

Toxicidad de un insecticida botánico sobre *Bombus impatiens*, *Apis mellifera*, *Chrysoperla carnea* y *Orius insidiosus*

Alfonso Luna-Cruz¹
J. Refugio Lomeli-Flores^{2§}
Esteban Rodríguez-Leyva²
Horacio Tovar-Hernández³
Juan Manuel Vanegas-Rico²
J. Eduardo Murillo-Hernández²

¹Catedrático CONACYT-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Prolongación Mariano Jiménez s/n, colonia El Varillero, Apatzingán, Michoacán. CP. 60600. (alunacr@conacyt.mx). ²Posgrado en Fitosanidad-Entomología y Acarología-Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP. 56230. (esteban669@hotmail.com; juanmanuel@colpos.mx; jeduardomh@hotmail.com). ³Grupo Ultraquimia. Calle 56 Sur, Manzana 1, Lote 13, colonia CIVAC, Jiutepec, Morelos, México. CP. 62578. horaciotovar@ultraquimia.com.

§Autor para correspondencia: jrlomelif@hotmail.com.

Resumen

El uso indiscriminado de insecticidas sintéticos incrementa los riesgos de contaminación al ambiente, daños a la salud y reducción de poblaciones de organismos benéficos, además de selección de resistencia de las plagas a esos productos. Ante este escenario, se requieren alternativas eficientes y menos nocivas para el humano y los organismos no blanco. En esta investigación se evaluó la toxicidad aguda del insecticida-acaricida botánico BIODIE® (a base de extractos vegetales de higuera, chicalote y berberis) sobre dos polinizadores -abejas y abejorros- y sobre los depredadores *Chrysoperla carnea* y *Orius insidiosus*, se usaron tres metodologías de exposición: contacto directo, contacto residual y toxicidad oral. El insecticida botánico fue ligeramente tóxico para los polinizadores y depredadores estudiados, y se clasificó en la categoría 1 de la organización internacional de control biológico (IOBC) debido a la baja mortalidad (<25%). Esto sugiere que este producto representa riesgos bajos para organismos no blanco en su implementación en el manejo integrado de plagas.

Palabras clave: *Chrysoperla carnea* y *Orius insidiosus*, insecticidas biorracionales, polinizadores.

Recibido: agosto de 2018

Aceptado: noviembre de 2018

Introducción

Los insecticidas a base de extractos botánicos se utilizan para el control de una amplia diversidad de plagas y representan una alternativa para sustituir o reducir aplicaciones con insecticidas organosintéticos (Baldin *et al.* 2007; Descamps *et al.*, 2008; Ateyyat *et al.*, 2009; Franca *et al.*, 2009; Perales *et al.*, 2015). El principio de estos insecticidas se basa en la capacidad de algunas plantas para producir toxicidad, repelencia o dificultar el crecimiento de organismos plaga, también pueden afectar su alimentación o disuadir la oviposición, además de presentar baja toxicidad sobre mamíferos (Reddy y Guerrero, 2004; Stefanazzi *et al.*, 2006; Bleeker *et al.*, 2009) y degradarse más rápido en el ambiente (Schmutterer, 1990).

Diversas investigaciones sugieren la importancia en la selección del producto con base en el tipo de plaga y cultivo, además del impacto sobre enemigos naturales y polinizadores (Horowitz *et al.*, 2009; González-Maldonado, 2012). Estos últimos son un grupo relevante en agroecosistemas (Gallai *et al.*, 2009) y ecosistemas naturales (Kwak *et al.*, 1998) los polinizadores de mayor importancia económica son las abejas y abejorros, se estima que 75% de la producción de frutas, verduras y semillas dependen de la polinización de estos himenópteros (Cutler *et al.*, 2014), por lo que 35% de la producción agrícola y alimentaria mundial requieren de ellos (Klein *et al.*, 2007), lo que representa un valor anual mundial de 153 mil millones de euros (Gallai *et al.*, 2009).

A pesar de la importancia de los polinizadores, el impacto de las acciones humanas ha reducido 45% las poblaciones de abejas tan sólo en Estados Unidos de América, durante los últimos 60 años (NAS, 2007). La mayor parte de estas pérdidas, entre 1966 y 1979, se atribuyeron al uso de insecticidas organoclorados, carbamatos, organofosforados y a piretroides (Atkins y Kellum, 1986). Aunque los plaguicidas químicos desempeñan un papel importante en la agricultura moderna, no siempre son compatibles con los polinizadores, parasitoides o depredadores de plagas agrícolas ya que estos suelen ser más sensibles a la intoxicación que las plagas objetivo (Johansen, 1977).

El peligro de intoxicación por plaguicidas para las abejas e insectos entomófagos no sólo es por contacto directo, sino también de la ingesta de néctar contaminado, polen y agua, los cuales transportan y pueden afectar a la colmena (Thomazoni *et al.*, 2009). Debido a la presumible baja toxicidad en mamíferos de algunos insecticidas botánicos (Stefanazzi *et al.*, 2006; Bleeker *et al.*, 2009), así como su degradación más rápida en el ambiente (Schmutterer, 1990), se deben documentar los efectos de algunos de esos productos sobre los organismos no blanco y considerar su posible inclusión en propuestas de manejo de plagas. Por ello, el objetivo de esta investigación fue determinar la toxicidad aguda de un insecticida botánico a dos polinizadores, *Bombus impatiens* Cresson y *Apis mellifera* L. y los depredadores *Chrysoperla carnea* (Stephens) y *Orius insidiosus* (Say).

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el laboratorio de control biológico del Colegio de Postgraduados *campus* Montecillo, Texcoco, Estado de México. Las abejas (*A. mellifera*) fueron obreras en periodo de forrajeo activo (2-3 semanas de edad aproximadamente) obtenidas de una colonia establecida en el mismo *campus*. Los abejorros (*B. impatiens*) tuvieron una edad de 2 a 5 días de edad y se adquirieron de una cría comercial en Querétaro, México (Koppert, México).

Los depredadores *O. insidiosus* y *C. carnea* se adquirieron de las empresas -Koppert México y Organismos Benéficos para la Agricultura, SA de CV respectivamente. Para los experimentos se utilizaron adultos de *O. insidiosus* y larvas III de *C. carnea*, ya que son los estados de desarrollo que se utilizan comúnmente en programas de control biológico.

Insecticidas y métodos de exposición

El insecticida Biodie[®] pertenece al grupo químico de los carboxilos, tiene aplicación insecticida-acaricida y se integra de cuatro compuestos: argemonina (Chicalote, *Argemone mexicana* L.), berberina (berberis, *Berberis* sp.) ricinina (higuerilla, *Ricinus communis* L.) y α -Terthienyl. Este producto se evaluó sobre las cuatro especies, a una dosis de 5 mL L⁻¹ de agua, mediante tres métodos de exposición: contacto directo, contacto residual y toxicidad oral (alimento contaminado). En los dos primeros métodos se utilizó la torre de Potter, incorporando en ambos Inex-A (1 mL L⁻¹). En la exposición de alimento contaminado se mezcló insecticida con miel (50:50) y se proporcionó en un frasco con una mecha de algodón. La cantidad de insecticida varió dependiendo del tipo de aplicación y en todos los casos existió un testigo con aplicación de agua destilada. Cada tratamiento y testigo tuvieron cinco réplicas; todos los organismos expuestos se mantuvieron en cámara bioclimática (25 \pm 2 °C, 60% RH y 12:12 L: O), alimentados con agua y miel y se realizaron observaciones en los intervalos de 4, 24, 48, 72 y 96 h. Se consideró insecto muerto al individuo que no presentó movimiento o que tenía vuelo errático y ninguna oportunidad de realizar sus actividades normales.

En abejas y abejorros se siguieron los procedimientos emitidos para evaluación sobre polinizadores emitidos por la United States Environmental Protection Agency's (USEPA), con la excepción de utilizar 20 insectos como unidad experimental, con una mortalidad tolerada en el testigo de 10%, en lugar de 25 organismos y 20% de mortalidad. El peso de estos himenópteros se registró antes y después de la aplicación (USEPA, 2012). En el caso de los depredadores, se realizaron metodologías reconocidas para insectos depredadores (Hassan, 1994; 2009; Viñuela *et al.*, 2001; Schneider *et al.*, 2003; Rimoldi *et al.*, 2008; Fogel *et al.*, 2009), utilizando como unidad experimental a 10 individuos de cada especie por repetición.

Toxicidad por contacto directo

Los bioensayos con polinizadores se realizaron con base en la guía 'Ecological Effects Test Guidelines OCSPP 850.3020: Honey Bee Acute Contact Toxicity Test' (USEPA, 2012), Los himenópteros se sedaron con CO₂ y mantuvieron en una caja Petri de vidrio (θ =15 cm), con un disco de papel filtro en la base. Se aplicó 3 mL de la solución, insecticida- agua destilada-adherente, a 25 lb de presión. La variable respuesta fue la mortalidad posterior a la aplicación de insecticida. Las larvas de *C. carnea* se sometieron a 3°C durante 15 min para inmovilizarlas y luego se colocaron en cajas Petri de vidrio (θ = 9 cm) con un disco de papel filtro en su base. El insecticida se aplicó a una presión de 20 lb y cada larva se aisló, para evitar canibalismo, en recipientes (θ = 2.5 cm x a= 1.2 cm) con malla organza en la tapa para favorecer ventilación. En *O. insidiosus* se siguió la misma metodología con la variante de mantener a 10 adultos (3-4 días) por caja Petri (θ = 5 cm x a= 1.5 cm), cada una con una mecha de algodón para proporcionar agua mezclada con miel al 10%. Ambas especies fueron alimentadas *at libitum* con huevos de *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae).

Toxicidad por contacto residual

Se utilizó la metodología descrita en ‘Ecological Effects Test Guidelines OCSPP 850.3030: Honey Bee Toxicity of Residues on Foliage’ propuesta por la United States Environmental Protection Agency’s (USEPA, 2012), con algunas modificaciones. Los himenópteros se anestesiaron con CO₂, durante 10 s, después se introdujeron en las cajas Petri previamente contaminadas con 10 mL de la solución. En el caso de los depredadores se utilizaron tubos de ensayo ($\theta=1$ cm x $a=10$ cm) impregnados con 1 mL de la solución de insecticida, los cuales se agitaron manualmente durante 20 s y luego se retiró la solución sobrante y se mantuvieron a temperatura ambiente por 1 h para la evaporación de los residuos. Posteriormente se introdujeron los insectos previamente anestesiados. Las crisopas se colocaron individualmente por tubo para evitar canibalismos mientras que los hemípteros se introdujeron en grupos de 10 individuos.

Toxicidad oral

Se utilizó el procedimiento descrito en la Guidelines for the testing of chemicals, Honeybees acute oral toxicity test (USEPA, 2012), con algunas modificaciones. Los insectos de este experimento se mantuvieron en ayuno de 2 h dentro de recipientes plásticos de 25x14x13 cm. El insecticida se preparó a una dosis de 5 mL del producto disuelto en 1 L de agua con miel (50:50), esta mezcla se ofreció durante 3 h y posteriormente se substituyó por alimento sin contaminantes. En el caso de los depredadores, primero se contaminaron huevos de *S. cerealella*, los cuales se adhirieron a tiras de plástico (0.7 cm por 0.5 cm) con pegamento blanco comercial y se sumergieron durante 10 s en la solución de insecticida, dejándose durante una hora a temperatura ambiente para evaporar el excedente y se colocaron en cajas Petri ($\theta=2.5$ cm x $a=1.2$ cm). Los depredadores, con previo ayuno de 2 h, se colocaron en estos recipientes. Las larvas de *C. carnea* se introdujeron individualmente por recipiente y los hemípteros se colocaron en grupos de 10 individuos.

Análisis estadístico

En todos los casos se comparó el número de insectos muertos entre tratamientos a las 4, 24, 48, 72 y 96 h posteriores a la aplicación de insecticida; debido a que los datos no cumplieron los supuestos de normalidad se utilizó una prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para comparar las mortalidades entre el tratamiento contra el testigo. En el caso de los polinizadores, se registró su peso antes y después de la aplicación de insecticidas y se comparó mediante una prueba de t-student. Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico SPSS.

Resultados y discusión

Los himenópteros evaluados presentaron escasa variación de peso *intra* taxon, el peso menor de las abejas respecto a los abejorros se considera una cuestión intrínseca a la especie. No existieron diferencias entre en el peso de cada grupo de insectos por tipo de tratamiento con relación al testigo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Peso de abejas y abejorros utilizados en los bioensayos en tres métodos de exposición a Biodie®.

Tratamiento	Peso promedio (g ± EE)					
	Contacto directo		Contacto residual		Alimento contaminado	
	Abejas	Abejorros	Abejas	Abejorros	Abejas	Abejorros
Biodie®	0.034 ±0.001	0.059 ±0.004	0.031 ±0.002	0.044 ±0.001	0.028 ±0.001	0.038 ±0.001
Testigo	0.033 ±0.001	0.056 ±0.004	0.028 ±0.001	0.044 ±0.001	0.031 ±0.001	0.039 ±0.001
Estadísticos	t= 1.15 p= 0.88	t= 0.36 p= 0.72	t= 1.15 p= 0.27	t= 0.2 p= 0.84	t= 1.68 p= 0.13	t= 0.15 p= 0.88

EE= error estándar; en todos los experimentos n= 20.

En los abejorros no se presentó mortalidad en ninguna forma de exposición al extracto vegetal (Biodie®) durante los tiempos de evaluación. Mientras que en las abejas existió mortalidad en las tres formas de exposición, registrando un aumento gradual con mayores valores en el periodo 72 a 96 h en los métodos de contacto directo y contaminación del alimento. Sin embargo, ninguno rebasó 25% de mortalidad, sugerida por la organización internacional de control biológico (IOBC) como límite máximo para catalogar al producto en la categoría “ligeramente tóxico” sobre insectos benéficos (Hassan, 1994). El testigo no superó 7% de mortalidad en ninguno de los casos (Cuadro 2), esta mortalidad se atribuyó, en parte, al vuelo y choque dentro de los recipientes experimentales y probablemente por realizar el bioensayo en condiciones de luminosidad, ya que se recomienda que este tipo de experimentos se mantengan en oscuridad. El experimento se diseñó de esta forma para asegurar mayor actividad de las abejas, y una condición experimental más cercana a lo que podría pasar en realidad.

Cuadro 2. Porcentaje de mortalidad de abejas en bioensayos por distintos métodos de exposición.

Tipo de exposición/tratamiento	Porcentaje de mortalidad (media ± EE)		
	48 h	72 h	96 h
Contacto directo			
Biodie®	2.5 ±0.83	10.5±2.03	21.5 ±3.41
Testigo	1 ±0.66	4 ±1	7 ±1.5
Estadísticos*	W ⁺ = 90, p= 0.28	W ⁺ = 76, p= 0.03	W ⁺ = 68.5, p≤ 0.005
Contacto residual			
Biodie®	13 ±1.5	19 ±2.2	23 ±2
Testigo	1.5 ±0.76	5 ±1	7 ±1.3
Estadísticos*	W ⁺ = 58, p≤ 0.001	W ⁺ = 60, p≤ 0.001	W ⁺ = 56, p≤ 0.001
Contaminación de alimento			
Biodie®	3.5 ±2.1	11.5 ±3.5	23.5 ±3.1
Testigo	0.5 ±0.5	5 ±1	8.5 ±1
Estadísticos*	W ⁺ = 94, p= 0.44	W ⁺ = 90, p=0.28	W ⁺ = 59, p≤ 0.001

*= a las 4 y 24 h la mortalidad fue nula o muy baja por eso no aparece en el cuadro. W⁺ valor del estadístico de la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon.

La mortalidad de larvas de crisopas no superó 11% en el testigo ni en los tratamientos, por lo que se sugiere que existe tolerancia al insecticida en las tres metodologías que se evaluaron (Cuadro 3). Los adultos de *O. insidiosus* expuestos al insecticida presentaron mortalidad ≤13% en cualquier

tiempo de observación y tratamiento. La mortalidad en estos hemípteros inició a partir de las 24 h, registrando su mayor valor a las 48 h sin variaciones en las siguientes evaluaciones. Sólo el tratamiento de contacto directo difirió respecto al testigo, aunque no superó 9% (Cuadro 4).

Cuadro 3. Porcentaje de mortalidad en larvas de *Chrysoperla carnea* a diferentes tiempos después de ser expuestas a Biodie® en tres métodos de aplicación.

Tipo de exposición/tratamiento	Porcentaje de mortalidad (media ± EE)			
	24 h	48 h	72 h	96 h
Contacto directo				
Biodie®	3 ±3	3 ±3	3 ±3	3 ±3
Testigo	4 ±1.6	4 ±1.6	4 ±1.6	4 ±1.6
Estadísticos*	$W^+ = 85, p = 0.14$	$W^+ = 92, p = 0.35$	$W^+ = 92, p = 0.35$	$W^+ = 92, p = 0.35$
Contacto residual				
Biodie®	9 ±3.1	10 ±3	11 ±2.8	11 ±2.8
Testigo	1 ±1	1 ±1	1 ±1	1 ±1
Estadísticos	$W^+ = 79, p = 0.05$	$W^+ = 74, p = 0.02$	$W^+ = 69, p = 0.005$	$W^+ = 69, p = 0.005$
Alimento contaminado				
Biodie®	5 ±1.7	7 ±1.5	8 ±1.3	8 ±1.3
Testigo	2 ±1.3	4 ±2.2	4 ±2.2	4 ±2.2
Estadísticos	$W^+ = 97.5, p = 0.58$	$W^+ = 93, p = 0.39$	$W^+ = 93, p = 0.39$	$W^+ = 93, p = 0.39$

*= a las 4 y 24 h la mortalidad fue nula o muy baja por eso no aparece en el cuadro; W^+ = valor del estadístico de la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon.

Cuadro 4. Porcentaje de mortalidad de adultos de *Orius insidiosus* a diferentes tiempos después de ser expuestas a Biodie® en tres diferentes métodos de exposición.

Tipo de exposición/tratamiento	Porcentaje de mortalidad (media ± error estándar)			
	24 h	48 h	72 h	96 h
Contacto directo				
Biodie®	6 ±2.2	9 ±2.3	9 ±2.3	9 ±2.3
Testigo	2 ±1.3	2 ±1.3	2 ±1.3	2 ±1.3
Estadísticos	$W^+ = 89, p = 0.25$	$W^+ = 78, p = 0.04$	$W^+ = 78, p = 0.04$	$W^+ = 78, p = 0.04$
Contacto residual				
Biodie®	3 ±1.5	4 ±1.6	4 ±1.6	4 ±1.6
Testigo	1 ±1	1 ±1	1 ±1	1 ±1
Estadísticos	$W^+ = 95, p = 0.49$	$W^+ = 90, p = 0.28$	$W^+ = 90, p = 0.28$	$W^+ = 90, p = 0.28$
Alimento contaminado				
Biodie®	5 ±2.2	13 ±3.7	13 ±3.7	13 ±3.7
Testigo	3 ±.5	3 ±1.5	3 ±1.5	3 ±1.5
Estadísticos	$W^+ = 98.5, p = 0.63$	$W^+ = 79, p = 0.05$	$W^+ = 79, p = 0.05$	$W^+ = 79, p = 0.05$

*= a las 4 y 24 h la mortalidad fue nula o muy baja por eso no aparece en el cuadro; W^+ = valor del estadístico de la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon.

Discusión

En Europa y América del Norte inició el uso de plaguicidas de origen botánico 150 años antes de la aparición de los plaguicidas sintéticos (organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides). No obstante, los productos sintéticos relegaron rápidamente a los de origen botánico a pesar de los posibles efectos negativos inherentes a su uso (Perry *et al.*, 1998; Johnson *et al.*, 2010). Actualmente, algunos extractos botánicos pueden representar una posible alternativa a los plaguicidas sintéticos; no obstante, se necesitan de ensayos de toxicidad sobre organismos no blanco y no solo sobre los insectos plaga (Römbke *et al.*, 2006). La principal utilidad de emplear a los organismos no blanco como bioindicadores es la de mostrar los efectos del tóxico a nivel individual, y así inferir los efectos a nivel poblacional (Iannacone y Alvariano, 2005).

De acuerdo con la clasificación de toxicidad de insecticidas sobre enemigos naturales para ensayos de laboratorio, según la IOBC (Hassan, 1992), los resultados del presente trabajo se incluyen dentro de la primera categoría de toxicidad. (1= inofensivos, <30% mortalidad; la IOBC (Hassan, 1992) sugiere que si se encuentra un insecticida que no es tóxico para un determinado enemigo natural en el laboratorio, es probable que no sea tóxico al mismo insecto en el campo, y por lo tanto no serán necesarias pruebas adicionales de semicampo o de campo. Para el caso de larvas de *C. carnea*, en diversas investigaciones se ha documentado resistencia a un número considerable de insecticidas organosintéticos, entre ellos destacan cypermetrina y deltametrina (Ishaaya y Casida, 1981), phosmet y carbaryl (Grafton y Hoy, 1986), además de diazinon (Hoy, 1994). Algunos extractos acuosos de pirú (*Schinus molle*) y lantana (*Lantana camara*) se reportan inofensivos para larvas de primer ínstar de *C. carnea* (Iannacone y Lamas, 2003).

Mientras que el jabón agrícola y azadiractina no tuvieron efectos residuales dañino sobre adultos de *O. insidiosus* (Oetting y Latimer, 1995), ubicándose en la categoría 1 de la IOBC. Sobre esta misma especie de hemíptero se evaluó un insecticida botánico a base de *Chenopodium*, registrando una mortalidad 26% en 48 h, y disminuyendo a las 72 h según la dosis recomendada de 5 g i.a. por L de agua (Bostanian *et al.*, 2005). Con la información que se generó en este trabajo es posible indicar que hay un riesgo bajo al usar el insecticida Biodie[®], a base de extractos vegetales sobre crisopas de tercer ínstar y adultos de chinche pirata.

Como se indicó anteriormente, en abejorros no se presentó mortalidad en ninguna forma de exposición al producto Biodie[®]. Mientras que en las abejas si existió en las tres formas de exposición, pero nunca se rebasó 25% de mortalidad por lo que se estableció como un insecticida 'ligeramente tóxico', de acuerdo con la clasificación de la IOBC (Hassan, 1994). Dentro de las posibles explicaciones para esa diferencia entre especies tiene que señalarse el tamaño y peso de cada individuo, los abejorros tuvieron siempre un peso mayor al de las abejas; por tanto, las probabilidades de alcanzar dosis letales de algún producto siempre serán diferentes; por otro lado, también se ha demostrado diferente susceptibilidad a productos de origen botánico en diferentes especies (Iannacone y Lamas, 2003).

Es importante indicar que en este trabajo sólo se evaluó mortalidad directa; con algunos insecticidas organosintéticos se ha demostrado que la exposición de abejas a dosis subletales tiene consecuencias graves, incluyendo la interrupción de su capacidad de comunicar la ubicación de las

fuentes de néctar y polen, el agotamiento de las abejas, reducción de sus ciclos de vida, mutaciones en la descendencia, pérdida de peso y supresión del sistema inmune (Smirle, 1984; Schneider *et al.*, 2009; Sánchez *et al.*, 2016).

Ese tipo de efectos deberían considerarse en trabajos futuros con insecticidas botánicos porque algunos trabajos sugieren que las abejas pueden utilizarse con éxito en cultivos florecientes que han sido tratados con extracto de neem, probablemente por su menor permanencia en el ambiente (Melatophoulus *et al.*, 2000) o porque en los productos botánicos no se ha demostrado el efecto sistémico de muchos insecticidas organosintéticos. Desde el punto de vista social y económico, la identificación de compuestos activos como candidatos potenciales para el desarrollo de nuevos productos fitosanitarios brindará alternativas eficaces y ambientalmente seguras para la agricultura (Pérez, 2012), por ello la importancia de continuar con este tipo de evaluaciones con productos de origen botánico.

Conclusiones

El insecticida botánico fue ligeramente tóxico para los polinizadores y depredadores estudiados, y se clasificó en la categoría 1 de la organización internacional de control biológico (IOBC), debido a la baja mortalidad (<25%). Esto sugiere que este producto representa riesgos bajos para organismos no blanco (polinizadores y depredadores) en su implementación en el manejo integrado de plagas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Itzel Anahí Martínez Barrera del Instituto Tecnológico de los Mochis, Sinaloa y a Trinidad Lomeli Flores por su invaluable apoyo técnico en el desarrollo de los experimentos. Al Dr. Ricardo Lobato Ortiz, del programa de genética del *Campus* Montecillo, por facilitar material biológico de la colonia de abejas del Colegio de Postgraduados. A Koppert México por las facilidades y disposición de proporcionar abejorros y *Orius insidiosus* y a organismos benéficos para la agricultura por las crisipas obsequiadas.

Literatura citada

- Ateyyat, M. A. and Abu, D. M. S. 2009. Insecticidal activity of different extracts of *Rhamnus dispermus* (Rhamnaceae) against peach trunk aphid, *Pterochloroides persicae* (Homoptera: Lachnidae). Spanish J. Agric. Res. 7(1):160-164.
- Atkins, E. L. and Kellum, D. 1986. Comparative morphogenic and toxicity studies on the effect of pesticides on honeybee brood. J. Apicultural Res. 15:242-255.
- Baldin, E. L. L.; Vendramim, J. D. and Lourencão, A. L. 2007. Interaction between resistant tomato genotypes and plant extracts on *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B. Sci. Agric. 64(5):476-481.
- Bleeker, P. M.; Diergaard, P. J.; Ament, K.; Guerra, J.; Weidner, M.; Schütz, S.; de Both, M. T. J.; Haring, M. A. and Schuurink, R. C. 2009. The role of specific tomato volatiles in tomato-whitefly interaction. Plant Physiol. 151(2):925-935.

- Bostanian, N. J.; Akalach, M. and Chiasson, H. 2005. Effects of a *Chenopodium*-based botanical insecticide/acaricide on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae). *Pest Manag. Sci.* 61(10):979-984.
- Cutler, C. G. and Purdy, J. 2014. Risk to pollinators from the use of Chlorpyrifos in the United States. *In: Giesy, J. P. and Solomon, K. R. (Eds). Rev. Environ. Contam. Toxicol. Springer, Cham.* 231:219-265.
- Descamps, L. R.; Stefanazzi, N.; Sánchez, C. y Ferrero, A. A. 2008. Actividad biológica de extractos vegetales de *Schinus molle* var. 'areira (Anacardiaceae) en *Tribolium castaneum* Herbst. (Insecta, Coleoptera, Tenebrionidae), plaga de grano almacenado. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas.* 34(4):595-605.
- Fogel, M.; Rimoldi, F.; Pineda, S.; Schneider M. and Ronco, A. 2009. Side Effects of teflubenzuron and chlorfenapyr in *Eriopsis connexa* eggs (Coleoptera: Coccinellidae) *Comm. Appl. Biol. Sci.* 74(2):419-424.
- Franca, S. M.; de Oliveira, J. V.; de Oliveira, C. M.; Picanco, M. C. e Lobo, A. P. 2009. Efeitos ovicida e repelente de insecticidas botánicos e sintéticos em *Neoleucinoides elegantis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae). *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas.* 35:649-655.
- Gallai, N.; Salles, J. M.; Settele, J. and Vaissière, B. E. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecol. Econ.* 68(3):810-821.
- González, M. M. B. y García, G. C. 2012. Uso de biorracionales para el control de plagas de hortalizas en el norte de Sinaloa. *Ra Ximhai.* 8(3):31-45.
- Grafton, C. E. E. and Hoy, M. A. 1985. Intraspecific variability in response to pesticides in the common green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). *Hilgardia.* 53(6):1-31.
- Hassan, S. A. 1992. Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficial organisms: description of test methods. *IOBC/ WPRS Bulletin 1992/15/3.* University of Southampton, High Field, Southampton, UK. 186 p.
- Hassan, S. A. 1994. Activities of the IOBC/WPRS working group pesticides and beneficial organisms. *IOBC/ wprs Bulletin* 17(10):1-5.
- Herbert, L. T.; Vázquez, D. E.; Arenas, A. and Farina, W. M. 2014. Effects of field-realistic doses of glyphosate on honeybee appetitive behaviour. *J. Exp. Biol.* 217:3457-3464.
- Horowitz, A. R.; Ellsworth, P. C. and Ishaaya, I. 2009. Biorational control of arthropods pest control -an overview. *In: I. Ishaaya, A. and Horowitz, R. (Eds.). Biorational control of arthropod pests, application and resistance management. Dordrecht: Springer Science+Business Media.* 1-20 pp.
- Hoy, M. A. 1994. Pesticide resistance in arthropod natural enemies; variability and selection responses *In: Rousch, and Tabashnik, (Eds.). Pesticide resistance in arthropods. Academic Press.* 203-229 pp.
- Iannacone, J. O. y Lamas, M. G. 2003. Efectos toxicológicos de extractos de molle (*Schinus molle*) y lantana (*Lantana camara*) sobre *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae), *Trichogramma pintoi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) y *Copidosoma koehleri* (Hymenoptera: Encyrtidae) en el Perú. *Agric. Téc.* 63(4):347-360.
- Iannacone, J. y Alvarino, L. 2005. Selectividad del insecticida cartap empleando bioensayos con organismos no destinatarios. *Ecol. Apl.* 4(1):91-104.
- Ishaaya, I. and Casida, J. E. 1981. Pyrethroid esterase(s) may contribute to natural pyrethroid tolerance of larvae of the common green lacewing. *Environ. Entomol.* 10(5):681-684.
- Johansen, C. A. 1977. Pesticides and pollinators. *Ann. Rev. Entomol.* 22:177-192.

- Johnson, R. M.; Ellis, M. D.; Mullin, C. A. and Frazier, M. 2010. Review article pesticides and honey bee toxicity- USA. *Apidologie*. 41(3):312-331.
- Klein, A. M.; Vaissière, B. E.; Cane, J. H.; Steffan, D. I.; Cunningham, S. A.; Kremen, C. and Tscharntke, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B*. 274:303-313.
- Kwak, M. M.; Velterop, O. and Andel, J. 1998. Pollen and gene flow in fragmented habitats. *Applied Vegetation Science*. 1(1):37-54.
- McCabe, S. I. 2010. Biología del comportamiento en abejas recolectoras de néctar: un estudio comparado entre abejas meliponas y melíferas. Tesis de doctorado Universidad de Buenos Aires. 141 p.
- Melatopoulus, A. P.; Winston, M. L.; Whittington, R.; Smith, T.; Lindberg, C.; Mukai, A. and Moore, M. 2000. Comparative laboratory toxicity of neem pesticides to honey bees (Hymenoptera: Apidae), their mite parasites *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) and *Acarapis woodi* (Acari: Tarsonemidae), and brood pathogens *Paenibacillus* larvae and *Ascophaera apis*. *J. Econ. Entomol.* 93(2):199-2009.
- NAS. 2007. National Academy of Sciences. Status of pollinators in North America, National Academy Press, Washington, DC. <https://www.nap.edu/read/11761/chapter/1>.
- Oetting, R. D. and Latimer, G. J. 1995. Effects of soaps, oils, and plant growth regulators (PGRs) on *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) and PGRs on *Orius insidiosus* (Say). *J. Agric. Entomol.* 12(2-3):101-109.
- Perales, S. C.; Bocanegra, J. G.; Rodríguez, C. J. C.; Chávez, J. L. S.; Silos, H. E.; Aguilar, L. O. y Tafoya, R. F. 2015. Efecto de extractos vegetales en mosquita blanca bajo dos esquemas de aplicación. *Revi. Mex. Agroecos.* 2(1):1-7.
- Pérez, L. E. 2012. Plaguicidas botánicos: una alternativa a tener en cuenta. *Fitosanidad*. 16(1):51-59.
- Perry, A. S.; Yamamoto, I.; Ishaaya, I. and Perry, R. 1998. Insecticides in agriculture and environment: retrospects y prospects. Springer. Berlin Heidelberg. Alemania. 251 p.
- Reddy, G. V. P. and Guerrero, A. 2004. Interactions of insect pheromones and plant semiochemicals. *Trends Plant Sci.* 9(5):253- 261.
- Rimoldi, F.; Schneider, M. I. and Ronco, A. 2008. Susceptibility of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) to conventional and biorational insecticides. *Environ. Entomol.* 37(5):1252-1257.
- Römke, J.; Jänsch, S.; Junker, T.; Pohl, B.; Scheffczyk, A. and Hans, J. S. 2006, Improvement of the applicability of ecotoxicological tests with earthworms, springtails, and plants for the assessment of metals in natural soils. *Environ. Tox. Chem.* 25(3):776-787.
- Sánchez, B. F.; Goulson, D.; Pennacchio, F; Nazzi, F.; Goka, K. and Desneux, N. 2016. Are bee diseases linked to pesticides? -a brief review. *Environ. Inter.* 89(90):7-11.
- Schmutterer, H. 1990. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Ann. Rev. Entomol.* 35:271-297.
- Schneider, I.; Sanchez, N.; Pineda, S.; Chi, H. and, Ronco, A. 2009. Impact of glyphosate on the development, fertility and demography of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): ecological approach. *Chemosphere.* 76(10):1451-1455.
- Schneider, M. I.; Smagghe, G.; Gobbi, A. and Viñuela, E. 2003. Toxicity and pharmacokinetics of seven novel insecticides on pupae of *Hyposoter didymator* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of early larval instars of lepidopteran pests. *J. Econ. Entomol.* 96(4):1054-1065.

- Smirle, M. J.; Winston, M. L. and Woodward, K. L. 1984. Development of sensitive bioassay for evaluation of pesticide effects on the honeybee (Hymenoptera: Apidae). *J. Econ. Entomol.* 77(1):63-67.
- Stefanazzi N.; Gutiérrez, M. M.; Stadler, T.; Bonini, N. A. y Ferrero, A. A. 2006. Actividad biológica del aceite esencial de *Tagetes terniflora* Kunth (Asteraceae) en *Tribolium castaneum* Herbst (Insecta, Coleoptera, Tenebrionidae). *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas.* 32(3):439- 447.
- Thomazoni, D.; Soria, M. F.; Kodama, C.; Carbonari, V.; Fortunato, R. P.; Degrande, P. E. and Valter, V. A. J. 2009. Selectivity of insecticides for adult workers of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Rev. Colomb. Entomol.* 35(2):173-176.
- USEPA. 2012. Ecological effects test guidelines: OCSPP 850.3020: honey bee acute contact toxicity test. United States Environmental Protection Agency, Office of Chemical Safety and Pollution Prevention. <https://www.regulations.gov/document?D=EPA-HQ-OPPT-2009-0154-0016>.
- USEPA. 2012. Ecological effects test guidelines: OCSPP 850.3030: honey bee toxicity of residues on foliage. United States Environmental Protection Agency, Office of Chemical Safety and Pollution Prevention. <https://www.regulations.gov/document?D=EPA-HQ-OPPT-2009-0154-0017>.
- Viñuela, E.; Medina, P.; Schneider, M.; González, M.; Budia, F.; Adán, A. and del Estal, P. 2001. Comparison of side-effects of spinosad, tebufenozide and azadirachtin on the predators *Chrysoperla carnea* and *Podisus maculiventris* and the parasitoids *Opius concolor* and *Hyposoter didymator* under laboratory conditions. *IOBC/wprs Bulletin.* 24(4):25-34.