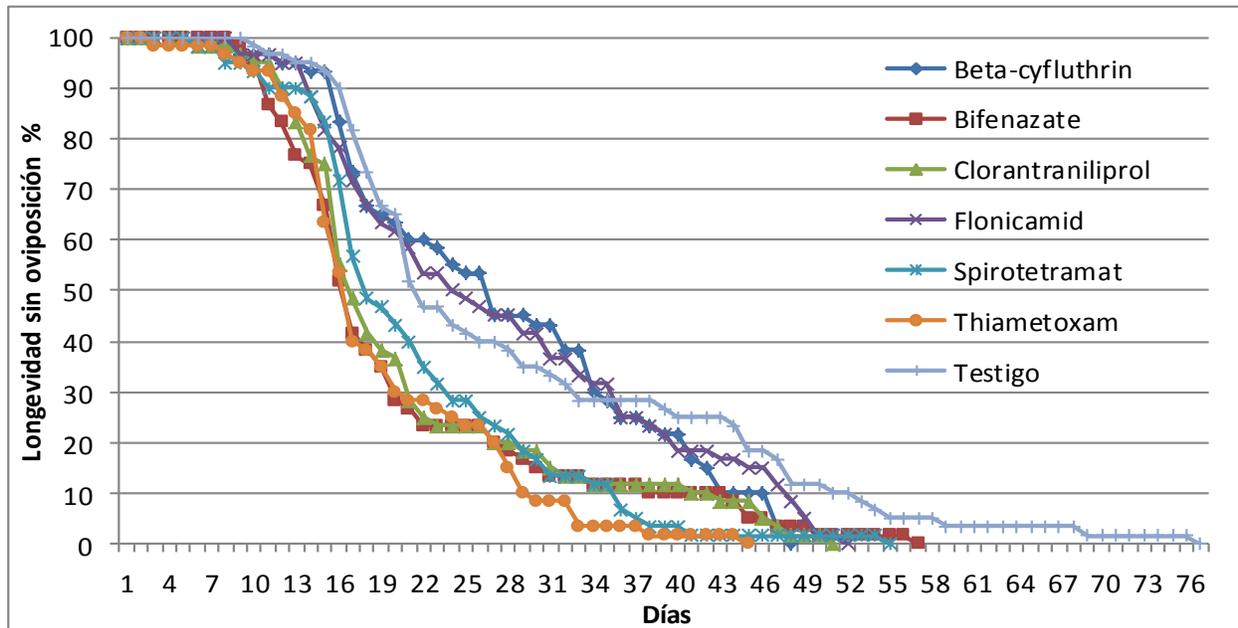
**Cuadro 4.** Número de larvas de *Callosobruchus maculatus* dañadas por alimentación en periodos de cinco días y total.

Tratamiento	Periodos de 5 d Larvas dañadas/hembra (media±EE)			
	1-5 d <sup>a</sup>	6-10 d <sup>b</sup>	11-15 d <sup>c</sup>	Total <sup>d</sup>
Beta-cyfluthrin	9.3±3.9	34.0±4.6	37.8±3.8	81.17±8.2
Bifenazate	13.5±8.6	27.7±4.9	27.0±2.3	68.25±13.8
Clorantraniliprol	12.0±5.4	33.6±4.7	40.2±2.3	85.80±9.7
Fonicamid	9.0±4.0	27.1±8.2	23.1±5.5	59.33±14.0
Spirotetramat	13.7±2.4	48.0±4.2	33.5±5.8	95.25±10.9
Thiametoxam	7.4±2.0	32.1±6.3	28.0±5.6	67.57±12.4
Testigo	13.2±4.7	30.4±7.8	34.0±3.6	77.71±15.7

<sup>a</sup>F<sub>6,32</sub>= 0.33; P= 0.9152. <sup>b</sup>F<sub>6,32</sub>= 0.75; P= 0.6153. <sup>c</sup>F<sub>6,32</sub>= 1.73; P= 0.1461. <sup>d</sup>F<sub>6,32</sub>= 0.79; P= 0.5829).

### 3.3.2 Longevidad sin oviposición

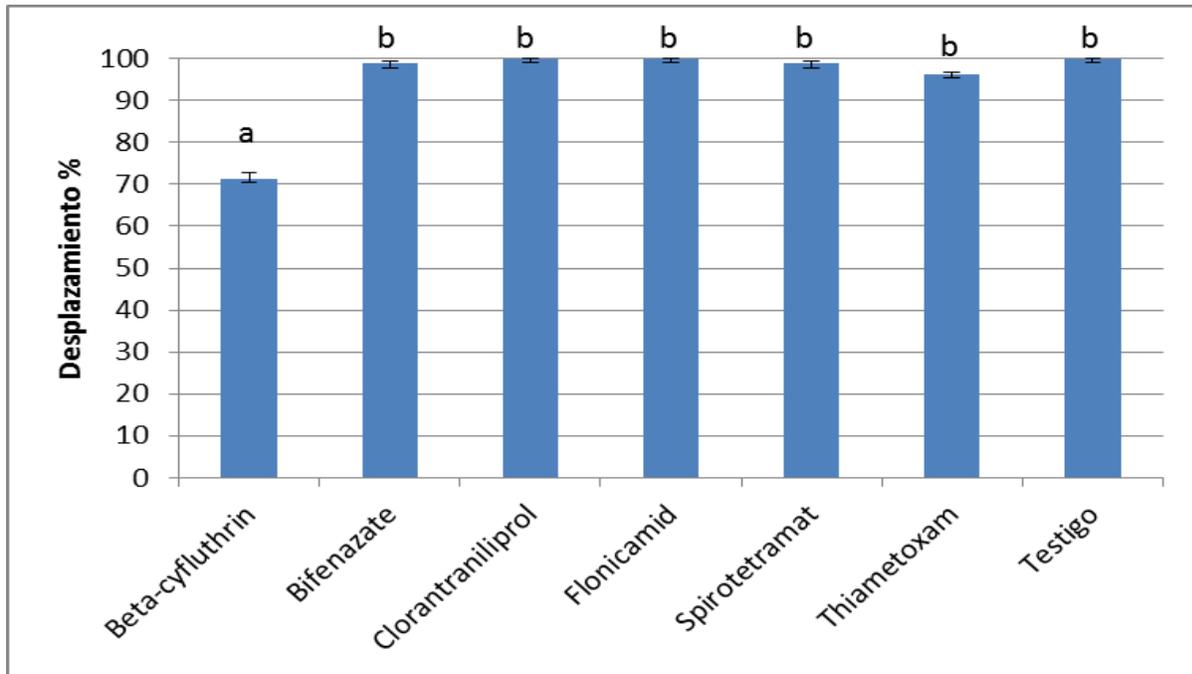
No se encontró diferencia entre las repeticiones en el tiempo ( $F_{1,418} = 0.96$  P= 0.3271) por lo que las 60 réplicas se analizaron conjuntamente. La longevidad promedio *C. hunteri* disminuyó significativamente ( $F_{6,413} = 8.16$ ; P= 0.0001) en los tratamientos thiametoxam, bifenazate, clorantraniliprol, y spirotetramat. Esta disminución fue de alrededor de 8 días en comparación con el testigo. Cuando se compararon porcentajes de supervivencia de thiametoxam, bifenazate, clorantraniliprol y spirotetramat tuvieron una marcada disminución en ésta. De hecho estos tratamientos se separan del resto desde el día 13, para el día 16 ya se observa una mortalidad del 50% en todos estos tratamientos y en el testigo solo del 20% (Figura 2). La supervivencia en los tratamientos beta-cyfluthrin y flonicamid fue similar con el testigo.



**Figura 2.** Longevidad de hembras de *Catolaccus hunteri* sin oviposición.

### 3.3.3 Desplazamiento (prueba de vuelo)

Nuevamente los lotes de insectos respondieron homogéneamente y no se encontró diferencia entre las repeticiones en el tiempo ( $F_{1,12} = 0.02$ ;  $P = 0.9027$ ) por esta razón las dos réplicas (80 avispas en total) se analizaron conjuntamente. La capacidad de desplazamiento (vuelo) se afectó ( $F_{6,7} = 41.61$ ;  $P = 0.0001$ ) solo por el tratamiento beta-cyfluthrin. En este caso, la reducción en capacidad de vuelo se manifestó en 28% de los individuos y fue significativa respecto al testigo. En ninguno de los demás tratamientos se detectó diferencia con respecto al testigo y la capacidad de vuelo se registró en el 96 al 100% de los individuos (Figura 3).



**Figura 3.** Desplazamiento de hembras de *Catolaccus hunteri* (%±EE) letras diferentes en las barras indican diferencias significativas entre tratamientos (LSD;  $p \leq 0.05$ )

## 4. DISCUSIÓN

### 4.1 Efectos letales por contacto residual

Según la clasificación de la IOBC thiametoxam fue moderadamente nocivo (98 % de mortalidad, Categoría 3) y beta-cyfluthrin fue altamente nocivo (100 % de mortalidad, Categoría 4) sobre *Catolaccus hunteri*. Este efecto nocivo por contacto residual de los piretroides y neonicotinoides ocurre consistentemente sobre otros enemigos naturales (Legaspi *et al.* 2000; Williams III *et al.* 2003; Talebi *et al.* 2008).

A diferencia de los insecticidas anteriores bifentazate, clorantropiliprol, flonicamid y spirotetramat fueron inofensivos (0 % de mortalidad, Categoría 1) sobre el parasitoides. Este efecto inofensivo de este grupo de productos, por el método de contacto residual, también se ha reportado en otros himenópteros parasitoides (Besard *et al.* 2010; Preetha *et al.* 2009; Cloyd y Dickinson 2006; Mansour *et al.* 2011). Hasta ahora sólo se tenía registro de evaluación de insecticidas sobre *C. hunteri* por Schuster y Thompson (2011). Estos autores indicaron que la toxicidad sobre *C. hunteri* varió dependiendo del insecticida y la vía de exposición; no obstante, ellos evaluaron productos químicos de diferentes grupos toxicológicos y por tanto los de este trabajo son novedosos para *C. hunteri*. Por su parte, Legaspi *et al.* (2000) evaluaron 19 insecticidas sobre insectos benéficos de diferentes especies, dentro de estas a la especie relacionada *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae). Estos autores indicaron que *C. grandis*, como las otras especies de parasitoides, presentó diferente susceptibilidad a los productos evaluados y señalan que la diferencia en la respuesta podría atribuirse al nivel de tolerancia natural de la especie y al modo de acción de los insecticidas. En este caso, como bifentazate, clorantropiliprol, flonicamid y spirotetramat no han tenido efecto sobre otros parasitoides, probablemente se pudiera indicar que estos productos no tiene efectos por contacto residual para especies como *C. hunteri*.

### 4.2 Periodo de residualidad de insecticidas en plantas de pimiento morrón

El periodo de residualidad que se registró para thiametoxam y beta-cyfluthrin fue superior a 35 y 55 d, respectivamente, en las repeticiones en el tiempo. Además, beta-

cyfluthrin fue más residual que thiametoxam en ambos casos. En otros trabajos donde se evaluó la residualidad de insecticidas en campo Legaspi *et al.* (2000) indicaron que fenprothrin (piretroide) en el día 30 seguía causando 100 % de mortalidad sobre *Allorhogas pyralophagus* Marsh (Hymenoptera: Braconidae), mientras que imidacloprid (neonicotinoide) después del primer día de aplicación causó mortalidades menores a 20 % sobre *A. pyralophagus*, *C. grandis* y *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae). Williams III *et al.* (2003) señalaron que *Anaphes iole* Girault (Hymenoptera: Mymaridae), expuesto a residuos de los neonicotinoides imidacloprid y thiametoxam, sobrevivió 75 % después de 4.9 y 13.8 días de la aplicación, respectivamente. Mientras que para alcanzar esa supervivencia con los piretroides  $\lambda$ -cyhalothrin y cyfluthrin fueron necesarios de 7.8 y >30 días, respectivamente. En ambos trabajos los piretroides presentaron periodos de residualidad mayores que los neonicotinoides, esto coincide con los resultados obtenidos en este estudio.

Por otro lado, Sántis *et al.* (2012) mencionaron que bajo condiciones de invernadero la reducción en los residuos de spinosad fue influenciada por la cubierta plástica del invernadero. En su trabajo la radiación visible y UV se redujo en un 30 y 75% respectivamente. Se sabe que los piretroides (Yamamoto 1970) y neonicotinoides (Maienfisch *et al.* 2001) son degradados por la radiación solar, particularmente por la radiación UV por lo que los periodos largos de residualidad de thiametoxam y beta-cyfluthrin en este estudio pudieran deberse a la permanencia de las plantas en invernadero. Es muy probable que la cubierta plástica disminuyera la cantidad de radiación visible y UV a la que estuvieron expuestas las plantas y esto disminuyó la degradación de los residuos de ambos insecticidas.

### **4.3 Efectos subletales**

#### **4.3.1 Fecundidad y número de larvas de *C. maculatus* dañadas por la alimentación**

Es importante señalar que los efectos subletales que se evaluaron aquí fueron de una dosis que causaba menos de 25 % de mortalidad en el parasitoide con todos los

insecticidas. Se sabe que *C. hunteri* es un parasitoide sinovigénico, por lo que necesita alimentarse de su huésped para obtener proteína y producir huevos (Rodríguez-Leyva et al. 2000). Los resultados llevan a afirmar que la alimentación sobre larvas de *C. maculatus* no fue diferente entre tratamientos (insecticidas) y testigo, probablemente esto también influyó para que la fecundidad de *C. hunteri* tampoco ofreciera diferencias en prácticamente todo el periodo de evaluación.

En algunos estudios donde se ha evaluado el efecto de bifenazate (Besard et al. 2010), thiametoxam (Rahmani et al. 2013) y flonicamid (Cloyd y Dickinson 2006) sobre la fecundidad o parasitismo de otros enemigos naturales, tampoco se reportaron efectos adversos. No obstante, beta-cyfluthrin (Vianna et al. 2009) y spirotetramat (Tong-Xian et al. 2012) si proporcionaron efectos desfavorables. Durante mucho tiempo los estudios de efectos secundarios (subletales) sobre artrópodos benéficos se han realizado con la dosis letal 50 (DL<sub>50</sub>) o concentración letal 50 (CL<sub>50</sub>) (Desneux et al. 2007). En este caso los efectos subletales sobre *C. hunteri* se midieron cuando la mortalidad causada por thiametoxam y beta-cyfluthrin fue menor a 25 % (DL<sub>25</sub>). En este trabajo se decidió usar la DL<sub>25</sub> porque experiencias previas indicaron que *C. hunteri* era muy susceptible a plaguicidas y porque hay trabajos que a esa dosis encontraron efectos adversos. Por ejemplo, Bayram et al. (2010) evaluaron dosis subletales (CL<sub>25</sub>) de piretroides sobre la fecundidad de *Telenomus busseolae* Gahan (Hymenoptera: Scelionidae). A esta dosis ellos encontraron una disminución significativa en fecundidad con cyfluthrin pero no con deltamethrin. También Wang et al. (2011) evaluaron la CL<sub>30</sub> de once insecticidas sobre *Trichogrammatoidea bactrae* Nagaraja (Hymenoptera: Trichogrammatidae), estos autores encontraron que avermectins, clorfenapir, cartap, diafentiurón, spinosad y fipronil causaron reducciones significativas en la fecundidad; por el contrario indoxacarb, chlorfluazuron, *Bacillus thuringiensis* y tebufenozida no tuvieron efecto, además betacypermethrin aumentó significativamente el número de huevos parasitados. De este modo, la falta de efecto en la fecundidad y número de larvas de *C. maculatus* dañadas por alimentación en este trabajo pudiera atribuirse a la tolerancia natural *C. hunteri* a la CL<sub>25</sub> de los productos que se evaluaron, o a que el periodo de evaluación (15 d) no fue tiempo suficiente para reflejar efecto en

la fecundidad de *C. hunteri*. En futuras evaluaciones deberán incluir la evaluación de este parámetro durante todo el periodo reproductivo de este parasitoide para ver si se logra reflejar el efecto de los plaguicidas. En este trabajo no se consideró relevante la evaluación de estos parámetros durante toda la vida del parasitoide, se realizó así porque el concepto de liberación inundativa con que se pretende usar este parasitoide no contempla su supervivencia por más de dos o tres semanas en invernadero.

#### **4.3.2 Longevidad sin oviposición**

La longevidad de *C. hunteri* disminuyó en los tratamientos bifentazate, clorantropiloprol, spirotetramat y thiametoxam, pero no disminuyó en beta-cyfluthrin y flonicamid. Estos resultados sugieren que algunos parámetros biológicos de *C. hunteri* pueden resultar afectados por insecticidas a dosis subletales DL<sub>25</sub>. Algunos autores han reportado disminuciones significativas en la longevidad de himenópteros parasitoides por efectos subletales de insecticidas (Bayram *et al.* 2010; Tong-Xian *et al.* 2012), mientras que otros autores (Richardson y Hall 2013; Gradish *et al.* 2010; Rahmani *et al.* 2013; Sun-Ran *et al.* 2011) indican que no encontraron efecto en la longevidad en otras especies de insectos. Por otro lado, Wang *et al.* (2011) evaluaron once insecticidas sobre *T. bactrae*, de esos sólo seis causaron efecto adverso en la longevidad, al igual que en este trabajo no todos los insecticidas causaron efecto en la longevidad. Una posible explicación de los resultados en este estudio es la referida por Bayram *et al.* (2010) y Sun-Ran *et al.* (2011), quienes mencionaron que los efectos de los plaguicidas en la longevidad parecen ser altamente dependientes del tipo de plaguicida, de las especies de insectos y del método de aplicación.

#### **4.3.3 Desplazamiento (prueba de vuelo)**

Regularmente los insecticidas causan efectos comportamentales en la movilidad o desplazamiento de los artrópodos (Desneux *et al.* 2007). Por ejemplo, *Microplitis croceipes* Cresson (Hymenoptera: Braconidae) redujo su respuesta de vuelo cuando se alimentó con polen de plantas tratadas con imidacloprid (Stapel *et al.* 2000). También se ha reportado que dosis subletales de imidacloprid y deltametrina incrementaron

significativamente la velocidad y distancia de vuelo de *Nilaparvata lugens* Stål (Hemiptera: Delphacidae) (Ke-Fei *et al.* 2011). Con estos resultados contrastantes es posible pensar que el efecto de insecticidas sobre la movilidad puede estar influenciado por las características de la especie de insecto, la dosis, los procesos de recuperación y la manera de hacer las evaluaciones.

Desneux *et al.* (2004) describieron alteraciones en el comportamiento de *Aphidius ervi* (Haliday) (Hymenoptera: Aphidiinae) inducido por dosis subletales de lambda-cyhalothrin; sin embargo, estas alteraciones desaparecieron en un periodo de 24 h. Ellos indicaron que la normalización en el comportamiento pudiera deberse al mecanismo de detoxificación de las moléculas de insecticida por el parasitoide. Por su parte Longley y Jepson (1996) describieron normalización en el comportamiento de *Aphidius rhopalosiphi* De Stefani- Pérez (Hymenoptera: Braconidae), en un periodo de 12 h posteriores a la exposición de residuos con deltamethrina.

En este estudio el porcentaje de insectos voladores de *C. hunteri* se redujo en un 28 % con beta-cyfluthrin (piretroide). Aunque puede ser un porcentaje de reducción no significativo desde el punto de vista práctico, esta disminución se podría atribuir a la metodología de este ensayo. El cual se realizó inmediatamente transcurridas las 72 h de exposición de los parasitoides a residuos de insecticidas, y el tiempo de evaluación fue solamente por 30 min. Dado que en algunas especies de parasitoides se normalizaron las funciones transcurrido cierto tiempo, sería conveniente realizar los ensayos 24 h después de la exposición con insecticidas o las evaluaciones deben hacerse durante un tiempo mayor a 24 h para observar si el efecto en la movilidad se normaliza mediante algún mecanismo de detoxificación como mencionan Desneux *et al.* (2004) y Longley y Jepson (1996) o si se mantiene permanentemente.

## 5. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos durante este estudio se concluye lo siguiente:

- Mediante contacto residual beta-cyfluthrin y thiametoxam causaron 98 a 100% de mortalidad sobre *Catolaccus hunteri* a las 72 h. No obstante, bifenazate, clorantraniliprol, flonicamid y spirotetramat fueron inofensivos (0% de mortalidad).
- Sólo se observó residualidad sobre *C. hunteri* con beta-cyfluthrin y thiametoxam, en ambos casos ésta fue mayor a 34 d; además, beta-cyfluthrin fue más residual que thiametoxam por 18 y 12 días.
- Con respecto a efectos subletales, ningún insecticida (CL25) ocasionó disminución en la fecundidad de *C. hunteri*, y tampoco en el número de larvas eliminadas por alimentación. No obstante, se encontraron efectos en longevidad de *C. hunteri* sin huésped, disminuyó alrededor de 8 días en los tratamientos bifenazate, clorantraniloprol, spirotetramat y thiametoxam, pero no en beta-cyfluthrin y flonicamid; también, la capacidad de vuelo de *C. hunteri* se redujo el 28 % sólo con beta-cyfluthrin.
- Es conveniente continuar con la evaluación de estos insecticidas mediante otros métodos de exposición, para determinar su posible inclusión en programas de manejo que empleen a *C. hunteri*.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, E., and C. Cruz. 1985. Occurrence of pepper weevil *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae) in Puerto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 59: 223-224.
- Andrews, K., A. Rueda, G. Gandini, S. Evans, A. Arango, and M. Avedillo. 1986. A supervised control program for the pepper weevil, *Anthonomus eugenii* Cano, in Honduras, Central America. *Tropical Pest Management* 32: 1-4.
- Bayram, A., G. Salerno, A. Onofri, and E. Conti. 2010. Sub-lethal effects of two pyrethroids on biological parameters and behavioral responses to host cues in the egg parasitoid *Telenomus busseolae*. *Biological Control* 53: 153-160.
- Besard, L., V. Mommaerts, J. Vandeven, X. Cuvelier, G. Sterk, and G. Smagghe. 2010. Compatibility of traditional and novel acaricides with bumblebees (*Bombus terrestris*): a first laboratory assessment of toxicity and sublethal effects. *Pest Management Science*. 66: 786-793.
- Blanco, C. A. and J.S. Bernal. 2003. Insecticidas y control biológico. Pp. 71. *In: Silva, G y R. Hepp (Eds.). Bases para el Manejo racional de insecticidas*. Concepción, Chile.
- Campbell, R. E. 1924. Injuries to pepper in California by *Anthonomus eugenii* Cano. *Journal of Economic Entomology* 17: 645-647.
- Cloyd, R. A., and A. Dickinson. 2006. Effect of insecticides on mealybug destroyer (Coleoptera: Coccinellidae) and parasitoid *Leptomastix dactylopii* (Hymenoptera: Encyrtidae), natural enemies of citrus mealybug (Homoptera: Pseudococcidae). *Journal of Economic Entomology* 99: 1596-1604.
- Cortez M. E., D. E. Cabanillas, and B. D. Armenta. 2005. Parasitoides y parasitismo natural del picudo del chile *Anthonomus eugenii* en el norte de Sinaloa, México. *Southwestern Entomologist*. 30: 181-190.

- Desneux, N., M. H. Pham-Delegue, and L. Kaiser. 2004. Effect of sub-lethal and lethal dose of lambda-cyhalothrin on oviposition experience and host searching behaviour of a parasitic wasp, *Aphidius ervi*. *Pest Management Science* 60: 381-389.
- Desneux, N., A. Decourtye, and J. M. Delpuech. 2007. the sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology* 52:81-106.
- Elmore, J. C., A. C. Davis, and R. E. Campbell. 1934. The pepper weevil. USDA. Technical Bulletins 447. 27 pp.
- Elzen, G. W., S. N. Maldonado, and M. G. Rojas. 2000. Lethal and Sublethal Effects of Selected Insecticides and an Insect Growth Regulator on the Boll Weevil (Coleoptera: Curculionidae) Ectoparasitoid *Catolaccus grandis* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Journal of Economic Entomology* 93: 300-303.
- Goff, C. C., and Wilson, J. W. 1937. The pepper weevil. University of Florida, Agricultural Experiment Stations Bulletin. 310: 3-11.
- Gómez-Domínguez, N. S., J. R. Lomeli-Flores, E. Rodríguez-Leyva, J. M. Valdez-Carrasco, and A. Torres-Ruiz. 2012. Ovipositor of *Catolaccus hunteri* Burks (Hymenoptera: Pteromalidae) and implications for its potential as biological control agent of pepper weevil. *Southwestern Entomologist* 37: 239-241.
- Gradish, A. E., C. D. Scott-Dupree, L. Shipp, C. R. Harris, and G. Ferguson. 2010. Effect of reduced risk pesticides for use in greenhouse vegetable production on *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apidae). *Pest Management Science* 66: 142-146.
- Hassan, S. A. 1992. Guideline for the evaluation of side effects of plant protection product on *Trichogramma cacoeciae*. IOBC/WPRS Working Group: Pesticides and Beneficial Organisms Bulletin, 3:18-39.
- IRAC (Insecticide Resistance Action Committee). 2009. Susceptibility Test Methods Series: Method 2 “*Psylla* spp.” (En línea). Disponible en <http://www.irc-22>

[online.org/content/uploads/Method\\_002\\_v3\\_june09.pdf](http://online.org/content/uploads/Method_002_v3_june09.pdf) (revisado 2 de marzo 2014).

- Haynes K. F. 1988. Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior. *Annual Review of Entomology* 33:149-168.
- Ke-Fei, Z., S. Zhao-Peng, and W. Jin-Cai. 2011. Insecticide-induced enhancement of flight capacity of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stål (Hemiptera: Delphacidae). *Crop Protection* 30: 476-482.
- Laborde, J. A., and A. Pozo. 1984. Presente y pasado del chile en México. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Publicacion Especial No. 85. México. 80 pp.
- Legaspi, J. C., J. V. French, and B. C. Legaspi. 2000. Toxicity of novel and conventional insecticides to selected beneficial insects. *Subtropical Plant Science* 52: 23-32.
- Longley, M., and P. C. Jepson. 1996. The influence of insecticide residues on primary parasitoid and hyperparasitoid foraging behaviour in the laboratory. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 81: 259-269.
- Luna-Cruz, A., J. R. Lomeli-Flores, E. Rodríguez-Leyva, L. D. Ortega-Arenas, and A. Huerta-de la Peña. 2011. Toxicidad de cuatro insecticidas sobre *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) y su hospedero *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Psyllidae). *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 27: 509-526.
- Maienfisch, P., M. Angst, F. Brandl, W. Fischer, D. Hofer, H. Kayser, W. Kobel, A. Rindlisbacher, R. Senn, A. Steinemann, and H. Widmer. 2001. Chemistry and biology of thiamethoxam: a second generation neonicotinoid. *Pest Management Science* 57: 906-913.
- Mansour, R.; P. Suma, G. Mazzeo, K. G. Lebdi, and A. Russo. 2011. Evaluating side effects of newer insecticides on the vine mealybug parasitoid *Anagryrus sp.* Near

pseudococci with implications for integrated pest management in vineyards. *Phytoparasitica* 39: 369-376.

Mariscal, E., J. L. Leyva, and R. Bujanos. 1998. Parasitoides del picudo del chile, *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae) en Nayarit, México. *Vedalia* 5: 39-46.

Preetha, G., J. Stanley, S. Suresh, S. Kuttalam, and R. Samiyappan. 2009. Toxicity of selected insecticides to *Trichogramma chilonis*: assessing their safety in the rice ecosystem. *Phytoparasitica* 37: 209-215.

Quiñonez, P. F. 1986. Dinámica de poblaciones y daño de plagas del fruto y efecto de daño simulado en el rendimiento de chile Jalapeño, pp. 21-30. In M. M. Rivera and M. E. Montes (eds.). Primer día del horticultor. SARH, INIFAP, pub. Esp. 6.

Rahmani, S., A. R. Bandani, and Q. Sabahi. 2013. Effects of thiamethoxam in sublethal concentrations, on life expectancy ( $e_x$ ) and some other biological characteristics of *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae). *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* 4: 556-560.

Richardson, M. L. and D. G. Hall. 2013. Toxicity of 6 miticides to the asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Florida Entomologist*, 96: 433-441.

Riley, D. G., D. J. Schuster. 1992. The occurrence of *Catolaccus hunteri*, a parasitoid of *Anthonomus eugenii*, in insecticide treated bell pepper. *Southwestern Entomologist* 17: 71-72.

Riley, D. G., and E. G. King. 1994. Biology and management of pepper weevil *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae): a review. *Trends Agricultural Science* 2: 109-121.

Riley, D. G., and A. N. Sparks, JR. 1995. The Pepper Weevil and its Management. Texas Agricultural Extension Service, Texas A&M University. College Station. L-5069.

- Rodríguez-Leyva, E., V. G. Tovar, N. M. Bárcenas, and G. W. Elzen. 2000. Biology of *Catolaccus hunteri* (Hymenoptera: Pteromalidae), parasitoid of pepper weevil and boll weevil. *Annals of the Entomological Society of America* 93: 862-868.
- Rodríguez-Leyva, E., P. A. Stansly, D. J. Schuster, and E. Bravo-Mosqueda. 2007. Diversity and distribution of parasitoids of *Anthonomus eugenii* (Coleoptera: Curculionidae) from México and prospects for biological control. *Florida Entomologist* 90: 693-702.
- Rodríguez-Leyva, E., J. R. Lomelí-Flores, J. M. Valdez-Carrasco, R. W. Jones, and P. A. Stansly. 2012. New records and locations of parasitoids of the pepper weevil in México. *Southwestern Entomologist* 37: 73-83.
- Sántis, E. L., L. A. Hernández, A. M. Martínez, J. Campos, J. I. Figueroa, P. Lobit, J. M. Chavarrieta, E. Viñuela, G. Smagghe, and S. Pineda. 2012. Long-term foliar persistence and efficacy of spinosad against beet armyworm under greenhouse conditions. *Pest Management Science* 68: 914-921.
- Schuster, D. J., D. G. Riley, J. F. Price, and J. B. Kring. 1988. Pepper weevil and sweetpotato whitefly management on pepper. Univ. Fla., IFAS, Bradenton GCREC Res. Rpt. BRA1988-19.
- Schuster, D. J. 2007. Suppression of *Anthonomus eugenii* (Coleoptera: Curculionidae) pepper fruit infestation with releases of *Catolaccus hunteri* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Biocontrol Science and Technology* 17: 345-351.
- Schuster, D. J., and S. Thompson. 2011. Toxicity of selected insecticides to *Catolaccus hunter* (Hymenoptera: Pteromalidae) in the laboratory. *Florida Entomologist* 94:1078-1080.
- Seal, D. R., and D. J. Schuster. 1995. Control of pepper weevil, *Anthonomus eugenii*, in west-central and south Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 108: 220-225.

- Servín-Villegas R., J. L. García-Hernández, A. Tejas-Romero, J. L. Martínez-Carrillo and M. A. Toapanta. 2008. Susceptibility of pepper weevil (*Anthonomus eugenii* Cano) (Coleoptera: Curculionidae) to seven insecticides in rural áreas of baja california sur, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 24: 45-54.
- SIAP. 2012. Producción agrícola por cultivo. México. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> (Fecha de consulta 7 de mayo 2014).
- Stapel, J. O., A. M. Cortesero, and W. J. Lewis. 2000. Disruptive sublethal effects of insecticides on biological control: altered foraging ability and life span of a parasitoid after feeding on extrafloral nectar of cotton treated with systemic insecticides. *Biological Control* 17: 243-249.
- Sun-Ran, C., K. Hyun-Na, Y. Changmann, and K. Gil-Hah. 2011. Sublethal effects of flonicamid and thiamethoxam on green peach aphid, *Myzus persicae* and feeding behavior analysis. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry* 54: 889-898.
- Talebi, K., A. Kavousi, and Q. Sabahi. 2008. Impacts of pesticides on arthropod biological control agents. *Pest Technology* 2: 87-97.
- Toapanta, M. A., D. J. Schuster, and P. A. Stansly. 2005. Development and life history of *Anthonomus eugenii* (Coleoptera: Curculionidae) at constant temperatures. *Environmental Entomology* 34: 999-1008.
- Tong-Xian, L., Z. Yong-Mei, P. Li-Nian, P. Rojas, and J. T. Trumble. 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.
- Vásquez, E., D. Dean, D. Schuster, and P. V. Etten. 2005. A laboratory method for rearing *Catolaccus hunteri* (Hymenoptera: Pteromalidae), a parasitoid of the *Pepper weevil* (Coleoptera: Curculionidae). *Florida Entomologist* 88: 191-194.

- Van der Gaag, D. J., and A. Loomans. 2013. Pest risk analysis for *Anthonomus eugenii*. Netherlands Food and Consumer Product Safety Authority Utrecht, the Netherlands. 1-64 p. [http://www.vwa.nl/txmpub/files/?p\\_file\\_id=2203788](http://www.vwa.nl/txmpub/files/?p_file_id=2203788).
- Velasco, P. H. 1969. Evaluación de pérdidas, preferencia de oviposición del picudo o barrenillo del chile (*Anthonomus eugenii* Cano). Efectividad de varios insecticidas y reacción de diferentes variedades a su ataque. Agricultura Técnica en México 499-507.
- Vianna, U. R., D. Pratissoli, J. C. Zanuncio, E. R. Lima, J. Brunner, F. F. Pereira, and J. E. Serrao. 2009. Insecticide toxicity to *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) females and effect on descendant generation. Ecotoxicology 18: 180-186.
- Wang, D. S., F. Pan, Y. R. He, X. L. Guo, and Q. Chen. 2011. Sublethal effects of eleven insecticides of different categories on reproduction of *Trichogrammatoidea bactrae* Nagaraja (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Acta Entomologica Sinica, 54: 56-63.
- Williams III, L., L. D. Price, and V. Manrique. 2003. Toxicity of field-weathered insecticide residues to *Anaphes iole* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of *Lygus lineolaris* (Heteroptera: Miridae), and implications for inundative biological control in cotton. Biological Control 26: 217-223.
- Wilson, R. J. 1986. Observations on the behavior and host relations of the pepper weevil *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae) in Florida. M.S. Thesis, University of Florida Gainesville. 94 p
- Yamamoto, I. 1970. Mode of action of pyrethroids, nicotinoids, and rotenoids. Annual Review of Entomology. 15: 257-272.