



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO**



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y FORESTALES

Evaluación de insecticidas con diferente modo de acción para el control del complejo de trips en aguacate (*Persea americana* Mill.) y sus efectos sobre la abeja europea (*Apis mellifera* L.)

TESIS

Que presenta:

ING. BRAULIO ALBERTO LEMUS SORIANO

Como requisito para obtener el grado académico de:

Maestro en Producción Agropecuaria

Opción terminal: Agrícola

Director

**Dr. Samuel Pineda Guillermo
DOCTOR EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

Morelia, Michoacán. México. Marzo 2016.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, máxima casa de estudios por abrirme sus puertas para seguir mis estudios de posgrado.

Al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF), por aceptarme como alumno y permitirme realizar el proyecto titulado: Evaluación de insecticidas con diferente modo de acción para el control del complejo de trips en aguacate (*Persea americana* Mill.) y sus efectos sobre la abeja europea (*Apis mellifera* L.)

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haberme otorgado la beca.

A mi asesor, el Dr. Samuel Pineda Guillermo, por sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación que han sido fundamentales para mi formación como investigador.

A mis sinodales: Dra. Ana Mabel Martínez Castillo, Dr. José Isaac Figueroa de la Rosa, Dr. Francisco Javier Avendaño Gutiérrez y Dr. Ignacio Vidales Fernández, por sus valiosas observaciones en el desarrollo de este proyecto de investigación.

Mención especial hago al maestro Eulalio Venegas González, por su amistad y enseñanzas, las cuales han sido muy importantes para la culminación de mi trabajo de tesis.

DEDICATORIAS

A mi esposa Esmeralda Álvarez García por su apoyo incondicional y paciencia para lograr esta meta, y a mis hijas Andrea Esmeralda, María Fernanda y Jessica que son el motivo de mi superación y esfuerzo diario.

A mis padres Ma. Guadalupe Soriano Sebastián y Braulio Lemus Talingo, por apoyarme moralmente, y por sus valiosos consejos ya que ellos son mi más grande admiración.

A mis hermanos Erik, Alejandro y Luzdeni que siempre que nos reunimos me brindan palabras de apoyo y me dan consejos para salir adelante.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
NOTA AL LECTOR.....	ii
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
2.1. Origen e importancia del cultivo del aguacate	3
2.2. Fenología del aguacate.....	4
2.3. Floración	4
2.4. Polinización.....	4
2.5. Polinización del aguacate	5
2.6. Polinización por abejas	5
2.7. Problemas fitosanitarios del aguacate.....	7
2.8. Distribución y clasificación de los trips	8
2.9. Características generales de Thysanoptera.....	9
2.10. Daños de trips en aguacate.....	10
2.11. Control químico de trips.....	11
2.12. Insecticidas modernos para el control de plagas.....	12
2.12.1. Spirotetramat.....	12
2.12.2. Flupyradifurone.....	13
2.12.3. Ciantraniliprol.....	13
2.12.4. Imidacloprid.....	14
2.12.5. Espinetoram.....	14

2.12.6. Azadiractina.....	15
2.13. Efecto de insecticidas químicos sobre insectos polinizadores.....	15
3. JUSTIFICACIÓN.....	18
4. HIPÓTESIS.....	19
5. OBJETIVO GENERAL.....	19
6. OBJETIVOS PARTICULARES.....	19
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
7.1. Insecticidas	20
7.2. Evaluación de los insecticidas sobre el complejo de trips y la abeja <i>A. mellifera</i> ...	20
7.3. Toxicidad de los insecticidas sobre la abeja <i>A. mellifera</i> en laboratorio.....	23
7.4. Análisis de datos	25
8. RESULTADOS	26
8.1. Efectividad de los insecticidas sobre el complejo de trips y la abeja <i>A. mellifera</i> ...	26
8.2. Toxicidad de los insecticidas sobre la abeja <i>A. mellifera</i> en laboratorio.....	33
8.2.1. Tratamiento por ingestión.....	33
8.2.2. Tratamiento tópico.....	35
9. DISCUSIÓN.....	37
10. CONCLUSIONES	43
11. BIBLIOGRAFIA.....	44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Insecticidas utilizados sobre el complejo de trips y la abeja europea <i>Apis mellifera</i>	21
Cuadro 2. Concentraciones de los insecticidas utilizadas en los ensayos tópico y por ingestión sobre la abeja europea <i>A. mellifera</i>	24
Cuadro 3. Número de trips/inflorescencia en los estratos bajo (EB) y medio (EM) de árboles de aguacate antes y después de la aplicación de diferentes insecticidas. El Durazno, Uruapan, Michoacán.....	27
Cuadro 4. Número de trips/inflorescencia en los estratos bajo (EB) y medio (EM) de árboles de aguacate antes y después de la aplicación de diferentes insecticidas. Las Puentes, Ario, Michoacán.....	29
Cuadro 5. Número de abejas/inflorescencia de aguacate (variedad Hass) después de la aplicación de diversos insecticidas en los sitios El Durazno (ED) y Las Puentes (LP).....	31
Cuadro 6. Eficacia (%) de diferentes insecticidas sobre el complejo de trips en los sitios El Durazno (ED) y Las Puentes (LP).....	32
Cuadro 7. Mortalidad de adultos de abejas después de la aplicación por ingestión de diversos insecticidas.....	34
Cuadro 8. Mortalidad de adultos de abejas después de la aplicación tópica de diversos insecticidas.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución en campo de los tratamientos (T = testigo, F = flupyradifurone, S = spirotetramat, E = espinetoram, C = ciantraniliprol, I = imidacloprid, A = azadiractina).....	22
--	----

NOTA AL LECTOR

El programa de Maestría en Producción Agropecuaria, sancionado por el H. consejo Universitario con fecha 15 de marzo de 2013; establece los lineamientos para su operación en su plan de estudios. Determinando en el artículo 28 de las reglas complementarias los requisitos para la obtención del grado que a la letra dice:

Artículo 28. Requisitos para la obtención del grado. Se otorgará el grado de “Maestría en Producción Agropecuaria”, con cualquiera de las siguientes opciones: “Agrícolas”, “Pecuaria”, “Forestal”, “Acuícola” o “Agronegocios” al alumno que cumpla con lo establecido en el artículo 71 del Reglamento General de Estudios de Posgrado y con los siguientes requisitos:

- a) Haber cubierto la totalidad de los créditos.*
- b) Haber entregado y defendido el proyecto de Tesis el cual se define de la siguiente manera*
- c) PROYECTO TERMINAL (TESIS). Es un informe académico que se deriva de los estudios realizados y, de acuerdo con el CONACYT (2006), es de carácter profesional, docente o empresarial, en el que el estudiante debe demostrar el dominio de las competencias adquiridas. Es un informe producto del trabajo que puede ser de carácter profesional, experimental o empresarial, según la modalidad escogida por el estudiante (ver anexo 2), donde tiene que demostrar el dominio de las competencias adquiridas en el programa de la maestría y deberá responder a una problemática relacionada con el área y relevante en nuestro contexto a la cual contribuya a solucionar.*

A su vez el anexo 2 de dicho plan de estudios es más específico al explicar las alternativas para la realización del proyecto de tesis, como a continuación se describe:

Anexo 2

Alternativas para la realización del proyecto de tesis del PMPA

Debido a la diversidad de opciones y a los requerimientos de flexibilización de los planes de estudio de esta maestría, se plantean diferentes modalidades para el desarrollo del Proyecto de Tesis, el cual busca dar respuesta a las demandas del campo productivo, así como a los intereses y aptitudes del estudiante.

El objetivo de este anexo es clarificar las características generales de cada modalidad que sirvan de guía para que, a los Comités Revisores, conformados adhoc, quienes delimitaran los requisitos, exigencias, aspectos a abordar y los estándares mínimos de calidad requeridos. El proyecto de tesis podrá realizarse a través de alguna de las siguientes opciones:

1. ESTUDIO DE CASOS

Es un análisis de una entidad, fenómeno o unidad social de naturaleza particularista, descriptiva y heurística, basada en el razonamiento inductivo. Es particularista porque se centra en una situación, evento o fenómeno específico, el cual en sí mismo es importante por lo que revela del fenómeno y lo que pueda representar. Es descriptivo, porque el producto final es una representación rica y densa del fenómeno a investigar y es heurística, porque ilumina la comprensión del lector del fenómeno objeto de estudio, lo que puede llevar a descubrir nuevos significados, ampliar la experiencia o confirmar lo que se sabe (Pérez 2001). El estudio de casos puede ser de una empresa, de una actividad productiva, etc.

Los estudios de casos cualitativos son estudios que involucran la exploración detallada a lo largo de un periodo de tiempo, lo suficientemente extenso, que permita el entendimiento profundo del objeto de estudio y del contexto en que este se ubica, por medio de métodos múltiples de recolección de datos y múltiples fuentes de información altamente contextualizadas (Cresswell 1998). Es aplicable en innumerables campos donde se trate de combinar eficazmente la teoría de la práctica.

2. ESTUDIOS ECONOMICOS

Los estudios de este tipo son componentes importantes de la investigación acerca de la efectividad y establecimiento de políticas en los niveles federal, estatal y local en diversos tipos de sistemas educativos. Su propósito es entender los efectos de reformas o políticas en relación con sus costos, contribuciones de la educación al crecimiento económico y al desarrollo, así como acerca del entorno no monetario en educación (Coombs 1994).

3. PROYECTOS DE DESARROLLO TECNOLOGICO

Estos proyectos involucran un proceso de cambio, por medio del cual se intenta alcanzar los objetivos de la actividad productiva con los más altos niveles de logro. Se caracterizan por realizar una descripción especializada de un caso, organizado de acuerdo con las líneas del posgrado. Los aspectos básicos que debe contener el análisis serán: describir el contexto situacional del caso, los principales factores involucrados, los conceptos que se aplican con base en las perspectivas disciplinares actuales, la explicación de los elementos que justifiquen el qué, cómo y cuándo de la problemática, la delimitación de la problemática analizada donde se deben definir sus fronteras e identificar los factores o variables que ocasionan obstáculos en el desarrollo de la institución; así como el análisis de las interrelaciones de los factores o variables seleccionadas.

4. DISEÑO, DESARROLLO Y VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN Y MEDICIÓN PRODUCTIVA

Consiste en el diseño, desarrollo y validación de un instrumento, técnica o estrategia de evaluación y medición, con sus propiedades, limitaciones y fortalezas reportadas; así como sus indicadores de confiabilidad y validez.

5. PROGRAMAS DE PREVENCIÓN E INTERVENCIÓN

Consiste en el proyecto de atención, solución y prevención de problemas productivas, documentados a través de acciones que evidencien la adquisición de conocimientos, habilidades y actitudes durante el programa de estudio. Será necesario implementar el proyecto (aun en fases piloto o preliminares) y evaluar sus resultados.

6. OTROS

Cualquier otro proyecto propuesto del estudiante por el visto bueno de su asesor, aprobado por el Comité tutorial.

Por tanto, este documento podrá ser de la naturaleza descrita con antelación y con ello cumplir con el objetivo y el enfoque Profesionalizante del Programa.

La Coordinación Académica del Programa de Maestría en Producción Agropecuaria con opción terminal en el Área: Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola y Agronegocios.

RESUMEN

El uso de insecticidas químicos es principal método de control del complejo de trips en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) en Michoacán. Sin embargo, los insectos polinizadores, como la abeja europea, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), también son sometidos al efecto de estos compuestos. En este trabajo se evaluaron los insecticidas flupyradifurone, spirotetramat, ciantraniliprol, imidacloprid, azadiractina y espinetoram sobre el complejo de trips y este polinizador en dos sitios del estado de Michoacán: El Durazno y Las Puentes, municipios de Uruapan y Ario, respectivamente. El experimento se realizó sobre árboles de aguacate en etapa de floración. En los dos sitios después de la aplicación el número de trips/inflorescencia fue menor comparado con los testigos durante todas las fechas de muestreo. En ambos sitios, ciantraniliprol causó la mayor eficacia (86-98%) comparado con los demás insecticidas. En el sitio El Durazno, el número de abejas/inflorescencia fue muy similar en todos los tratamientos en los cuatro primeros muestreos [1, 2, 3 y 4 días después de la aplicación (DDA)], pero a los 5 DDA, el número de abejas incrementó en todos los tratamientos, incluido el testigo. En el sitio Las Puentes, durante los cuatro primeros muestreos DDA se presentaron 2-4 abejas/inflorescencia en todos los tratamientos, y a los 5 DDA hubo un incremento (5-6 abejas/inflorescencia) en los árboles tratados con espinetoram, imidacloprid, azadiractina, spirotetramat y testigo, con excepción de ciantraniliprol donde disminuyó a 3 abejas/inflorescencia y flupyradifurone que no incrementó y se mantuvo en 4 abejas/inflorescencia. En la segunda parte de este estudio se determinó el efecto de los insecticidas antes mencionados a través de bioensayos por ingestión y tópico en condiciones de laboratorio. Imidacloprid y espinetoram, en sus tres concentraciones ensayadas, fueron altamente tóxicos para las abejas por ingestión, mientras que espinetoram lo fue en el tratamiento tópico. El conocimiento de la efectividad y el perfil toxicológico de los insecticidas es muy importante para el manejo del complejo de trips, además de que permite la conservación de insectos polinizadores en huertos de aguacate, como la abeja *A. mellifera*.

Palabras clave: Complejo de trips, polinizadores, perfil toxicológico, insecticidas, efectividad biológica.

ABSTRACT

The use of chemical insecticides is the main method of controlling complex thrips in growing avocado (*Persea americana* Mill.) in Michoacan. However, pollinating insects, such as the european honeybee, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) are also subject to the effect of these compounds. In this paper were evaluated the insecticides flupyradifurone, spirotetramat, cyantraniliprole, imidacloprid, azadirachtin and spinetoram on complex thrips and this pollinator in two sites in the state of Michoacan: El Durazno and Las Puentes, municipalities of Uruapan and Ario, respectively. The experiment was performed on avocado trees flowering stage. At El Durazno, the number of thrips/inflorescence was lower in the middle and lower strata of trees in all treatments, compared to controls, while in Las Puentes thrips populations decreased, compared to witnesses, during all sampling dates. At both sites, cyantraniliprole caused the greatest efficiency (86-98%) compared to other insecticides. At El Durazno, the number of bees/inflorescence was very similar in all treatments in the first four samples [1, 2, 3 and 4 days after application (DAA)], but five DAA, the number of bees I increased in all treatments, including the witness. In Las Puentes, from first to fourth DAA 2-4 bees/inflorescence occurred in all treatments, and 5 DAA was an increase (5-6 bees/inflorescence) in the spinetoram treatments, imidacloprid, azadirachtin, spirotetramat and the witness cyantraniliprole except where decreased to 3 bees/inflorescence and flupyradifurone not increased and held at 4 bees/inflorescence. In the second part of this study the effect of insecticides mentioned above through oral and topical bioassays under laboratory conditions was determined. The three tested concentrations of imidacloprid and spinetoram were highly toxic to bees by ingestion, while the three concentrations of espinoteram they were in the topical treatment. Knowledge of the effectiveness and toxicity profile of insecticides is very important for the management of complex thrips, plus it allows the conservation of pollinating insects in avocado orchards, like the bee *A. mellifera*.

Keywords: Complex thrips, pollinators, toxicological profile, insecticides, biological effectiveness.

1. INTRODUCCIÓN

México es el principal productor de aguacate (*Persea americana* Mill.) en el mundo, con una superficie cultivada para el año 2012 de 151,022.65 hectáreas, de las cuales la mayor parte (112,673.34 hectáreas) corresponden al estado de Michoacán, lo que ubica a la entidad como la región productora más grande del país (SIAP 2014).

La polinización del cultivo es muy importante para la formación de los frutos, ya que ante las adversidades climáticas que lo afectan, requiere de la ayuda de los insectos polinizadores. Las abejas destacan entre éstos, debido a que propician la polinización cruzada y, por consiguiente, se incrementan la cantidad y calidad del fruto (Álvarez del Toro, 2002; De la Cuadra, 2009). Lo anterior también se ve favorecido por el alto número de flores, aproximadamente un millón por árbol en una huerta de entre 8-20 años, siendo el número de flores mucho mayor al número de frutos que se cosecha (Gazit, 2000).

Por otro lado, el cultivo de aguacate se ve afectado por la presencia de un complejo de plagas (Coria, 2008). Los adultos y ninfas del complejo de trips (Thysanoptera: Tripidae) dañan al cultivo al alimentarse de las hojas y frutos, lo que produce malformaciones de éstos últimos y favorece el establecimiento de patógenos como la roña del aguacate *Sphaceloma perseae* Jenk. (Yee *et al.*, 2001; Ávila-Quezada *et al.*, 2005). Sin embargo, el daño más importante ocurre en la tapa de floración, ya que ocasiona la caída de la flor y consecuentemente una reducción considerable de la producción (Johansen y Mojica-Guzmán, 1997; Hoddle, 2002).

El control químico es la principal estrategia para el control del complejo de trips en el cultivo del aguacate, principalmente porque el mercado de exportación exige fruta sin daños y los productos de síntesis son los que más impactan sobre las poblaciones de estos insectos (Coria, 2008). Sin embargo, lo anterior impide el éxito de los insectos benéficos debido a sus efectos tóxicos directos e indirectos sobre parasitoides, depredadores y polinizadores (Dagli y Bahsi, 2009). En

Michoacán la abundancia de los insectos polinizadores es muy reducida en cuanto a número y diversidad, debido al uso constante de insecticidas de amplio espectro para el control de plagas (Castañeda-Vildózola *et al.*, 1999). Sin embargo, es fundamental conocer el efecto de los insecticidas sobre los insectos benéficos y con ello, evitar o minimizar el uso de aquellos compuestos que puedan causar efectos negativos y fomentar la utilización de los que sean selectivos (Vargas y Ubillo, 2001).

2. ANTECEDENTES

2.1. Origen e importancia del cultivo del aguacate

La evidencia más antigua de la presencia del aguacate es de hace 10,000 años, en Coaxcatlán, Puebla, México. Desde entonces, la historia del aguacate ha sido documentada en Mesoamérica, su centro de domesticación, y en el norte de Sudamérica, en donde fue dispersado por las culturas que habitaron en la época prehispánica (Galindo-Tovar *et al.*, 2007).

México se ha convertido en un importante productor internacional de aguacate. En 2014 se cosecharon 1 100,000 toneladas de este fruto, lo que representa más de 50% de la producción mundial que osciló en 2 100,000 toneladas (González, 2015). De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, México presenta un consumo *per cápita* de 6.8 kg de aguacate al año (Pérez, 2014).

En 17 años la producción de aguacate Hass mexicano se multiplicó casi 200 veces tras acceder al mercado de Estados Unidos de Norteamérica, luego de 87 años de haber estado cuarentenado por ese país. En 1997, al momento de la apertura, 21 municipios de Michoacán tenían en producción 76 000 hectáreas de las 93 000 cultivadas; actualmente en esta entidad se cultivan más de 120 000 hectáreas y exportan 20 000 toneladas por semana (Pérez, 2014). La comercialización del fruto de aguacate con Estados Unidos de América, a partir del 5 de febrero de 1997, trajo consigo un acelerado crecimiento de los productores del cultivo: de los 61 productores y cinco exportadores ubicados, entonces, en los municipios de Uruapan, Tancítaro, Salvador Escalante y Peribán, quienes integraron la Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de Aguacate de Michoacán (APEEAM), actualmente existen 10 000 productores, localizados en 29 municipios; se conformaron 33 asociaciones agrícolas, 296 empacadoras y seis agroindustrias productoras de pasta y guacamole congelado y aceite no refinado.

Toda esta cadena de producción genera 187 000 empleos directos; seis millones de jornales anuales y benefician a más de 70 000 familias (Pérez, 2014).

2.2. Fenología del aguacate

Las condiciones ambientales que prevalecen en las diferentes regiones donde se cultiva el aguacate, principalmente en Michoacán, propician un traslape continuo de las diferentes fases fenológicas del árbol, lo cual es determinado por el estrato altitudinal, así como por el arreglo topológico de las plantaciones con respecto a su exposición al sol, la pendiente, y la dirección prevaleciente del viento (Alcántar, 2008); y ello explica en parte por qué se cuenta con fruta durante todo el año, y por qué cada flujo de floración y formación de fruto es importante desde el punto de vista económico (Tapia *et al.*, 2008).

2.3. Floración

Después de que se ha iniciado el mecanismo de floración, se produce la hinchazón de las yemas terminales y axilares que después de un tiempo determinado, por la fisiología interna de la planta y temperatura, pueden producir una profusa floración (Tapia *et al.*, 2008). Un árbol en plena floración puede producir miles de flores, para finalmente producir solo unos cientos de frutos y finalmente producir un promedio de 100-150 kg por árbol al año. Sus flores son perfectamente hermafroditas pero no autocompatibles debido a que la apertura del estigma floral y la liberación de anteras no coinciden en el tiempo, por lo que necesariamente se requiere la fecundación cruzada con otra flor o la polinización entomófila (Arpaia *et al.*, 1991).

2.4. Polinización

La productividad de muchos cultivos se beneficia por la presencia de insectos polinizadores, por lo que la disminución en la abundancia de polinizadores debería comprometer la producción agrícola mundial. Datos de la FAO indican que de 1961 a 2006, la producción de 87 cultivos dependió altamente de la polinización (Aizen *et al.*, 2009). Con este fenómeno se asegura suficiente cantidad de endospermo y

embriones más vigorosos que son capaces de soportar el estrés, y obtener frutos de mayor calidad (Bárcenas-Ortega, 2002).

Se han establecido varias reglas o dogmas entre la relación flores y agentes polinizadores. Por ejemplo, las flores polinizadas por insectos (entomófilas) contienen típicamente néctar y polen, tienen una coloración muy atractiva y producen aromas que guían a los insectos hacia ellas. La polinización cruzada depende de que los insectos lleven el polen de una flor a otra, localizada en una planta diferente. En general, en frutales la polinización cruzada puede ser un prerequisite para la fertilización o para mejorar la calidad del fruto (Peña, 2003).

2.5. Polinización del aguacate

Uno de los principales factores causantes de bajas producciones en el cultivo del aguacate en la mayoría de los países productores es atribuida a una polinización deficiente (Gazit y Degani, 2002; Wysoki *et al.*, 2002). Para que una polinización sea efectiva, varios granos de polen deben ser depositados sobre la superficie del estigma en su momento receptivo. Sobre el estigma el polen germina, crece y desarrolla el tubo polínico por el que viaja el núcleo espermático para llegar al óvulo, donde se produce la fertilización y, posteriormente, la formación de la semilla. Los procesos fisiológicos vinculados a la apertura floral, desarrollo del tubo polínico y viabilidad del óvulo están asociados a una temperatura ambiente superior a 13 °C (De la Cuadra y Rodríguez, 2006).

Aunque varias especies de insectos actúan como polinizadores en América Central y México, sobre todo especies de himenópteros sin aguijón nativas de esas regiones (Wysoki *et al.*, 2002), la abeja *Apis mellifera* L. es el polinizador más frecuente en la mayoría de las regiones productoras de frutales (Ish-Am y Eisikowith, 1993; 1998). Evans *et al.* (2010) demostraron que flores polinizadas presentan amarre o cuaje de fruta, por lo que la polinización se manifiesta como una de las causas más importantes que pueden limitar la producción del aguacate.

2.6. Polinización por abejas

El papel que desempeñan los insectos, particularmente la abeja europea *Apis mellifera* L., en la polinización de los frutales de clima templado es ampliamente reconocido. La abeja europea se considera como el principal polinizador de aguacate en todos los países productores (Peña, 2003). Las abejas que recolectan néctar solamente o recolectan polen y néctar visitan regularmente tanto flores femeninas como masculinas y son, por tanto, polinizadores efectivos del aguacate (Davenport 1985; Ish-Am y Eisikowitch 1993). Kevan (1999) y Thompson (2003), consideran a los polinizadores, especialmente a las abejas, como elementos cruciales en el funcionamiento de todos los ecosistemas terrestres, incluyendo los agrícolas.

En los huertos de aguacate de México, actualmente es una práctica común introducir las colonias de abejas para promover su polinización (Pérez-Balam *et al.*, 2012). En Michoacán, Bárcenas (2002), sugirió la polinización por abejas en los huertos, al colocar cuatro colmenas por hectárea. De la Cuadra (1999) señaló que a pesar de que la flor de aguacate es pequeña y poco atractiva por su escaso colorido, ofrece gran cantidad de néctar y polen. En zonas de clima mediterráneo, se ha determinado que la abeja *A. mellifera* contribuye en más de un 80% al proceso de polinización del aguacate (De la Cuadra y Rodríguez, 2006).

En México, Castañeda-Vildózola *et al.* (1999) y Pérez-Balam *et al.* (2012) encontraron que los polinizadores más efectivos fueron las abejas de las familias Apidae y Meliponinae, varias especies de abejorros del género *Bombus* (Apidae, Bombinae), la avispa recolectora de néctar, *Brachygastra mellifica* Say (Vespidae) y la mosca *Chrysomya megacephala* F. (Calliphoridae). Todas estas especies acarreaban grandes cantidades de polen y estuvieron en contacto tanto con estambres como con anteras, y se mantuvieron dentro del huerto de aguacate en grandes densidades.

Para las abejas, el néctar de las flores del aguacate es una fuente nutritiva muy importante, lo que no sucede con el polen. El polen de la flor no sería preferido por la abeja, como fuente proteica y vitamínica, debiendo buscar otras flores para obtenerla. El polen constituye un porcentaje inferior al 3.5% del total colectado por

las abejas. Entre las abejas recolectoras de la colmena, un grupo colecta néctar, otro néctar y polen, y una fracción menor sólo polen. Estas últimas visitan únicamente flores masculinas y no contribuyen de forma directa con la polinización, mientras que aquellas que van por néctar o néctar y polen, visitan flores femeninas y masculinas. Esto es muy importante, porque implica que la flor del aguacate es polinizada por los granos de polen transportados a la flor femenina sobre diversas partes del cuerpo de las abejas que recolectan néctar, indistintamente de flores masculinas y femeninas (De la Cuadra y Rodríguez, 2006).

2.7. Problemas fitosanitarios del aguacate

El estado de Michoacán, por su mayor superficie cultivada y productora de aguacate, cuenta con diversos problemas fitosanitarios, debido a la variabilidad en el grado de tecnificación, manejo y problemas inherentes a un monocultivo. Existe un complejo endémico de plagas y enfermedades que constituyen uno de los factores limitantes para la obtención de producción de mayor calidad, y ello repercute en el ámbito internacional al haber insectos cuarentenados que impiden la comercialización tradicional (Téliz y Mora, 2007; Coria, 2008).

En las plantaciones comerciales que existen actualmente en todo el país, más del 23% de los insumos que requiere este frutal se destinan al control de plagas y enfermedades. Las plagas de mayor importancia económica son los trips (varias especies), los ácaros *Oligonychus punicae* Hirst. y *O. perseae* Tuttle, Baker y Abbatiello (Acari: Tetranychidae), los barrenadores de tronco y ramas y de semilla *Copturus aguacatae* Kissinger *Conotrachelus perseae* Barber, *Conotrachelus aguacatae* Barber y *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) (Coria, 2008). Sin embargo, en años recientes han aparecido otras plagas con cierta frecuencia y daños económicos de consideración, como las chicharritas *Idona* sp. y *Empoasca* sp. (Hemiptera: Cicadellidae), larvas de lepidópteros *Amorbia* sp. y *Argyrotaenia* sp. (Lepidoptera: Tortricidae), mosca blanca anidadora *Paraleyrodus* spp. (Hemiptera: Aleyrodidae), las escamas armadas *Abgrallaspis aguacatae* Evans, Watson y Miller y *Hemiberlesia lataniae* Signoret (Hemiptera: Diaspididae) y el psílido *Trioza aguacate* Hollis y Martin (Hemiptera: Triozidae) (Coria, 2008; Evans

et al., 2009; Carapia-Ruiz y Castillo-Gutiérrez, 2011; Hernández-Rivero *et al.*, 2013; González-Santarosa, 2014).

2.8. Distribución y clasificación de los trips

Los tisanópteros, comúnmente conocidos como trips, son insectos de importancia agrícola que se encuentran distribuidos en la mayor parte del mundo (Retana-Salazar y Soto-Rodríguez, 2005); desde las regiones templadas a las regiones tropicales. Las regiones tropicales presentan una mayor riqueza de especies que las regiones templadas y frías (Goldarazena; 2015).

El orden Thysanoptera comprende 5500 especies descritas, las cuales se encuentran distribuidas en dos subórdenes, Tubulifera y Terebrantia. El primero está constituido por una sola familia, Phlaeothripidae, que presenta alrededor de 3100 especies (Moritz *et al.*, 2001). El segundo suborden incluye ocho familias, de las cuales Thripidae es la más numerosa con al menos 1750 especies (Moritz *et al.* 2001). De las más de 5000 especies de trips descritas, apenas el 1% se considera como plaga (Mound y Teulon, 1995).

De acuerdo con Mound y Morris (2007), la clasificación del orden Thysanoptera, está constituida en dos subórdenes que agrupan a las siguientes nueve familias; y dentro de ellas los tres principales géneros de importancia agrícola:

Clase: Insecta.

Orden: Thysanoptera

Suborden: Tubulifera

Familia: Phlaeothripidae

Suborden: Terebrantia

Familias: Uzelothripidae, Melanthripidae, Fauriellidae
Adiheterothripidae, Thripidae, Aelotripidae, Merothripidae y
Heterotrhipidae

Géneros: *Frankliniella*, *Thrips* y *Scirtothrips*

En México, a diferencia de Estados Unidos de Norteamérica (California), Israel y Sudáfrica, donde sólo existe una o dos especies de trips de interés fitosanitario en los árboles de aguacate; se reportan 33 especies (Johansen y Mojica-Guzmán, 2007; Johansen *et al.*, 2007). Según Johansen *et al.* (1999), la primera especie mexicana de trips reconocida como plaga del aguacatero fue *Pseudophilothrips perseae* Watson. Cambero *et al.* (2010) registraron en Nayarit varios géneros tales como *Frankliniella*, *Scirtothrips*, *Neohydatothrips* y *Heliothrips*. Recientemente, Huerta-Ramírez *et al.* (2014) reportaron en Michoacán, en los municipios de Uruapan, Tancítaro, Nuevo San Juan Parangaricutiro, Taretan y Salvador Escalante a las especies *Scirtothrips perseae* Nakahara, *Neohydatothrips signifer* Priesner, *Frankliniella fallaciosa* Priesner, *Frankliniella cephalica* Crawford, *Frankliniella cubensis* Hood y *Frankliniella minuta* Moulton; siendo más abundante la primera.

2.9. Características generales de Thysanoptera

Los adultos y las ninfas de trips dañan las plantas debido a que se alimentan de ellas, (daños directos) y/o porque son vectores de virus (daños indirectos). Todos los tisanópteros tienen aparato bucal picador succionador, con importantes adaptaciones según el tipo de alimentación, pues hay especies fitófagas, carnívoras, ectoparásitas y las que se alimentan de hongos (Goldarazena, 2014; 2015).

En el Suborden Terebrantia, el tercer y cuarto instares ninfales (excepto el tercer instar del género *Franklinothrips*) son inactivos, no se alimentan y tienen alas externas; al tercer instar comúnmente se le conoce como prepupa y el cuarto pupa, ésta última a veces protegida por un cocón. En el Suborden Tubulifera, el tercer instar, la prepupa, es seguida por dos instares pupales más, el cuarto y quinto. En los trips, los machos y las hembras son muy similares en apariencia, pero los machos, generalmente, son más pequeños. Muchas especies son partenogenéticas (Triplehorn y Johnson, 2005).

Los trips tienen reproducción partenogenética de diversos tipos. Las hembras son diploides y los machos haploides debido a que proceden de huevos fertilizados y no fertilizados, respectivamente. El Suborden Terebrantia presenta tres tipos de partenogénesis de acuerdo a Goldarazena (2014).

Telítoca. El macho es extremadamente raro, de forma que la especie se perpetua a partir de hembras no fecundadas. Ejemplo: *Heliethrips haemorrhoidalis* Bouche.

Arrenótoca. Las hembras no fecundadas depositan huevos que dan lugar a machos haploides. Se da en muchas especies como por ejemplo en *Frankliniella occidentalis* Pergande.

Deuterótoca. Las hembras no fecundadas depositan huevos que dan lugar a hembras, pero a bajas temperaturas se pueden obtener machos, como por ejemplo en la especie *Parthenothrips dracaenae* Heeger (Mound, 1997).

2.10. Daños de trips en aguacate

En California, Hoddle *et al.* (2003) estimaron pérdidas económicas anuales de 8.65 millones de dólares por la infestación de trips en aguacate.

Los trips succionan la savia de brotes tiernos e inflorescencias ocasionando malformaciones, inhiben la fecundación en flores al dañar los órganos sexuales, originando su caída; los frutos recién formados (<1.5 cm) son afectados seriamente por la aparición de alteraciones irregulares de la cáscara (Yee *et al.*, 2001; Coria, 1998). Este tipo de alimentación provoca en sus hospederos daños como la decoloración de los tejidos en cuyas zonas presentan una tonalidad plateada que se atribuye principalmente al aire que ocupan los espacios vacíos de las células afectadas y que se acentúa con el tiempo (Castañeda, 2001).

Después que ocurre la floración, las poblaciones de trips se concentran abundantemente en las hojas tiernas y aumentan en el fruto, una vez que las hojas maduran y se vuelven más duras (Yee *et al.*, 2003).

Ávila-Quezada *et al.* (2005) correlacionaron la incidencia de trips con la presencia de la roña del aguacatero *S. perseae*, en condiciones de baja humedad relativa <80% o sin precipitación y observaron que el daño se presenta principalmente en frutos de tamaño pequeño. Como consecuencia se reduce considerablemente el valor del fruto en el mercado (Cambero *et al.*, 2010).

2.11. Control químico de trips

El uso de insecticidas químicos sigue predominando como la estrategia más utilizada en el manejo de trips (Hoddle *et al.*, 2002). En la actualidad prevalecen las aplicaciones foliares a base de insecticidas de los grupos de las avermectinas (abamectina), neonicotinoides (imidacloprid y thiametoxam) y spinosinas (spinosad y spinoteram) (Byrne *et al.*, 2007; Coria, 2008).

Los neonicotinoides (thiametoxam, imidacloprid y thiacloprid) ejercen un eficiente control de las poblaciones de trips. Thiametoxam es altamente efectivo cuando se aplica sobre el follaje o a través del riego; sin embargo, en este último caso es de acción más lenta (Ripa y Larral, 2008). Abamectina reduce significativamente las poblaciones de la plaga por un período prolongado, manifestando un largo efecto residual (Morse *et al.*, 2005).

De acuerdo a la fluctuación poblacional de los trips, se recomienda realizar una aplicación de insecticidas después de la temporada de lluvias, lo cual coincide con el periodo de floración de los árboles de aguacate. Posteriormente, se recomienda realizar otra aplicación de insecticidas a principios de febrero que es cuando las poblaciones tienden a incrementarse y una tercera a principio de marzo, que es la época más crítica, ya que es cuando se elevan las temperaturas que favorecen el incremento de las poblaciones de trips (Johansen *et al.*, 2007). La primera aplicación se debe realizar cuando los árboles muestran el 10% de floración, la segunda, tercera y cuarta cuando el cultivo se encuentra en plena floración, inmediatamente después de floración y en la formación de los frutos, respectivamente. Sin embargo, la necesidad del control químico estará dada por la

densidad de la plaga, estado de desarrollo del fruto y distribución de la plaga en el cultivo (Ripa y Larral, 2008).

2.12. Insecticidas modernos para el control de plagas

Existen diversas alternativas y enfoques disponibles para el control de insectos plaga, incluyendo insecticidas, plantas modificadas genéticamente, prácticas culturales y el control biológico. Los insecticidas continúan proporcionando a los productores, rapidez y eficacia para reducir las poblaciones de insectos plaga. Estas ventajas han dado lugar al desarrollo de una gran variedad de insecticidas químicos. Sin embargo, debido a los cambios regulatorios para proteger el medio ambiente, los perfiles toxicológicos y cambios en la dispersión de los insectos plaga, se ha continuado con el descubrimiento y desarrollo nuevos insecticidas. Otros cambios para el descubrimiento de insecticidas incluyen moléculas químicas más selectivas y menos persistentes. Más de 550 especies de insectos plaga, han desarrollado resistencia a uno o más insecticidas existentes, lo que ha contribuido a la importancia de implementar programas de manejo de la resistencia a insecticidas y, en consecuencia, la necesidad de buscar nuevos insecticidas con nuevos modos de acción para facilitar estos programas (Sparks, 2013).

2.12.1. Spirotetramat

Este insecticida pertenece a la clase química de los ácidos tetrónicos. Estos compuestos inhiben la acetil coenzima A carboxilasa, cuya actividad es a nivel de síntesis de lípidos ácidos, lo que afecta la fisiología y metabolismo de los insectos. Como consecuencia, interrumpe el crecimiento, desarrollo y capacidad de oviposición en los insectos tratados. Disminuye significativamente la oviposición debido a que huevos y ninfas se acumulan dentro de la hembra grávida. En el caso de los huevos, estos no logran eclosionar por la ausencia de la biosíntesis de lípidos (Nauen *et al.*, 2008; Brück *et al.*, 2009).

Debido a su modo de acción, spirotetramat actúa por ingestión y afecta principalmente a los estados inmaduros de los insectos plaga con hábito chupador, siendo su acción por contacto limitada. Además, tiene un efecto sistémico

bidireccional (Nauen *et al.*, 2008); después de la aplicación foliar penetra a través de la cutícula de la hoja y se transloca como spirotetramat-enol vía xilema y floema, hasta los brotes en crecimiento y hacia las raíces (Brück *et al.*, 2009).

2.12.2. Flupyradifurone

Pertenece a la nueva clase química de butenolides, derivado de la estemofolina, un compuesto natural extraído de *Stemona japonica* (Blume) Miq. (Stemonaceae), una planta medicinal que crece, principalmente, en el sudeste asiático. La estemofolina es un alcaloide con propiedades insecticidas que actúa como un agonista del receptor nicotínico de la acetilcolina (nAChR), lo que significa que el producto químico se une a un receptor y activa el receptor para producir una respuesta biológica. Actúa como un neurotransmisor de la acetilcolina y en la unión de la proteína receptora induce una corriente de iones de despolarización, causando la excitación de la célula nerviosa, lo cual conduce a una apertura permanente del receptor post-sináptico (Nauen *et al.*, 2015; Jeschke *et al.*, 2015). El efecto da como resultado un trastorno del sistema nervioso de los insectos chupadores, especialmente en estados inmaduros y adultos, causando su colapso al paralizarlos y finalmente ocasionar su muerte (Bayer AG, 2015).

2.12.3. Ciantraniliprol

Es el segundo ingrediente activo de los insecticidas pertenecientes al grupo de las diamidas antranílicas. Este compuesto actúa sobre los receptores de rianodina del insecto, responsables de regular la liberación del calcio intracelular almacenado (Satelle *et al.*, 2008). Al unirse a estos receptores, ciantraniliprol induce la liberación de calcio intracelular, provocando una serie de síntomas como un cese inmediato de la alimentación, regurgitación, letargo y contracciones musculares en el insecto que derivan en parálisis y muerte (Cordova *et al.*, 2006; Legocki *et al.*, 2008). En la planta, el movimiento de ciantraniliprol se realiza principalmente por el xilema; además presenta movimiento translaminar (Barry *et al.*, 2015).

2.12.4. Imidacloprid

El descubrimiento de los insecticidas neonicotinoides puede ser considerado un hito en la investigación de los insecticidas sintéticos (Jeschke y Nauen, 2008). En la actualidad es la clase química de insecticidas más importante, desde la introducción de los piretroides sintéticos. Estos se encuentran registrados mundialmente en más de 120 países y son de los insecticidas más efectivos para el control de insectos chupadores como áfidos, mosquitas blancas, escamas, chicharritas, trips, algunos microlepidópteros y un número considerable de coleópteros (Jeschke *et al.*, 2011).

Los neonicotinoides por su amplio espectro de control, junto con su acción sistémica y translaminar, pronunciada actividad residual especialmente en tratamientos a semilla y aplicaciones al suelo y su modo de acción, impulsaron la rápida expansión de esta clase de insecticidas desde que apareció su primer compuesto, el imidacloprid. Este insecticida tiene un modo de acción selectivo e irreversible sobre los receptores nicotínicos de la acetilcolina (nAChR) en las células nerviosas de los insectos, paralizándolos y provocando su muerte (Jeschke y Nauen, 2008; Elbert *et al.*, 2008).

2.12.5. Espinetoram

Las espinosinas son la única familia de insecticidas derivados de la fermentación de la bacteria *Saccharopolyspora spinosa* (Mertz and Yao) que muestran características estructurales muy similar a la de los hongos actinomicetos, responsables de la descomposición de la materia orgánica en el suelo (Dripps *et al.*, 2011). Tienen una potente actividad insecticida y bajo impacto sobre el medio ambiente (Kirst, 2010). Las espinosinas se acoplan (a través de un sistema de proteínas) a los receptores nicotínicos de acetilcolina, activándolos y permitiendo el flujo del ion sodio al interior de la célula pos sináptica, alterando los canales iónicos del GABA. Las neuronas se despolarizan, activando el sistema muscular, lo que lleva a todo el sistema a una fatiga neuromuscular (Salgado, 1998).

El espinoteram es un insecticida de segunda generación de la familia de las espinosinas, creado a partir de una modificación química de la espinosinas naturales J y L. Es más activo y de mayor residualidad que spinosad, el primer compuesto de este grupo de insecticidas (Dripps *et al.*, 2011).

2.12.6. Azadiractina

La azadiractina, es el principal limonoide, y el más activo y abundante fitoquímico del árbol del neem *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae) (Mondal y Mondal, 2012). Actúa como regulador del crecimiento e inhibidor de la alimentación, afectando a los insectos plaga en sus estados larvarios, pupa y adulto (Isman, 2006). Este compuesto estimula las células específicas de disuasión en quimiorreceptores y también bloquea el disparo de células de los receptores que estimulan alimentación. Los efectos fisiológicos son mucho más consistentes que los efectos antialimentarios y resultan en la interferencia con el crecimiento, muda, reproducción y procesos celulares; lo cual induce efectos como reducido crecimiento, mudas anormales y el retraso en ellas. Estos efectos están relacionados con la interrupción del sistema endocrino. Los efectos de muda son debido a una interrupción en la síntesis y liberación de la hormona ecdisona (hormona de la muda) y de otras clases de hormonas. También puede ocasionar efectos en la reproducción de machos y hembras (Mordue y Nisbet, 2000).

2.13. Efecto de insecticidas químicos sobre insectos polinizadores

La agricultura moderna a menudo implica el uso de plaguicidas para proteger los cultivos de los insectos plaga. Sin embargo, los compuestos organosintéticos también pueden dañar a insectos benéficos tales como polinizadores y entomófagos. Al respecto, la abeja europea *A. mellifera*, es muy importante desde el punto de vista agrícola y son vulnerables a los impactos inducidos por los plaguicidas. Las abejas contribuyen activamente a la polinización de las plantas cultivadas y no cultivadas, lo que hace posible la producción de alimentos (Medrzycki *et al.*, 2003).

La mayoría de las pérdidas de abejas a partir de 1966 a 1979 fueron atribuidas a los insecticidas organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides. Los esfuerzos por restringir plaguicidas aplicación durante la floración proporcionaron cierto alivio; sin embargo, la actividad residual de algunos de estos insecticidas nunca fue considerada (Johansen y Mayer, 1990; Atkins, 1992).

La importancia de la interacción entre las abejas y los insecticidas no ha disminuido a pesar del continuo descubrimiento de nuevos ingredientes activos y nuevos modos de acción que pueden ser utilizados para controlar plagas de insectos (Johnson, 2015).

Miles de abejas obreras viajan tan lejos de la colmena (alrededor de 10 km) con la finalidad de recoger néctar, polen, agua y propóleo para sostener una colonia de decenas de miles de trabajadores jóvenes adultos, abejas inmaduras y reproductoras (Couvillon *et al.*, 2014). La abeja *A. mellifera* es muy sensible a los plaguicidas en comparación con otros insectos polinizadores (Arena y Sgolastra, 2014). Los polinizadores pueden ser expuestos a insecticidas durante su aplicación, por contacto, y durante la ingestión de polen y néctar (Brittain y Potts, 2011), induciendo efectos letales y subletales (Thompson, 2003; Belzunces *et al.*, 2012); además de traer estos compuestos a la colonia y contaminarla (Johnson, 2015). El néctar de las flores contiene aromas que pueden enmascarar la presencia de los insecticidas y ofrece una recompensa de azúcar que puede motivar a los insectos a visitar flores a pesar de la presencia de estos (Easton y Goulson, 2013).

Abejas expuestas a una alta dosis de un insecticida se puede morir directamente, pero la exposición a dosis más bajas o dosis subletales es más común y puede afectar a la función cognitiva, comportamiento y fisiología de las abejas (Johnson, 2015).

Ish-Am *et al.* (1999) sugieren que los escasos de insectos polinizadores en huertos de aguacate en México, está aparentemente relacionada con la aspersion de insecticidas como el malation y paration. Los neonicotinoides son insecticidas sistémicos ampliamente utilizados que cuando se aplica a la floración de cultivos,

son trasladados al néctar y polen en los que pueden tener un impacto sobre los polinizadores (Easton y Goulson, 2013). De manera reciente el uso de estos insecticidas ha sido señalado específicamente como un factor que podría disminuir a la disminución de las abejas en el mundo (Lundin *et al.*, 2015). Al mismo tiempo varios de los insecticidas neonicotinoides han demostrado ser altamente tóxicos para las abejas en pequeñas cantidades (Iwasa *et al.*, 2004). Los neonicotinoides se pueden transportar en el polen y néctar a las principales fuentes de alimento para las abejas (Cresswell, 2011). Por otra parte, algunos de los compuestos se degradan lentamente y están presentes en el medio ambiente, por ejemplo, en el suelo y/o en plantas tratadas durante meses, o incluso años después de la aplicación (Krupke *et al.*, 2012). La preocupación por los polinizadores ha llevado a un temporal la restricción de tres neonicotinoides (clotianidin, tiametoxam e imidacloprid) como tratamientos para semilla de cultivos atractivos a las abejas en la Unión Europea (Lundin *et al.*, 2015).

3. JUSTIFICACIÓN

El complejo de trips constituye la principal plaga del cultivo de aguacate en Michoacán debido a que demerita la calidad y repercute directamente en el precio del producto. El mayor daño de estos insectos se presenta en la etapa de floración y coincide con la presencia de las abejas polinizadoras. Actualmente, los insecticidas utilizados no ejercen un control satisfactorio del complejo de trips en el cultivo de aguacate. Aunado a ello, y debido a su alta toxicidad, estos compuestos de síntesis reducen las poblaciones de los insectos polinizadores. Una de las alternativas para controlar el complejo de los trips es el uso de insecticidas con nuevos modos de acción y bajo impacto sobre los organismos benéficos, por lo que es necesaria su evaluación.

4. HIPÓTESIS

Los insecticidas flupyradifurone, spirotetramat, ciantraniliprol, imidacloprid, azadiractina y espinetoram son eficaces para el control del complejo de trips en el cultivo de aguacate y no causan efectos negativos a la abeja *A. mellifera*.

5. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la efectividad de insecticidas con diferente modo de acción para el control del complejo de trips en el cultivo de aguacate y determinar sus efectos sobre la abeja *A. mellifera* en condiciones de campo y laboratorio.

6. OBJETIVOS PARTICULARES

1. Determinar la efectividad de los insecticidas flupyradifurone, spirotetramat, ciantraniliprol, imidacloprid, azadiractina y espinetoram sobre el complejo de trips en el cultivo de aguacate, así como su efecto sobre la abeja *A. mellifera* en condiciones de campo.
2. Determinar el efecto de los insecticidas flupyradifurone, spirotetramat, ciantraniliprol, imidacloprid, azadiractina y espinetoram sobre la abeja *A. mellifera* en condiciones de laboratorio.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Insecticidas

En este estudio se utilizaron los seis insecticidas comerciales con diferente modo de acción, a las dosis recomendadas por los fabricantes que se especifican en el Cuadro 1.

7.2. Evaluación de los insecticidas sobre el complejo de trips y la abeja *A. mellifera*

Se realizaron dos experimentos sobre árboles de aguacate (variedad Hass) en dos sitios en el estado de Michoacán: El Durazno, municipio de Uruapan (19° 21' 49" N, 102° 06' 40" W y 1669 m de altitud) y Las Puentes, municipio de Ario (19° 21' 52" N, 102° 06' 40" W y 1834 m de altitud). Entre ambos sitios existe una distancia de 86.3 Km.

Los árboles de aguacate, de entre 8 y 12 años y una altura aproximada entre 2 a 3 m y en etapa de floración, se trataron, hasta punto de goteo. Los insecticidas se mezclaron en una solución de agua, con pH de 6.5, más el surfactante organosiliconado Breakthru® (BASF, Distrito Federal, México) al 0.1%. Los árboles del testigo se trataron únicamente con agua. La aplicación de los insecticidas se realizó entre las 07 y las 09 h con una aspersora de motor previamente calibrada a 250 libras de presión, con boquilla de cono hueco.

En ambos experimentos se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas en bloques completos al azar con los siguientes dos factores: estratos y tratamientos. Se realizaron cinco repeticiones por cada tratamiento. Un árbol de aguacate (= unidad experimental) se consideró como una repetición. Las unidades experimentales presentaron heterogeneidad en cuanto al tamaño de los árboles en los dos sitios de estudio, por lo que se utilizó el diseño de bloques completos al azar. Los árboles se marcaron en forma lineal, dejando una línea lateral de árboles libres de aplicación para evitar contaminación entre los tratamientos (Figura 1).

Cuadro 1. Insecticidas utilizados sobre el complejo de trips y la abeja europea *Apis mellifera*.

Insecticida (nombre comercial)	Ingrediente activo (%)	Formulación	Dosis en 2000 L de agua/ha ⁻¹
1. Testigo	Agua		---
2. Sivanto Prime	17.09% de flupyradifurone	Líquido Soluble, Bayer CropScience LP	1.0 L
3. Movento	15.3% de spirotetramat	Dispersión en Aceite, Bayer CropScience LP	0.75 L
4. Exalt	5.87% de espinetoram	Suspensión Concentrada, Dow AgroSciences LLC	0.35 L
5. Benevia	10.26% de ciantraniliprol	Dispersión en Aceite, E. I. du Pont de Nemours and Company	0.125 L
6. Confidor	30.20% de imidacloprid	Suspensión Concentrada, Bayer CropScience LP	0.75 L
7. Ecozin	3.0% de azadiractina	Concentrado Emulsionable, AMVAC Chemical Corporation	2.0 L

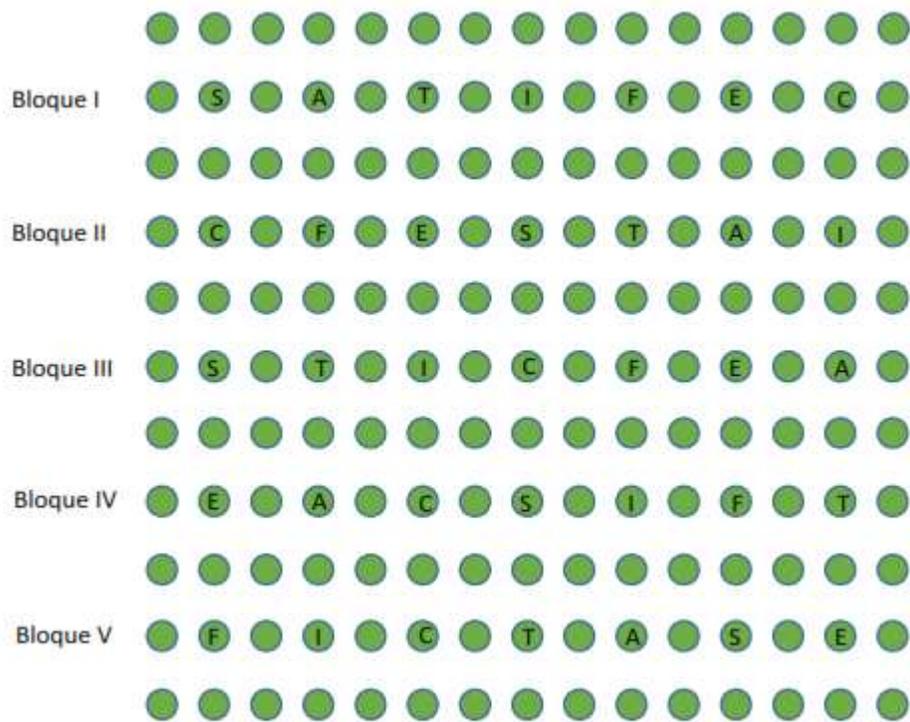


Figura 1. Distribución en campo de los tratamientos (T = testigo, F = flupyradifurone, S = spirotetramat, E = espinetoram, C = ciantraniliprol, I = imidacloprid, A = azadiractina).

Antes de la aplicación de los insecticidas se realizó un muestreo para conocer las poblaciones iniciales del complejo de trips (ninfas y adultos). Para determinar la eficacia de los insecticidas, se realizaron muestreos a las 3, 7, 14, 21 y 28 h post-tratamiento. En cada unidad experimental, se revisaron ocho inflorescencias; cuatro del estrato bajo (EB) y cuatro del estrato medio (EM), considerando los cuatro puntos cardinales. El muestreo de los trips se realizó bajo la metodología establecida por Ascensión-Betanzos *et al.* (1999). Cada inflorescencia se asperjó, con ayuda de un atomizador manual (500 mL de capacidad) y hasta punto de goteo, con una solución de jabón líquido Suavitel® al 5%. Por debajo de la inflorescencia se colocó una charola de plástico transparente (19 x 28 cm) sobre la cual se colectaron los trips. Por cada inflorescencia se contabilizó el número de trips.

Con la finalidad de determinar las especies de trips presentes, se colectaron y montaron en portaobjetos, de acuerdo con la técnica descrita por Goldarazena (2015), especímenes para su identificación taxonómica; misma que fue realizada por el Dr. Francisco J. Avendaño Gutiérrez (Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez”, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo).

El efecto de los insecticidas sobre las abejas se determinó al revisar ocho inflorescencias distribuidas en los puntos cardinales de cada unidad experimental; cuatro del EB y cuatro del EM, como se ha descrito anteriormente. Se contó el número de abejas presentes por inflorescencia durante los cinco días posteriores a la aplicación de los insecticidas en las horas de mayor actividad de este insecto polinizador; entre las 11:00 y 13:00 h y entre las 15:00 y 17:00 h.

7.3. Toxicidad de los insecticidas sobre la abeja *A. mellifera* en laboratorio

Se realizaron dos tipos de ensayos: ingestión y tópico. En ambos ensayos se utilizaron abejas obreras provenientes de un apiario ubicado al este de la ciudad de Uruapan, Michoacán y certificado por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Este apiario se encuentra a una distancia >3 km de cultivos aledaños, casas habitación y rellenos sanitarios, pero con vegetación para que se tengan suficientes fuentes de néctar y polen para las abejas durante el forrajeo. Las abejas se anestesiaron con CO₂ para su captura y se transportaron al laboratorio en recipientes de plástico. Para cada insecticida se evaluó la concentración mínima recomendada en campo (CMinRC), concentración media recomendada en campo (CMedRC) y concentración máxima recomendada en campo (CMáxRC) (Cuadro 2). Por cada concentración e insecticida se realizaron cinco repeticiones, cada una con 10 adultos de abejas en cajas Petri. La mortalidad de los adultos se registró a las 4, 12, 24, 48, 72 y 96 h pos-tratamiento. El individuo que no respondió a estímulos provocados por un pincel de cerdas finas, se consideró muerto.

Cuadro 2. Concentraciones de los insecticidas utilizadas en los ensayos tóxico y por ingestión sobre la abeja europea *A. mellifera*.

Insecticidas	Concentraciones		
	mg de i.a./ha ⁻¹ (ng de i.a./abeja)		
	CMinRC	CMedRC	CMáxRC
Flupyradifurone	150 (2.22)	200 (2.23)	250 (2.24)
Spirotetramat	90 (1.2)	112.5 (1.5)	150 (2.22)
Espinetoram	18 (0.24)	21 (0.28)	30 (0.4)
Ciantraniliprol	10 (0.13)	12.5 (0.16)	15 (2.22)
Imidacloprid	175 (2.3)	262.5 (3.5)	350 (4.4)
Azadiractina	54 (0.7)	72 (0.9)	108 (1.4)

CMinRC = concentración mínima recomendada de campo

CMedRC = concentración media recomendada de campo

CMáxRC = concentración máxima recomendada de campo

Tratamiento por ingestión. Los adultos de las abejas se dejaron sin alimento 2 h previo al ensayo. Las concentraciones de los insecticidas se prepararon en 20 mL de agua destilada. Las abejas se expusieron a una dieta a base de una solución de azúcar al 50% (peso: volumen) mezclada con cada una de las concentraciones de cada insecticida. En una caja Petri se colocó un trozo de algodón sobre el cual se colocaron 2 mL de la solución y cada concentración de insecticida. Posteriormente, se colocaron, por un periodo de cuatro horas, 10 abejas para su alimentación. Después de este tiempo, las abejas se cambiaron a otra caja Petri y se les proporcionó una solución de azúcar al 50% libre de insecticida. Los adultos de las abejas se dejaron sin alimento 2 h antes del ensayo.

Tratamiento tóxico. Los adultos de *A. mellifera* se trataron, con ayuda de una micropipeta manual, con 2 µl de cada concentración e insecticida sobre el dorso del tórax. Previo al tratamiento, las abejas se anestesiaron con CO₂ durante 10 s para su manipulación. Los insecticidas se disolvieron en acetona para facilitar su rápida deposición. El peso promedio de las abejas fue de 150 ± 0.5 mg. Después del tratamiento, los adultos se colocaron en cajas Petri (9 cm de diámetro) que

contenían, a punto de saturación, un trozo de algodón con una solución de azúcar al 50% (peso: volumen) para su alimentación.

7.4. Análisis de datos

Los datos de número de trips y abejas por inflorescencia de los experimentos realizados en campo; así como la mortalidad de las abejas en laboratorio se sometieron a un análisis de varianza a través del procedimiento de Efectos Fijos. Las medias se separaron con la prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) ($P < 0.05$) (SAS/STAT, versión 9,3; SAS Institute, Cary, NC). Para el caso del efecto de los insecticidas sobre las abejas en el experimento en campo, se presentan los promedios de ambos estratos (EB y EM) y los dos horarios de muestreo (11:00 a 13:00 h y 15:00 a 17:00 h), debido a que hubo similitud en cuanto al número de abejas en ambos sitios de estudio (3-4 en los primeros cuatro días y 7 en el quinto día en ambos estratos y horarios).

La eficacia biológica de los insecticidas en campo sobre el complejo de trips se calculó con la fórmula de Abbott (1925):

$$Pe = IT - It/IT \times 100, \text{ donde:}$$

Pe = Porcentaje de eficacia

IT = Número de trips en el testigo

It = Número de trips en el tratamiento

Los resultados de mortalidad de los adultos de abejas en el laboratorio se clasificaron de acuerdo a la escala de toxicidad propuesta por la Organización Internacional de Lucha Biológica (OILB) que ha normalizado métodos de laboratorio, semicampo y campo para diversos organismos benéficos (Hassan, 1992). Esta escala consta de cuatro categorías, según el porcentaje de mortalidad causado: 1 = inofensivo (<30%), 2 = ligeramente tóxico (30-79%), 3 = moderadamente tóxico (80-99%) y 4 = altamente tóxico (>99%).

8. RESULTADOS

8.1. Efectividad de los insecticidas sobre el complejo de trips y la abeja *A. mellifera*

En el sitio El Durazno, en el muestreo previo a la aplicación de los tratamientos, el número de trips/inflorescencia fue similar en ambos estratos muestreados (Cuadro 3). En los estratos bajos (EB) y estratos medios (EM), el número de trips estuvo comprendido entre 5 y 8 en todos los tratamientos, incluidos los testigos. En todos los muestreos después de la aplicación, el número de trips/inflorescencia fue menor comparado con los testigos, en todos los tratamientos y en ambos estratos evaluados. A los 3, 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación (DDA) el número de trips estuvo comprendido entre 1 y 8/inflorescencia en ambos estratos, con excepción del muestreo realizado 28 DDA donde se registraron 11 trips/inflorescencia en el EM en el tratamiento con azadiractina. Durante todo el experimento, el número de trips/inflorescencia incrementó exponencialmente en ambos estratos de los árboles de aguacate en los testigos ya que se observaron entre 6 y 32 trips/inflorescencia. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en el número de trips entre los dos estratos en cada día de evaluación ($P \leq 0.051$ para todos los días de evaluación).

Cuadro 3. Número de trips/inflorescencia en los estratos bajo (EB) y medio (EM) de árboles de aguacate antes y después de la aplicación de diferentes insecticidas. El Durazno, Uruapan, Michoacán.

Tratamiento	Días después de la aplicación											
	Muestreo previo a la aplicación ^a		3 ^b		7 ^c		14 ^d		21 ^e		28 ^f	
	EB	EM	EB	EM	EB	EM	EB	EM	EB	EM	EB	EM
Testigo	7.9±0.8Aa	6.3±0.8Aa	9.0±0.9Aa	10.0±1.2Aa	13.0±0.6Ab	16.6±0.8Aa	15.8±0.5Aa	22.0±1.0Aa	24.0±1.3Aa	22±0.7Aa	32.1±1.6Aa	29.5±0.8Aa
Flupyradifurone	7.4±0.2Aa	6.3±0.5Aa	5.5±0.7BCa	6.1±0.5CDa	5.3±0.9BCa	3.4±0.2CDa	2.8±0.5BCa	2.5±0.3CDa	3.0±0.3Ca	2.9±0.3Ca	2.8±0.3BCa	4.3±0.8Ca
Spirotetramat	6.1±0.7Aa	7.6±1.2Aa	6.0±0.1Aba	7.4±0.8ABCa	4.5±0.7Ca	6.6±0.4Db	2.6±0.1Ca	5.6±0.2Ba	2.7±0.3Ca	4.7±0.3Ca	2.6±0.2Ca	4.8±0.4Ca
Espineteram	5.3±0.4Aa	7.0±1.8Aa	0.9±0.1Db	4.6±0.7CDFa	3.6±0.8CDa	0.9±0.3Db	3.0±0.3BCa	1.0±0.7Da	2.1±0.4Ca	5.1±0.9BCa	4.8±0.7BCa	7.5±0.4Ca
Ciantraniliprol	5.8±0.7Aa	6.1±0.6Aa	1.2±0.5Db	2.1±0.3Fa	1.6±0.6Da	0.7±0.2Da	1.8±0.4Ca	2.8±0.5CDa	2.6±0.7Ca	2.6±0.3Ca	2.3±0.3Ca	4.2±0.4Ca
Imidacloprid	5.5±1.1Aa	7.5±1.1Aa	0.9±0.2Da	6.6±1.1BCa	3.6±0.9CDa	4.6±0.3BCDa	3.2±1.3BCa	3.7±0.3CDa	2.0±0.7Ca	5.0±0.5BCa	3.2±0.4BCa	5.8±0.5Ca
Azadiractina	5.8±0.3Aa	6.3±0.8Aa	2.8±0.5Cdb	8.4±0.3ABa	7.8±0.6Ba	5.5±0.4BCa	5.5±0.6Ba	4.6±0.3BCa	6.2±0.5Ba	7.0±0.35Ba	6.0±0.9Bb	11.4±0.6Ba

Para cada día de evaluación, medias entre columnas (letras mayúsculas) y entre líneas (letras minúsculas) seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

^aF = 4.23, gl = 1, 36; P = 0.1319. ^bF = 64.19, gl = 1, 36; P = 0.0541. ^cF = 0.15, gl=1, 36; P = 0.7213. ^dF = 5.57, gl = 1, 36; P = 0.0994. ^eF = 2.91, gl = 1, 36; P = 0.1867. ^fF = 146.37, gl = 1, 36; P = 0.0512.

En el sitio Las Puentes, previo a la aplicación de los tratamientos, el número de trips/inflorescencia fue similar en todos los tratamientos, incluidos los testigos, tanto el EB (entre 8-9) como el EM (entre 11-13) (Cuadro 4). Después de la aplicación de los tratamientos, el número de trips/inflorescencia dependió del insecticida y días de muestreo. A los 3, 7, 14, 21 y 28 DDA, el número de trips/inflorescencia fue significativamente más bajo ($P \leq 0.05$ para todos los días de evaluación) comparado con el de sus respectivos testigos en cada estrato evaluado. A los 3, 7 y 14 DDA los insecticidas flupyradifurone, spirotetramat, espinetoram, ciantraniliprol e imidacloprid registraron, el menor número de trips en los EB y EM (entre 1 y 4, con excepción de los 3 y 7 DDA del EM y de los 14 DDA del EB donde se obtuvieron 5-6 trips/inflorescencia). En el caso de azadiractina se registraron entre 4 y 10 trips/inflorescencia en ambos estratos evaluados. A los 21 DDA, el número de trips/inflorescencia fue muy similar (entre 2 y 3) en los árboles de aguacate tratados con los insecticidas ciantraniliprol y flupyradifurone en ambos estratos, y espinetoram, en el EB; mientras que espinetoram, en el EM, e imidacloprid y spirotetramat, en los EB y EM presentaron entre 4-5 trips/inflorescencia. Por su parte, azadiractina presentó 6 y 8 trips/inflorescencia en el EB y EM, respectivamente. A los 28 DDA, ciantraniliprol continuó presentando las poblaciones más bajas de trips (2-3/inflorescencia), seguido de imidacloprid, flupyradifurone y spirotetramat en el EB con un promedio de 4-8 trips/inflorescencia; mientras que espinetoram en el EM presentó 11 trips/inflorescencia. Por su parte, con azadiractina se obtuvo un promedio de 7-10 trips/inflorescencia, mientras que en los testigos fue de 26-27 trips/inflorescencia.

Cuadro 4. Número de trips/inflorescencia en los estratos bajo (EB) y medio (EM) de árboles de aguacate antes y después de la aplicación de diferentes insecticidas. Las Puentes, Ario, Michoacán.

Tratamiento	Días después de la aplicación											
	Muestreo previo a la aplicación ^a		3 ^b		7 ^c		14 ^d		21 ^e		28 ^f	
	EB	EM	EB	EM	EB	EM	EB	EM	EB	EM	EB	EM
Testigo	8.1±0.2Ab	11.6±0.6Aa	7.8±0.5Ab	11.5±0.7Aa	15.6±0.4Aa	13.8±0.9Aa	16.1±1.9Aa	16.0±0.6Aa	16.1±0.1Aa	16.8±0.8Aa	27.3±0.4Aa	26.3±1.2Aa
Flupyradifurone	8.3±0.4Ab	11.6±0.6Aa	0.7±0.1Bb	3.6±0.5Ca	0.81±0.1Ca	2.2±0.4EFa	2.5±0.4CDEa	2.2±0.3Ba	2.4±0.2DEa	3.5±0.2CDEa	3.8±0.1CDEa	4.2±0.2FGa
Spirotetramat	8.2±0.4Ab	11.5±1.5Aa	3.1±0.4Bb	6.2±0.4Ca	1.6±0.3Cb	5.1±0.4BCa	5.0±1.1BCa	3.7±0.5Ba	3.9±0.4CDa	4.2±0.2CDEa	4.4±0.4Cdb	7.6±0.7DEa
Espinetoram	8.7±0.3Ab	13.0±1.1Aa	0.8±0.1Ba	2.6±0.1Ca	0.8±0.1Ca	1.3±0.5EFa	3.1±0.2CDa	1.8±0.5Ba	3.2±0.1CDa	4.3±0.2CDa	3.9±0.2CDEa	11.0±1.3BCa
Ciantraniliprol	9.0±0.1Ab	12.8±0.7Aa	0.8±0.2Ba	1.7±0.3Ca	0.6±0.0Ca	0.0±0.0Fa	2.3±0.4DEa	2.0±0.3Ba	2.0±0.2Ea	2.6±0.3Ea	2.3±0.1CDEa	2.8 ± 0.3Ga
Imidacloprid	8.0±0.4Ab	12.5±0.5Aa	1.2±0.2Ba	4.8±0.7Ca	0.9±0.3Cb	3.5±0.2BCDa	2.6±0.3CDEa	3.0±0.2Ba	4.2±0.3Ca	4.7±0.1Ca	4.5±0.5BCb	5.6±0.3EFa
Azadiractina	8.1±0.3Ab	12.0±1.1Aa	6.3±0.4Ab	10.3±1.8Ba	5.2±0.4Ba	5.4±0.0Ba	6.1±0.4Ba	3.6±0.3Ba	5.9±0.4Ba	7.6±0.6Ba	7.3±0.0Bb	9.8±0.9CDa

Para cada día de evaluación, medias entre columnas (letras mayúsculas) y entre líneas (letras minúsculas) seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

^aF = 137.84, gl = 1, 36; P = 0.0013. ^bF = 70.46, gl = 1, 36; P = 0.0035. ^cF = 11.74, gl = 1, 36; P = 0.0417. ^dF = 0.75, gl = 1, 36; P = 0.4503. ^eF = 10.65, gl = 1, 36; P = 0.0470. ^fF = 10.36, gl = 1, 36; P = 0.0487.

En el sitio El Durazno, el número de abejas/inflorescencia fue muy similar en todos los tratamientos en los cuatro primeros muestreos (1, 2, 3 y 4 DDA) (Cuadro 5). En estos muestreos, el número de abejas estuvo comprendido entre 2 y 4 y no fue significativamente distinto ($P \leq 0.61$ para los cuatro muestreos) del observado en los testigos (entre 3 y 5), con excepción de flupyradifurone y spirotetramat al 4 DDA que presentaron 2 abejas/inflorescencia. A los 5 DDA, el número de abejas incrementó y estuvo comprendido entre 5 y 8 en todos los tratamientos y no se observaron diferencias significativas ($P = 0.76$) con el registrado en el testigo (7 abejas/inflorescencia).

En el sitio Las Puentes, imidacloprid, espinetoram y spirotetramat presentaron el menor número de abejas (2 abejas/inflorescencia) 1 DDA) (Cuadro 5). Desde los 2, y hasta los 4 DDA, el número de abejas/inflorescencia estuvo comprendido entre 2-4 en todos los tratamientos y no fue significativamente distinto ($P \leq 0.69$ para todos los muestreos) del registrado en los testigos (entre 3-5 abejas/inflorescencia), con excepción de imidacloprid a los 2 DDA que presentó 1 abeja/inflorescencia. A los 5 DDA el número de abejas/árbol estuvo comprendido entre 4-8 en todos los tratamientos y no fue significativamente distinto ($P = 0.46$) de lo observado en los testigos (entre 5-8 abejas/inflorescencia), con excepción de ciantraniliprol que presentó 3 abejas/inflorescencia.

Cuadro 5. Número de abejas/inflorescencia de aguacate (variedad Hass) después de la aplicación de diversos insecticidas en los sitios El Durazno (ED) y Las Puentes (LP).

Tratamientos	Días después de la aplicación									
	1		2		3		4		5	
	ED ¹	LP ²	ED ³	LP ⁴	ED ⁵	LP ⁶	ED ⁷	LP ⁸	ED ⁹	LP ¹⁰
Testigo	3.4±0.9a	3.8±0.6ba	3.8±0.5a	2.8±0.3a	3.0±0.7a	2.8±0.3a	4.6±0.8a	2.8±0.7a	7.0±1.5a	5.2±0.8ba
Flupyradifurone	3.2±0.5a	3.6±0.6bac	3.2±0.8a	3.0±0.5a	3.0±0.7a	1.8±0.3a	2.2±0.8b	3.8±0.8a	8.2±1.9a	4.0±1.2ba
Spirotetramat	3.0±0.6a	2.2±0.5bc	2.8±0.5a	1.6±1.3ba	3.0±0.7a	2.4±0.5a	2.0±0.7b	3.2±0.3a	8.2±1.9a	4.4±1.2ba
Espinetoram	2.0±0.7a	2.4±0.6bc	3.2±0.6a	2.6±0.6ba	3.0±0.7a	2.8±0.5a	4.4±0.8a	3.0±0.7a	7.2±1.0a	5.6±1.12ba
Ciantraniliprol	3.4±0.5a	4.4±0.7a	2.4±0.5a	2.4±0.5ba	3.0±0.7a	2.0±0.3a	3.0b±0.7a	3.0±0.7a	5.4±1.7a	2.6±0.9b
Imidacloprid	2.6±0.5a	1.8±0.4c	3.0±0.7a	1.2±0.5b	3.0±0.7a	2.2±0.5a	3.0±0.7ba	3.2±0.6a	5.2±1.5a	6.0±0.7a
Azadiractina	3.4±0.5a	3.4±0.5bac	3.8±0.4a	2.6±0.4b	3.0±0.7a	2.2±0.7a	3.0±0.8ba	3.2±0.7a	6.6±1.5a	4.8±1.3ba

Dentro de la misma columna, medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes (P <0.05).

¹F = 0.62, gl = 6, 24; P = 0.70. ²F = 2.33, gl = 6, 24; P = 0.06. ³F = 0.76, gl = 6, 24; P = 0.61. ⁴F = 1.60, gl = 6, 24; P = 0.19. ⁵F = 0.0, gl = 6, 24; P = 1.0. ⁶F = 0.65, gl = 6, 24; P = 0.69. ⁷F = 1.88, gl = 6, 24; P = 0.12. ⁸F = 0.98, gl = 6, 24; P = 0.43. ⁹F = 0.54, gl = 6, 24; P = 0.76. ¹⁰F = 0.97, gl = 6, 24; P = 0.46.

Respecto a la efectividad biológica en ambos sitios de estudio, ciantraniliprol fue el insecticida que causó mayor disminución del número de trips, con valores entre 82 y entre 98% durante todo el experimento, seguido de flupyradifurone que, sin embargo, sólo presentó su mayor efecto después de los 14 DDA (Cuadro 6). Mientras que imidacloprid y spirotetramat a partir de los 14 y 21 DDA, respectivamente, presentaron mayor eficacia, pero menor que ciantraniliprol y flupyradifurone. En el caso de espinetoram desde los 3, y hasta los 14 DDA, se presentó con su mayor efecto sobre las poblaciones de trips con porcentajes promedio de entre el 70 y 90%; a partir de los 21 días su efectividad biológica disminuyó comparado con ciantraniliprol y flupyradifurone. Azadiractina tuvo el menor efecto sobre los trips comparado con los demás insecticidas con porcentajes de efectividad biológica entre 14 y 73% desde los 3 hasta los 28 DDA.

Cuadro 6. Eficacia (%) de diferentes insecticidas sobre el complejo de trips en los sitios El Durazno (ED) y Las Puentes (LP).

Insecticidas	Días después de la aplicación									
	3		7		14		21		28	
	ED	LP	ED	LP	ED	LP	ED	LP	ED	LP
Flupyradifurone	38.7	77.1	70.6	89.6	85.8	85.3	87.1	82.0	88.2	84.9
Spirotetramat	29.5	51.3	62.2	76.9	78.0	72.9	83.7	75.2	87.8	77.5
Espinetoram	70.5	82.3	84.4	92.6	89.4	84.3	84.0	76.9	79.8	72.2
Ciantraniliprol	82.3	86.8	91.8	97.9	87.6	86.2	88.5	85.8	89.4	90.3
Imidacloprid	60.0	68.7	72.3	84.8	81.5	82.4	84.7	72.7	85.2	81.1
Azadiractina	41.0	13.9	55.0	63.8	73.0	69.4	71.2	58.7	71.7	68.1

En cuanto a las especies de trips, en los dos sitios de estudio se identificaron a *Scirtothrips perseae* Nakahara y *Frankliniella brunnescens* Presner. Además, en el sitio Las Puentes se presentó la especie *Frankliniella occidentalis* Pergande.

8.2. Toxicidad de los insecticidas sobre la abeja *A. mellifera* en laboratorio

8.2.1. Tratamiento por ingestión

La mortalidad causada sobre los adultos de la abeja *A. mellifera* dependió del insecticida utilizado. A las 4 h post-tratamiento (hpt), las tres concentraciones ensayadas de imidacloprid causaron 100% de mortalidad, mientras que en el resto de los insecticidas (ciantraniliprol, flupyradifurone, espinetoram, spirotetramat y azadiractina) fue $\leq 6\%$ (Cuadro 7). A las 12 hpt la mortalidad aumentó a 16% en la concentración máxima de espinetoram, mientras que en las otras dos concentraciones de este insecticida y los insecticidas ciantraniliprol, flupyradifurone, spirotetramat y azadiractina continuaron con una mortalidad $\leq 6\%$. A partir de las 24 hpt, las tres concentraciones ensayadas de espinoteram causaron más de 60% de mortalidad, mientras que a las 48 h fue 100%. La mortalidad acumulada causada por azadiractina, flupyradifurone, ciantraniliprol y spirotetramat fue $\leq 26\%$ a las 72 y hasta las 96 hpt.

De acuerdo con la escala toxicológica propuesta por la OILB, los insecticidas imidacloprid y espinetoram, en sus tres concentraciones ensayadas, fueron altamente tóxicos (categoría 4), mientras que ciantraniliprol, flupyradifurone, spirotetramat y azadiractina fueron los de menor impacto (categoría 1) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Mortalidad de adultos de abejas después de la aplicación por ingestión de diversos insecticidas.

Tratamientos	Concentraciones	Mortalidad (%)						Clasificación OILB
		4 h ¹	12 h ²	24 h ³	48 h ⁴	72 h ⁵	96 h ⁶	
Testigo		0.0±0.0c	0.0±0.0d	0.0±0.0d	0.0±0.0e	0.0±0.0f	0.0±0.0f	
	Mínima	0.0±0.0c	0.0±0.0d	0.0±0.0d	2.0±1.9ed	8.0±1.9fde	10.0±0.0cde	1
Azadiractina	Media	0.0±0.0c	0.0±0.0d	0.0±0.0d	6.0±2.4cebd	6.0±2.4fde	6.0±2.4fde	1
	Máxima	0.0±0.0c	0.0±0.0d	0.0±0.0d	6.0±2.4cebd	6.0±2.4fde	6.0±2.4fde	1
	Mínima	0.0±0.0c	4.0±2.4cd	4.0±2.4d	6.0±2.4cebd	10.0±3.1cde	14.0±2.4cd	1
Ciantraniliprol	Media	0.0±0.0c	6.0±3.9cd	3.0±3.1d	12.0±4.8cb	12.0±4.8cd	16.0±5.9c	1
	Máxima	0.0±0.0c	0.0±0.0d	2.0±1.9d	2.0±1.9ed	2.0±1.9fe	2.0±1.9fe	1
	Mínima	0.0±0.0c	0.0±0.0d	2.0±1.9d	2.0±1.9ed	8.0±3.7fde	18.0±1.9cb	1
Spirotetramat	Media	0.0±0.0c	2.0±1.9cd	4.0±2.4d	6.0±2.4cebd	8.0±1.9fde	10.0±3.1cde	1
	Máxima	2.0±1.9cb	6.0±3.9cd	8.0±5.8d	14.0±5.9b	18.0±5.8cb	18.0±5.8cb	1
	Mínima	6.0±3.9b	8.0±4.8cb	8.0±4.8d	8.0±4.8cebd	12.0±3.7cd	14.0±3.9cd	1
Flupyradifurone	Media	2.0±1.9cb	2.0±1.9cd	4.0±2.4d	4.0±2.4ced	10.0±4.4cde	10.0±4.4cde	1
	Máxima	0.0±0.0c	2.0±1.9cd	4.0±2.4d	10.0±5.4cbd	24.0±6.7b	26.0±6.7b	1
	Mínima	2.0±1.9cb	6.0±3.9cd	74.0±8.7cb	100.0±0.0a	100.0±0.0a	100.0±0.0a	4
Imidacloprid	Media	2.0±1.9cb	4.0±2.4cd	64.0±9.2c	100.0±0.0a	100.0±0.0a	100.0±0.0a	4
	Máxima	6.0±3.9b	16.0±8.1b	82.0±8.6b	100.0±0.0a	100.0±0.0a	100.0±0.0a	4
	Mínima	100.0±0.0a	100.0±0.0a	100.0±0.0a	100.0±0.0a	100.0±0.0a	100.0±0.0a	4
Espinetoram	Media	100.0±0.0a	100.0±0.0a	100.0±0.0a	100.0±0.0a	100.0±0.0a	100.0±0.0a	4
	Máxima	100.0±0.0a	100.0±0.0a	100.0±0.0a	100.0±0.0a	100.0±0.0a	100.0±0.0a	4

Dentro de la misma columna, medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes.

¹F = 543.14, gl = 18, 76; P = <0.0001. ²F = 158.75, gl = 18, 76; P = <0.0001. ³F = 93.41, gl = 18, 76; P = <0.0001. ⁴F = 246.85, gl = 18, 76; P = <0.0001. ⁵F = 193.34, gl = 18, 76; P = <0.0001. ⁶F = 183.84, gl = 18, 76; P = <0.0001.

8.2.2. Tratamiento tópico

La mortalidad de los adultos de abejas dependió del insecticida utilizado (Cuadro 8). A las 4 hpt todos los insecticidas causaron baja mortalidad ($\leq 8\%$), con excepción de las concentraciones media (34%) y máxima (38%) de flupyradifurone y la concentración máxima de espinetoram (24%). De las 12 a las 96 hpt las concentraciones media y máxima de flupyradifurone presentaron una mortalidad $\leq 88\%$ y en imidacloprid fue de 96%; mientras que las concentraciones media y alta de espinetoram alcanzaron el 100% de mortalidad a partir de las 24 hpt y su concentración mínima alcanzó el 100% hasta las 72 hpt. Ciantraniliprol, spirotetramat y la concentración mínima de flupyradifurone presentaron similitud entre el 34 y 46% de mortalidad, mientras que en azadiractina fue ≤ 6 .

Con base en la escala de la OILB, las tres concentraciones de espinetoram resultaron altamente tóxicas (categoría 4), mientras que imidacloprid fue de toxicidad moderada (categoría 3), ciantraniliprol en su concentración media resultó inofensivo (categoría 1) y para las concentraciones baja y alta ligeramente tóxico (categoría 2). Flupyradifurone en las concentraciones mínima y media fue ligeramente tóxico (categoría 2) y en la concentración máxima moderadamente tóxico (categoría 3), spirotetramat ligeramente tóxico (categoría 2) y azadiractina fue inofensivo (categoría 1) hacia las abejas a través del ensayo de aplicación tópica (Cuadro 8).

Cuadro 8. Mortalidad de adultos de abejas después de la aplicación tópica de diversos insecticidas.

Tratamientos	Concentraciones	Mortalidad (%)						Clasificación OILB
		4 h ¹	12 h ²	24 h ³	48 h ⁴	72 h ⁵	96 h ⁶	
Testigo		0.0±0.0d	0.0±0.0e	0.0±0.0h	0.0±0.0g	0.0±0.0i	0.0±0.0f	
	Mínima	0.0±0.0d	0.0±0.0e	0.0±0.0h	0.0±0.0g	0.0±0.0i	2.0±2.0f	1
Azadiractina	Media	0.0±0.0d	0.0±0.0e	0.0±0.0h	0.0±0.0g	0.0±0.0i	4.0±2.4f	1
	Máxima	0.0±0.0d	0.0±0.0e	0.0±0.0h	0.0±0.0g	6.0±2.0fg	6.0±2.4f	1
	Mínima	0.0±0.0d	2.0±2.0ed	0.0±0.0h	6.0±2.4fg	38.0±4.8fg	44.0±4.0ed	2
Ciantraniliprol	Media	0.0±0.0d	0.0±0.0e	2.0±4.0hg	8.0±2.4feg	14.0±2.4h	34.0±6.0e	1
	Máxima	0.0±0.0d	4.0±2.4ed	38.0±4.8d	38.0±4.8d	40.0±6.3fe	46.0±6.7ed	2
	Mínima	0.0±0.0d	4.0±2.4ed	4.0±2.4hg	16.0±2.8e	28.0±2.8g	38.0±4.0e	2
Spirotetramat	Media	2.0±2.0dc	8.0±3.7ed	12.0±3.7feg	14.0±2.4fe	36.0±6.0fg	44.0±6.7ed	2
	Máxima	0.0±0.0d	6.0±2.4ed	8.0±2fhg	14.0±2.4fe	36.0±6.0fg	46.0±5.8ed	2
	Mínima	4.0±2.4dc	4.0±2.4ed	8.0±2fhg	10.0±0.0fe	16.0±2.4h	34.0±4.0e	2
Flupyradifurone	Media	34.0±4.0a	38.0±3.7c	40.0±4.4d	42.0±4.8dc	50.0±5.4e	52.0±3.7d	2
	Máxima	38.0±4.8a	64.0±8.1b	72.0±8.6b	78.0±7.3b	84.0±9.2bc	86.0±7.4bc	3
	Mínima	0.0±0.0d	14.0±7.4d	18.0±5.0fe	40.0±4.4d	68.0±4.8d	80.0±3.7c	3
Imidacloprid	Media	0.0±0.0d	2.0±2.0ed	20.0±5.8e	50.0±4.4c	76.0±4.8dc	88±5.4bac	3
	Máxima	0.0±0.0d	34.0±2.4c	56.0±5.0c	72.0±6.6b	90.0±3.1ba	96±2.4ba	3
	Mínima	0.0±0.0d	34.0±8.7c	66.0±2.4cb	92.0±2.4a	100.0±0.0a	100.0±0.0a	4
Espinetoram	Media	8.0±2.0c	86.0±9.5a	100.0±0.0a	100.0±0.0a	100.0±0.0a	100.0±0.0a	4
	Máxima	24.0±2.1b	82.0±9.0a	100.0±0.0a	100.0±0.0a	100.0±0.0a	100.0±0.0a	4

Dentro de la misma columna, medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes (P <0.05).

¹F = 30.97, gl = 18, 76; P = <0.0001. ²F = 37.34, gl = 18, 76; P = <0.0001. ³F = 75.46, gl = 18, 76; P = <0.0001. ⁴F = 104.45, gl = 18, 76; P = <0.0001.

⁵F = 78.26, gl = 18, 76; P = <0.0001. ⁶F = 70.48, gl = 18, 76; P = <0.0001.

9. DISCUSIÓN

El uso de nuevas moléculas con propiedades insecticidas implica la evaluación de su efectividad en campo sobre diversas plagas agrícolas. Sin embargo, en el momento de realizar las aplicaciones de estas moléculas para el control de los insectos plaga, la abeja europea, *A. mellifera*, así como otros organismos benéficos, también están expuestos a los mismos. Por ello, es indispensable estudiar la compatibilidad que estos compuestos de síntesis puedan tener sobre estos organismos (Hardstone y Scott, 2010; Rişcu y Bura, 2013).

En este estudio, el insecticida ciantraniliprol fue el más efectivo en las pruebas de campo debido a que redujo, en mayor proporción, el número de trips/inflorescencia en árboles de aguacate. Previamente, Bielza y Guillen (2015) reportaron que este insecticida puede ser utilizado en programas de manejo integrado de plagas ya que no presenta resistencia cruzada con otros compuestos. Aunque en el presente estudio no se registró la mortalidad del complejo de trips, ésta pudo ser la principal causa de la disminución de las poblaciones de estos insectos en los árboles tratados con este compuesto.

Previamente se ha reportado que, además de la mortalidad, ciantraniliprol puede causar otros efectos en los insectos plaga. En tratamiento aplicado sobre chile *Capsicum annum* L., este compuesto causó un efecto antialimentario en los trips *F. occidentalis* y *Frankliniella fusca* Hinds. (Thysanoptera: Thripidae) (Jacobson y Kennedy, 2013), y también ha ocasionado el mismo efecto antialimentario en ninfas de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) (Tiwari y Stelinski 2013) y *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) (Rattan *et al.* 2015). Este efecto también puede contribuir en la reducción de las poblaciones de insectos y, como consecuencia, el daño causado a los cultivos.

En el caso de imidacloprid, los resultados del presente estudio arrojaron una disminución de las poblaciones del complejo de trips entre el 70 y 80%, los cuales son similares a los reportados (70%) por Byrne *et al.* (2007) sobre poblaciones del trips *S.*

perseae al aplicar este insecticida sobre árboles de aguacate en el estado de California, Estados Unidos. De igual forma, imidacloprid disminuyó $\leq 90\%$ la población de *F. occidentalis* cuando se aplicó a concentraciones bajas (0.1 y 0.05%) sobre el cultivo de tomate en invernadero (Narkiewics *et al.* 2004). La alta eficacia de este insecticida se debe a su acción sistémica y a su persistencia en las hojas, la cual, en el cultivo de aguacate fue de hasta nueve semanas después de la aplicación (Byrne *et al.* 2007).

En condiciones de laboratorio, spirotetramat causó ≤ 20 y 85% de mortalidad sobre ninfas y adultos de *F. occidentalis*, respectivamente (Guillen *et al.* 2014). En condiciones de campo, spinosad (compuesto de la misma familia que espinetoram) redujo casi tres veces las poblaciones del complejo de trips (≤ 6 trips/brote vegetativo y floral), en comparación con los obtenidos en los testigos (16 trips/brote vegetativo y floral) cuando se aplicó a árboles de aguacate (Coria 2003). Además, el efecto de este compuesto tuvo una duración de 21 DDA, similar a los resultados obtenidos en este estudio con el insecticida espinetoram, cuya eficacia disminuyó a partir de los 21 DDA y la población del complejo de trips incrementó ligeramente en comparación a los demás insecticidas. Similar a spinosad, espinetoram tiene un efecto translaminar (Dripps *et al.*, 2011), lo que pudo ayudar a su persistencia en las inflorescencias de los árboles de aguacate. Esta amplia persistencia de espinetoram podría tener un impacto significativo sobre varios aspectos del manejo integrado de este cultivo. Además, los efectos subletales causados por espinetoram sobre la fecundidad y fertilidad [ejemplo, *Tetranychus urticae* Koch. (Acari: Tetranychidae), Wang *et al.* 2016] y en la longevidad sobre adultos de *Deraeocoris brevis* Uhler (Hemiptera: Miridae) (Amarasekare y Shearer, 2013] pueden continuar afectando, por largos periodos de tiempo, a las ninfas y adultos del complejo de trips presentes en el cultivo de aguacate en las siguientes generaciones.

La eficacia de azadiractina fue menor comparada con el resto de los insecticidas ensayados. Esto se debe a que este compuesto actúa como un regulador de crecimiento de los insectos, interfiriendo en el desarrollo de los mismos y con efecto antialimentario (Mordue y Nisbet, 2000; El-Wakeil, 2013). Esto ocasiona que el efecto

de este compuesto sea más lento comparado con el que presentan los compuestos neurotóxicos, tales como el resto de los evaluados en este estudio. Melathopoulos *et al.* (2000) no obtuvieron efecto de la azadiractina sobre poblaciones de abejas adultas en evaluaciones de campo, lo cual respalda nuestros resultados.

Existe controversia sobre los efectos en la mortalidad que los insecticidas neonicotinoides tienen sobre las abejas debido a que las metodologías utilizadas han sido variadas y con resultados muy diferentes entre ellos (Cresswell *et al.*, 2012; Fairbrother *et al.*, 2014; Lundin *et al.*, 2015). En tratamiento por ingestión, *A. mellifera* fue muy susceptible a imidacloprid en comparación con thiametoxam y dinotefuran (Medrzycki *et al.* 2003). Estos autores reportaron que entre 30 y 60 minutos pos-aplicación, la capacidad de movilidad y orientación de las abejas fue afectada por imidacloprid. Williamson y Wright (2013) mencionaron que los residuos de imidacloprid o la exposición a dosis subletales pueden afectar el comportamiento de las abejas a través de la pérdida de su capacidad de aprendizaje y memoria. Por lo tanto, la presencia de residuos de insecticidas neurotóxicos, como los evaluados en el presente estudio, pudo ser la causa del bajo número abejas/inflorescencia registrado en los árboles de aguacate en ambos sitios de estudio. Esto puede ser soportado por los estudios de Shires *et al.* (2006), quienes documentaron una reducción en la capacidad de forrajeo de *A. mellifera* y la frecuencia de visita a las flores al aplicar en campo a los insecticidas paration metílico y cipermetrina, los cuales también tienen efecto neurotóxico.

Por otro lado, Kessler *et al.* (2015) señalaron que las abejas no pueden evitar su exposición a los insecticidas neonicotinoides imidacloprid, thiametoxam y clotiadin, ya que en evaluaciones vía ingestión las abejas prefirieron alimentarse de polen y néctar contaminado por estos insecticidas que de polen y néctar sin tratar. Esto representa un peligro considerable en el momento del forrajeo y puede afectar directamente a la colonia al transportar material contaminado. En contraste, ciantraniliprol, no causó ningún efecto sobre la abeja europea cuando se asperjó sobre plantas de tomate *Solanum lycopersicum* L. en condiciones de semicampo (Dinter y Samel 2014).

En el caso de los insecticidas, espinetoram, spirotetramat y flupyradifurone, al momento no hay estudios que demuestren su efecto sobre las abejas en campo, lo que este estudio representa el primer reporte del efecto de estos insecticidas sobre este organismo benéfico.

Thompzon (2003) y Melisie *et al.* (2015) sugirieron la importancia de evaluar los riesgos toxicológicos de los insecticidas antes de su aplicación y recomendación en condiciones de campo. Los resultados en el ensayo de ingestión con imidacloprid, que causó el 100% de mortalidad desde las 4 h pos-tratamiento, concuerdan con los mencionados por Suchail *et al.* (2004), quienes realizaron bioensayos vía ingestión y reportaron mortalidad de 100% a partir de este mismo periodo de tiempo pos-tratamiento. De igual forma, en tratamiento por ingestión, Laurino *et al.* (2013) reportaron que la mortalidad causada por imidacloprid sobre *A. mellifera* fue poco más de 40% a las 24 h pos-tratamiento pero incrementó a 100% a las 72 h.

En un tratamiento tópico, Suchail *et al.* (2004) observaron 100% de mortalidad de abejas después 72 h de la aplicación, lo cual concuerda con lo observado en el presente estudio donde se registró 100% de mortalidad en este mismo periodo de tiempo en la CMáxRC. Los insecticidas neonicotinoides imidacloprid, thiametoxam y acetamiprid también fueron altamente tóxicos para *A. mellifera*, ya que al aplicarlo tópicamente causaron 99% de mortalidad (Zhu *et al.* 2015).

Ramaudi y Cutler (2013) reportaron que spirotetramat fue más tóxico en tratamiento por ingestión que en tratamiento tópico sobre el abejorro *Bombus impatiens* Cresson (Hymenoptera: Apidae). Al respecto, estos autores reportaron alta mortalidad (>50%) cuando el compuesto se aplicó vía oral que cuando se aplicó tópicamente (0% de mortalidad) a los 10 días después del tratamiento. Estos resultados difieren de los obtenidos en el presente estudio donde este insecticida tuvo menor mortalidad vía ingestión ($\leq 18\%$) que cuando se aplicó vía tópica (80-96%).

La mortalidad causada por azadiractina sobre los adultos de *A. mellifera* fue muy similar cuando se aplicó vía ingestión y tópicamente ($\leq 10\%$ y $\leq 6\%$, respectivamente), lo que coincide con lo reportado ($\leq 10\%$ de mortalidad) previamente

por Acka *et al.* (2009) y Efrom *et al.* (2012) al tratar tópicamente a adultos de este insecto con este insecticida. De igual forma, en otro polinizador, *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae), Barbosa *et al.* (2015) no registraron mortalidad al proporcionarle alimento contaminado (agua con azúcar) con este insecticida durante 11 semanas. Sin embargo, después de este tiempo se observaron efectos subletales tales como deformidades en alas, patas y antenas. En el presente estudio, no se determinaron estos efectos, pero más estudios están en proceso para valorar el impacto real de la aplicación de este insecticida botánico sobre el principal polinizador *A. mellifera* en el cultivo de aguacate.

Existe una amplia información acerca de la compatibilidad de los insecticidas pertenecientes al grupo de las spinosinas con los enemigos naturales (parasitoide y depredadores) y polinizadores (ejemplo, *B. terrestris*) cuando estos compuestos se usan a las dosis recomendadas de campo (Williams *et al.*, 2003; Mayes *et al.*, 2003; Morandin *et al.*, 2005; Srivastava, 2008; Miles *et al.*, 2011; Besard *et al.*, 2011). Sin embargo, espinetoram fue el compuesto más tóxico para las abejas en el presente estudio ya que registró 100% de mortalidad a las 4 y 24 h, en los ensayos por ingestión y tópico, respectivamente. Similarmente, Milles (2003) y Husain *et al.* (2013) evaluaron diferentes concentraciones de spinosad sobre *A. mellifera* y encontraron que este insecticida fue muy tóxico debido a que causó más del 90% de mortalidad a las 15 h pos-tratamiento.

En el caso de spirotetramat existen estudios sobre otros insectos benéficos. Cuando las larvas de *Chrysoperla zastrowisillemi* (Esberson Peterson) (Neuroptera: Chrysopidae) se trataron residualmente, este compuesto causó 28% de mortalidad (Amala *et al.* 2015). Lo cual concuerda con nuestro ensayo por ingestión con una mortalidad $\leq 18\%$; sin embargo, en el ensayo tópico spirotetramat registró entre 38-46% de mortalidad, alcanzado la categoría de ligeramente tóxico. Abbes *et al.* (2015) reportan a ciantraniliprol con mortalidad $\leq 30\%$ en ensayos vía tópica sobre el parasitoide *Bracon nigricans* Szépliget (Hymenoptera: Braconidae), mientras en nuestro estudio, la mortalidad de este insecticida sobre *A. mellifera* estuvo entre 34-46%.

Los resultados obtenidos en este estudio tienen implicaciones importantes para el manejo del complejo de trips en aguacate con los insecticidas flupyradifurone, spirotetramat, ciantraniliprol, imidacloprid, azadiractina y espinoteram, y su efecto sobre la abeja europea, *A. mellifera*, la cual es muy abundante en los huertos de aguacate en el estado de Michoacán. Para ciantraniliprol, spirotetramat y flupyradifurone este estudio representa el primer reporte sobre su efecto sobre el complejo de trips en el cultivo de aguacate en campo. Al ser moléculas recientemente liberadas en el mercado, es necesario hacer un uso eficiente de los mismos con el fin de incrementar su vida útil.

Los bioensayos con insecticidas, tradicionalmente usados o de nueva liberación en el mercado, juegan un papel muy importante porque a través de ellos se puede conocer sus efectos sobre los insectos polinizadores como el caso de la abeja europea *A. mellifera*. La introducción de este organismo polinizador a los huertos de aguacate en el estado de Michoacán, es una práctica cada vez más extendida con el fin de incrementar la producción y calidad de la misma. Por lo tanto, el conocimiento de los efectos causados por diferentes insecticidas sobre *A. mellifera*, es muy importante porque permite seleccionar a los compuestos que presentan un mejor perfil toxicológico para este organismo benéfico. Además, es importante que se realice una rotación de los compuestos que actualmente se utilizan, y se incorporen compuestos con diferente modo de acción, como los evaluados en este estudio para mantener su efectividad por largos periodos de tiempo.

10. CONCLUSIONES

- La disminución de la población del complejo de trips y la abeja europea, *A. mellifera*, en condiciones de campo y laboratorio dependió del modo de acción de los insecticidas utilizados.
- En ambos sitios experimentales, ciantraniliprol causó la mayor eficacia (86-98%) sobre las poblaciones de trips comparado con los demás insecticidas.
- El número de abejas por inflorescencia fue menor entre los 4 y 5 días después de las aplicaciones de los insecticidas. Después de este periodo, los únicos insecticidas que mantuvieron baja las poblaciones de estos insectos fueron ciantraniliprol y flupyradifurone.
- Las tres concentraciones ensayadas de imidacloprid y espineteram fueron altamente tóxicas para las abejas por ingestión, mientras que en el tratamiento tópico espineteram fue el más activo.
- Estos resultados indican que las poblaciones de trips en aguacate pueden ser afectadas por la mayoría de los insecticidas ensayados; sin embargo, varios de estos pueden ser dañinos sobre las poblaciones de abejas. Estos resultados podrían ser considerados antes de diseñar un programa de MIP, en donde se pretenda no sólo controlar al complejo de trips, sino también garantizar una adecuada polinización y producción del fruto.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Abbes K., A. Biondi, A. Kurtulus, M. Ricupero, A. Russo, G. Siscaro, B. Chermiti y L. Zappalá. 2015. Combined non-target effects of insecticide and high temperature on the parasitoid *Bracon nigricans*. *PLoS ONE* 10(9): e0138411. <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0138411> (Accesado el 28 de diciembre de 2015).
- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economical Entomology*, 18: 265-267.
- Aizen, M. A., L. A. Garibaldi, S. A. Cunningham y A. M. Klein. 2009. How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Annals of Botany*, 103: 1579-1588.
- Akca, I., C. Tunker, A. Guler y I. Saruhan. 2009. Residual toxicity of 8 different insecticides on honey bee (*Apis mellifera* Hymenoptera: Apidae). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(3): 436-440.
- Alcántar, R. J. J. 2008. Requerimientos agroecológicos. pp. 17-27. En: Coria, A.V.M. (Ed.). Tecnología para la producción de aguacate en México. Libro Técnico Núm. 8. SAGARPA – INIFAP. 2a. Edición. Uruapan, Michoacán, México.
- Álvarez del Toro, A. 2002. Importancia de la polinización en el aguacate. pp 85-89. En: Memoria del 2º Seminario de Polinización con Abejas. Subcomité Estatal de Apicultura, A.C. Uruapan, Michoacán.
- Amala, U., C. Chinniah, I. S. Sawant, N. Muthukrishnan y C. Muthiah 2015. Safety evaluation of spirotetramat 150 OD against predator *Chrysoperla zastrowisillemi* (Esberson Peterson) (Neuroptera: Chrysopidae) under laboratory conditions. *Journal of Biopesticides*, 8(1):52-55.
- Amarasekare, K. G. y P. W. Shearer. 2013. Laboratory bioassays to estimate the lethal and sublethal effects of various insecticides and fungicides on *Deraeocoris brevis* (Hemiptera: Miridae). *Journal of Economic Entomology*, 106(2):776-785.

- Arpaia, M. L., A. E. Fetscher y R. Hofshi. 2001. Avocado flowering basics. *AvoResearch*, 1(2): 4-5.
- Ascención-Betanzos, G., H. Bravo-Mojica, H. González-Hernández, R. Johansen-Naime y A. E. Becerril-Román 1999. Fluctuación poblacional y daño de trips en aguacate cv. Hass. *Revista Chapingo Serie Hortícola*, 5: 291-296.
- Atkins, E. L. 1992. Injury to honey bees by poisoning. pp. 1153-1208. En: J.M. Graham (Ed.). *The Hive and the Honey Bee*. Dadant and Sons, Hamilton, IL.
- Ávila-Quezada, G. D., D. Téliz-Ortiz, H. Vaquera-Huerta, H. González-Hernández y R. Naime-Johansen. 2005. Progreso temporal del daño por trips (Insecta:Thysanoptera) en aguacate (*Persea americana* Mill.). *Agrociencia*, 39(4): 441-447.
- Barbosa, W. F., L. De Meyer, C. R. N. Guedes y G. Samaghe. 2015. Lethal and sublethal effects of azadirachtin on the bumblebee *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). *Ecotoxicology*, 24(1):130-42.
- Bárcenas-Ortega, A.E. 2002. Botánica y ecología del aguacate Hass en Michoacán. Serie: El cultivo del aguacate en México. Fascículo 1. Facultad de Agrobiología, "Presidente Juárez". Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Michoacán. 40 p.
- Barry, J. D., H. E. Portillo, I. B. Annan, R. A. Cameron, D. G. Clagg, R. F. Dietrich, L. J. Watson, R. M. Leighty, D. L. Ryan, J. A. McMillan, R. S. Swain y R. A. Kaczmarczyk, 2015. Movement of cyantraniliprole in plants after foliar applications and its impact on the control of sucking and chewing insects. *Pest Management Science*, 71(3): 395-403.
- Bayer AG. 2015. Sivanto Prime. <http://www.sivanto.bayer.com/es/acerca-de-sivanto.html> (Accesado el 15 de diciembre de 2015).
- Belzuces, L. P., S. Tchamitchian y J. L. Brunet. 2012. Neural effects of insecticides in the honey bee. *Apidologie*, 43(3): 348-370.

- Besard, L., V. Mommaerts, G. Abdu-Alla y G. Smagghe. 2011. Lethal and sublethal side-effect assessment supports a more benign profile of spinetoram compared with spinosad in the bumblebee *Bombus terrestris*. *Pest Management Science*, 67(5): 541-547.
- Bielza, P. y J. Guillen. 2015. Cyantraniliprole: a valuable tool for *Frankliniella occidentalis* (Pergande) management. *Pest Management Science*, 71(8): 1068-1074.
- Brittain, C. y S. G. Potts. 2011. The potential impacts of insecticides on the life-history traits of bees and the consequences for pollination. *Basic and Applied Ecology*, 12(4): 321-331.
- Brück, E., A. Elbert, R. Fischer, S. Krueger, J. Kühnhold, A. M. Klueken, R. Nauen, J. F. Niebes, U. Reckman, H. J. Schnorbach, R. Steffens y X. van Waetermeulen. 2009. Movento®, an innovative ambimobile insecticide for sucking insect pest control in agriculture: biological profile and field performance. *Crop Protection*, 28(10): 838-844.
- Byrne, F. J., N. C. Toscano, A. A. Urena y J. G. Morse. 2007. Toxicity of systemic neonicotinoid insecticides to avocado thrips in nursery avocado trees. *Pest Management Science*, 63(9):860-866.
- Camero, C. O. J., R. N. Johansen, A. S. Retana, M. O. García, S. M. Cantú y C. C. Carvajal. 2010. Trips (Thysanoptera) del aguacate (*Persea americana*) en Nayarit, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 36(1): 47-51.
- Carapia-Ruiz, V. y A. Castillo-Gutiérrez. 2011. Estudios del género *Paraleyrodes* Cockerell (Hemiptera: Aleyrodidae) y clave para México. *Investigación Agropecuaria*, 8(1): 62-68.
- Castañeda, G. E. L. 2001. Fluctuación poblacional, especies de trips en diferentes cultivares de aguacate y efectividad biológica de insecticidas en Coatepec Harinas, Estado de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 104 p.

- Castañeda-Vildózola, A., A. Equihua-Martínez, J. Valdés-Carrasco, A. F. Barrientos-Priego, G. Ish-Am y S. Gazit. 1999. Insectos polinizadores del aguacatero en los estados de México y Michoacán. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5: 129-136.
- Cordova, D., E. A. Benner, M. D. Sacher, J. J. Rauh, J. S. Sopa, G. P. Lahm, T. P. Selby, T. M. Stevenson, L. Flexner, S. Gutteridge, D. F. Rhoades, L. Wu, R. M. Smith y Y. Tao. 2006. Anthranilic diamides: a new class of insecticides with a novel mode of action, ryanodine receptor activation. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 84(3): 196-214.
- Coria, A. V. M. 2003. Fluctuación poblacional de trips y efectividad de un insecticida biológico para su control en aguacate. *Agricultura Técnica en México*, 29(2): 193-200.
- Coria, A. V. M. 2008. Manejo Integrado de Plagas. pp. 93-116. En: Coria, A.V.M. (Ed.). Tecnología para la producción de aguacate en México. Libro técnico Núm. 8. SAGARPA-INIFAP. 2ª. Edición. Uruapan, Michoacán, México.
- Couvillon, M. J., R. Schürch y F. L. W. Ratnieks. 2014. Dancing bees communicate a foraging preference for rural lands in high-level agri-environment schemes. *Current Biology*, 24(11):1212-15.
- Cresswell, J. E. 2011. A meta-analysis of experiments testing the effects of a neonicotinoid insecticide (imidacloprid) on honey bees. *Ecotoxicology*, 20(1): 149-157.
- Cresswell, J. E., N. Desneux y P. D. Vanengelsdor. 2012. Dietary traces of neonicotinoid pesticides as a cause of population declines in honey bees: an evaluation by Hill's epidemiological criteria. *Pest Management Science*, 68(6): 819-827.
- Dagli, F. y U. S. Bahsi. 2009. Topical and residual toxicity of six pesticides to *Orius majusculus*. *Phytoparasitica*, 37(5): 399-405.

- Davenport, T. L. 1985. Avocado flowering, pollination y fruit set. *HortScience*, 20: 589.
- De la Cuadra, I. S. 1999. Importancia del manejo y calidad de las colmenas de abejas (*Apis mellifera* L.) en la polinización del palto (*Persea americana* Mill.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5: 144-150.
- De la Cuadra, I. S. y A. F. Rodríguez. 2006. Manejo de abejas para la polinización de paltos. INIA-Chile. *Tierra Adentro*, 22-25.
- Dinter, A. y A. Samel. 2014. Cyantraniliprole: Pollinator profile of the novel insecticides under laboratory, semi-field and field conditions. pp. 28-49. Proceedings of the 12th International Symposium of the ICP-PR Bee Protection Group, Ghent (Belgium), September 15-17, 2014.
- Dripps, J. E., R. E. Boucher, A. Chloridis, C. B. Cleveland, C. V. DeAmicis, L. E. Gomez, D. L. Paroonagian, L. A. Pavan, T. C. Sparks y G. B. Watson. 2011. The Spinosyn Insecticides. pp.163-212. En: López, O. y J. G. Fernández-Bolaños. Green Trends in Insect Control. RSC Publishing. Cambridge, UK.
- Easton, A. H. y D. Goulson. 2013. The neonicotinoid insecticide imidacloprid repels pollinating flies and beetles at field-realistic concentrations. *PLoS ONE* 8(1): e54819. <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0054819> (Accesado el 28 de diciembre de 2015).
- Efrom, C. F. S., L. R. Redaelli, R. N. Meirelles y C. B. Ourique. 2012. Side-effects of pesticides used in the organic system of production on *Apis mellifera* Linnaeus, 1758. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55(1): 47-53.
- Elbert, A., M. Haas, B. Springer, W. Thielert y R. Nauen. 2008. Applied aspects of neonicotinoid uses in crop protection. *Pest Management Science*, 64(11): 1099-1105.
- El-Wakeil, N. E. 2013. Botanical pesticides and their mode of action. *Gesunde Pflanzen*, 65(4):125-149.

- Evans, G. A., G. W. Watson y D. R. Miller. 2009. A new species of armored scale (Hemiptera: Coccoidea: Diaspididae) found on avocado fruit from Mexico and a key to the species of armored scales found on avocado worldwide. *Zootaxa*, 1991: 57-68
- Evans, L. J., R. M. Goodwin y H. M. McBrydie. 2010. Factors affecting 'Hass' avocado (*Persea americana*) fruit set in New Zealand. *New Zealand Plant Protection*, 63: 214-218.
- Fairbrother, A., J. Purdi, T. Anderson y R. Fell. 2014. Risks of neonicotinoid insecticides to honeybees. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 33(4): 719-731.
- Galindo-Tovar, M. E., A. M. Arzate-Fernández, N. Ogata-Aguilar y I. Landero-Torres. 2007. The avocado (*Persea americana*, Lauraceae) crop in Mesoamerica: 10,000 years of history. *Harvard Papers in Botany*, 12(2): 325-334.
- Gazit, S. 2000. La Polinización y amarre en el Aguacate. pp. 85-89. En: Memoria del 2° Seminario de Polinización con Abejas. Subcomité Estatal de Apicultura, A.C. Uruapan, Michoacán.
- Gazit, S. y C. Degani. 2002. Reproductive biology of the avocado. pp. 101-133. En: Whiley, A. W., B. Schaffer y B. N. Wolstenholme (Eds). *The Avocado: Botany, Production and Uses*. CABI Publishing, Wallingford UK.
- Goldarazena, A. 2014. Contribución al conocimiento de la Fauna del Orden Thysanoptera (Clase Insecta, Orden Thysanoptera) en Euskal Herria. NEIKER, Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario. Arkaute, Álava, España. http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/contenidos/informe_estudio/thysanoptera/es_doc/adjuntos/thrips.pdf (Accesado el 6 de mayo de 2015).
- Goldarazena, A. 2015. Orden Thysanoptera. *Revista Idea – SEA*, 52: 1-20.

- González, L. 2015. México es productor global monstruo de aguacate: Grayeb. Viernes 23 de enero de 2015. El Economista. <http://eleconomista.com.mx/industrias/2015/01/23/mexico-productor-global-monstruo-aguacate-grayeb> (Accesado el 5 de mayo de 2015).
- González-Santarosa, M. A., N. Bautista-Martínez, J. Romero-Nápoles, Á. Rebollar-Alviter, J. L. Carrillo-Sánchez y L. M. Hernández-Fuentes. 2014. Population fluctuation and spatial distribution of *Trioza aguacate* (Hemiptera: Triozidae) on avocado (Lauraceae) in Michoacan, Mexico. *Florida Entomologist*, 97(4): 1783-1793.
- Guillen, J., M. Navarro y P. Bielza. 2014. Cross-resistance and baseline susceptibility of spirotetramat in *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economical Entomology*, 107(3): 1239-1244.
- Hardstone, M. C. y J. G. Scott. 2010. Is *Apis mellifera* more sensitive to insecticides than other insects? *Pest Management Science*, 66(11): 1171-1180.
- Hassan, S. A. 1992. Guideline for the evaluation of side effects of plant protection product on *Trichogramma cacoeciae*. International Organisation for Biological Control (IOBC) - West Palaearctic Regional Section (WPRS) Working Group: *Pesticides and Beneficial Organisms Bulletin*, 3:18-39.
- Hernández-Rivero, R., M. de L. C. Arévalo-Galarza, G. Valdovinos-Ponce, H. González-Hernández, J. Valdéz-Carrasco y M. E. Ramírez-Guzmán. 2013. Histología del daño en fruto y rama de aguacate 'Hass' por escamas armadas (Hemiptera: Diaspididae). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(5): 739-751.
- Hoddle, M. S. 2002. Developmental and reproductive biology of *Scirtothrips perseae* (Thysanoptera: Thripidae): a new avocado pest in California. *Bulletin of Entomological Research*, 92(4): 279–285.

- Hoddle, M. S., K. M. Jetter y J. G. Morse 2003. The economic impact of *Scirtothrips perseae* Nakahara (Thysanoptera: Thripidae) on California avocado production. *Crop Protection*, 22(3): 485-493.
- Hoddle, M. S., J. G. Morse, P. A. Phillips, B. A. Faber y K. M. Jetter. 2002. Avocado thrips: new challenge for growers. *California of Agriculture*, 56(3):103-107.
- Huerta-Ramírez, A., R. Ojeda-Basilio, F. J. Avendaño-Gutiérrez, M. B. N. Lara-Chávez, y M. Gutiérrez-Contreras. 2014. Distribución temporal de poblaciones de trips (Thysanoptera: Terebrantia: Thripidae) en cinco municipios de Michoacán. pp. 852-855. En: Estrada-Venegas, E. G., A. P. Chaires-Grijalva, J. A. Acuña-Soto, A. Equihua-Martínez, A. Pescador-Rubio y A. V. Rodríguez-Iglesia (Eds). Sociedad Mexicana de Entomología. Entomología Mexicana, Vol. 13, tomo 1.
- Husain, D., M. Qasim, M. Saleem, M. Akhter y K. A. Khan. 2013. Bioassay of insecticides against three honey bee species in laboratory conditions. *Cercetari Agronomice in Moldova*, 47(2): 69-79.
- Ish-Am, G. y D. Eisikowitch. 1993. The behaviour of honey bees (*Apis mellifera*) visiting avocado (*Persea americana*) flowers y their contribution to its pollination. *Journal of Apicultural Research*, 32: 175-186.
- Ish-Am, G. y D. Eisikowitch. 1998. Low attractiveness of avocado (*Persea americana* Mill.) flowers to honeybees (*Apis mellifera* L.) limits fruit set in Israel. *Journal of Horticultural Science*, 73(2): 195-204.
- Ish-Am, G., A. F. Barrientos-Priego, A. Castañeda-Vildozola y S. Gazit. 1999. Avocado (*Persea americana* Mill.) pollinators in its region of origin. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5: 137-143.
- Isman, M. B. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Reviews of Entomology*, 51:45–66.

- Iwasa T., N. Motoyama, J. T. Ambrose y R. M. Roe. 2004. Mechanism for the differential toxicity of neonicotinoid insecticides in the honey bee, *Apis mellifera*. *Crop Protection*, 23(5): 371–378.
- Jacobson, A. L. y G. G. Kennedy. 2013. Effect of cyantraniliprole on feeding behavior and virus transmission of *Frankliniella fusca* and *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on *Capsicum annuum*. *Crop Protection*, 54: 251-258.
- Jeschke, P. y R. Nauen. 2008. Neonicotinoids – from zero to hero in insecticide chemistry. *Pest Management Science*, 64(11):1084-1098.
- Jeschke, P., R. Nauen, M. Schindler y A. Elbert. 2011. Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(7): 2897-908.
- Jeschke, P., R. Nauen, O. Gutbrod, M. E. Beck, S. Matthiesen, H. Matthias y R. Velten. 2015. Flupyradifurone (Sivanto™) and its novel butenolide pharmacophore: Structural considerations. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 121: 31-38.
- Johansen, C. A. y D. F. Mayer. 1990. Pollinator Protection. A Bee and Pesticide Handbook. Wicwas Press, Cheshire, CT, USA. 212 p.
- Johansen, R. M. y A. Mojica-Guzmán. 1997. Importancia agrícola de trips. 11-18 pp. En: Manual sobre Entomología y Acarología Aplicada. Memorias del Seminario/Curso Introducción a la Entomología y Acarología Aplicada. Mayo 22 al 24, UAEP-SME, Puebla, Puebla. México.
- Johansen, N. R. M., G. A. Mojica, H. González, A. R. Valle, E. L. Castañeda, G. Ávila y C. M. Sosa. 2007. Trips asociados al aguacate en México. pp. 146-152. En: Téliz, D. y G. Mora (Coord.). El aguacate y su manejo integrado. Editorial Mundi-Prensa. Segunda edición. México, D.F.
- Johansen, R. M., A. Mojica-Guzmán y G. Ascensión-Betanzos. 1999. Introducción al conocimiento de los insectos tisanópteros mexicanos, en el aguacatero (*Persea americana* Miller). *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 5:279-285.

- Johnson, R. M. 2015. Honey bee toxicology. *Annual Review of Entomology*, 60:415-34.
- Kevan, P. G. 1999. Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species activity and diversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 373-393.
- Kessler, S., K. L. Simcock, E. J. Tiedeken, S. Derveau, J. Mitchell, S. Softley, J. C. Stout y G. Wriht. 2015. Bees prefer foods containing neonicotinoid pesticides. *Nature*, 521:74-76.
- Kirst, H. A. 2010. The spinosyn family of insecticides: realizing the potential of natural products research. *The Journal of Antibiotics*, 63(3): 101-111.
- Krupke C. H., G. J. Hunt, B. D. Eitzer, G. Andino y K. Given. 2012. Multiple routes of pesticide exposure for honey bees living near agricultural fields. *PLoS One*. 7: e29268. <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0029268> (Accesado el 12 de diciembre de 2015).
- Laurino, D., A. Manino, A. Patetta y M. Porporato. 2013. Toxicity of neonicotinoid insecticides on different honey bee genotypes. *Bulletin of Insectology*, 66(1): 119-126.
- Legocki J., I. Polec y K. Zelechowski. 2008. Contemporary trends in development of active substances possessing the pesticidal properties: ryanodine-receptor targeting insecticides. *Pesticides* 3-4, 15-26.
- Lundin, O., M. Rundlöf, H.G. Smith, I. Fries y R. Bommarco. 2015. Neonicotinoid insecticides and their impacts on bees: a systematic review of research approaches and identification of knowledge gaps. *PlosOne*, 10(8): e0136928. <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0136928> (Accesado el 12 de diciembre de 2015).
- Mayes, M. A., G. D. Thompson, B. Husband y M. M. Miles. 2003. Spinosad toxicity to pollinators and associated risk. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 179:37-71.

- Medrzycki, P., R. Montanari, I. Bortolotti, A. G. Sabatini, S. Maini y C. Porrini. 2003. Effect of imidacloprid administered in sub-lethal doses on honey bee behaviour. Laboratory tests. *Bulletin of Insectology*, 56(1): 59-62.
- Melathopoulos, A. P., M. L. Winston, R. Whittington, H. Higo y M. Le Doux. 2000. Field evaluation of neem and canola oil for the selective control of the honey bee (Hymenoptera: Apidae) mite parasites *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) and *Acarapis woodi* (Acari: Tarsonemidae). *Journal of Economical Entomology*, 93(3):559-67.
- Melisie, D., T. Damte y A. K. Thakur. 2015. Effects of some insecticidal chemicals under laboratory condition on honeybees [*Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae)] that forage on onion flowers. *African Journal of Agricultural Research*, 10(11): 1295-1300.
- Miles, M. 2003. The effects of spinosad a naturally derived insect control agent to the honeybee. *Bulletin of Insectology*, 56:119-124.
- Miles, M. J., A. Alix, C. Bourgouin y S. Schmitzer. 2011. Effects of spinosad on honey bees *Apis mellifera*: Findings from over ten years of testing and commercial use. 11th International Symposium of the ICP-BR Bee Protection Group, Wageningen (The Netherlands).
- Mondal, D. y T. Mondal. 2012. A review on efficacy of *Azadirachta indica* A. Juss. based biopesticides: An Indian perspective. *Research Journal of Recent Sciences*, 1(3): 94-99.
- Morandin, L. A., M. L. Winston, M. T. Franklin y V. A. Abbott. 2005. Lethal and sub-lethal effects of spinosad on bumble bees (*Bombus impatiens* Cresson). *Pest Management Science*, 61(7): 619-26.
- Mordue, A. J. y A. J. Nisbet. 2000. Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: its action against insects. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 29(4): 615-632.

- Moritz, G., D. Morris y L. A. Mound. 2001. Thrips ID. Pest Thrips of the World. An interactive identification and information system. ACIAR. CSIRO. Australia. CD-Rom.
- Morse, J. G., A. A. Urena, E. C. Humeres, L. J. Robinson, A. P. Flores y P. J. Watkins. 2005. Biology, management and resistance monitoring of avocado thrips and perseia mite. pp. 14-23. En: Proceedings, California Avocado Commission Research Symposium, October 29, 2005, California Avocado Commission, Santa Ana, CA. 133 pp.
- Mound, L. A. 1997. Biological diversity, pp. 197-215. En: Lewis, T. (Ed.) Thrips as crop pests. Wallingford, CAB International.
- Mound L. A. y D. A. J. Teulon. 1995. Thysanoptera as phytophagous opportunist. pp 3-20. En: Parker, B. L., M. Skinner y T. Lewis (Eds). Thrips biology and management. Plenum Publishing Corp., New York, USA.
- Mound, L. A. y D. C. Morris. 2007. The insect order Thysanoptera: Classification versus Systematics. *Zootaxa*, 1668: 395-411.
- Narkiewicz, J. J., B. Nawrocka y J. Swietoslowski. 2004. Effectiveness of imidacloprid (ProAgro 100 SL) in the control of glasshouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) and western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) on tomato under cover. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 69(3):141-3.
- Nauen, R., P. Jeschke, R. Velten, M. E. Beck, U. Ebbinghaus-Kintscher, W. Thielert, K. Wölfel, M. Haas, K. Kunz, K. y G. Raupach. 2015. Flupyradifurone: a brief profile of a new butenolide insecticide. *Pest Management Science*, 71(6): 850-862.
- Nauen, R., U. Reckmann, J. Thomzik y W. Thielert. 2008. Biological profile of spirotetramat (Movento®) - a new two-way systemic (ambimobile) insecticide against sucking pest species. *Bayer CropScience Journal*, 61(2): 245-277.

- Peña, J.D. 2003. Insectos polinizadores de frutales tropicales: no solo las abejas llevan la miel al panal. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 69: 6-20.
- Pérez, U.M. 2014. Producción de aguacate Hass mexicano se multiplicó casi 200 veces en 15 años. La Jornada. Lunes 10 de febrero de 2014. <http://www.jornada.unam.mx/2014/02/10/sociedad/039n1soc> (Accesado el 8 de mayo de 2015).
- Pérez-Balam J., J. J. G. Quezada-Euán, R. Alfaro-Bates, S. Medina, L. McKendrick, A. Soro y R. J. Paxton. 2012. The contribution of honey bees, flies and wasps to avocado (*Persea americana*) pollination in southern Mexico. *Journal of Pollination Ecology*, 8(6): 42-47.
- Ramanaidu, K. y G. C. Cutler. 2013. Different toxic and hormetic responses of *Bombus impatiens* to *Beauveria bassiana*, *Bacillus subtilis* and spirotetramat. *Pest Management Science*, 69(8): 949-954.
- Rattan, R., H. Purohit, C. Patel, P. Suvagia, V. Singh, H. Portillo, I. Annan y J. Alvarez. 2015. Effect of cyantraniliprole on feeding cessation of Q biotype *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Advances in Entomology*, 3(2): 56-64.
- Retana-Salazar, A. P. y G. A. Soto-Rodríguez. 2005. Una especie nueva de tisanóptero del genero *Frankliniella* (grupo cephalica; Thysanoptera: Thripidae) de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 53(1-2): 191-194.
- Ripa, R. y P. Larral. 2008. Manejo integrado de plagas en paltos y cítricos. Colección de Libros INIA, Número 223. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación La Cruz. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile. 400 p.
- Rişcu, A. y M. Bura. 2013. The impact of pesticides on honey bees and hence on humans. *Animal Science and Biotechnologies*, 46(2): 272-277.
- Salgado, V. L. 1998. Studies on the mode of action of spinosad: insect symptoms and physiological correlates. *Pesticide Biochemical Physiology*, 60: 91-102.

- Satelle D. B., D. Cordova y T. R. Cheek. 2008. Insect ryanodine receptors: molecular targets for novel control chemicals. *Invertebrate Neuroscience*, 8(3):107-119.
- SIAP. 2014. Cierre de la producción agrícola por estado y por cultivo. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (Accesado el 13 de noviembre de 2015).
- Shires, W., A. Murray, P. Debray y J. Le Blanc. 2006. The effects of a new pyrethroid insecticide WL-85871 on foraging honey bees (*Apis mellifera* L.). *Pesticide Science*, 15: 491-499.
- Sparks, T. C. 2013. Insecticide discovery: An evaluation and analysis. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 107(1): 8–17.
- Srivastava, M., L. Bosco, J. Funderburk, S. Olson y A. Weiss. 2008. Spinetoram Is Compatible with the key natural enemy of *Frankliniella* species thrips in pepper. *Plant Health Progress*, doi. 10.1094/ PHP-2008-0118-02-RS.
- Suchail, S., L. Debrauwer y L. P. Belzunces. 2004. Metabolism of imidacloprid in *Apis mellifera*. *Pest Management Science*, 60(3): 291-296.
- Tapia, L. M., A. Larios, V. M. Coria y S. Salazar. 2008. Ambiente y fenología del aguacate. pp 36-56. En: Coria, A. V. M. (Ed.). Tecnología para la producción de aguacate en México. Libro Técnico Núm. 8. SAGARPA – INIFAP. 2ª edición. Uruapan, Michoacán, México.
- Téliz, D. y A. Mora. 2007. El aguacate y su manejo integrado. Editorial Mundi-Prensa. Segunda edición. México, D.F. 321 p.
- Thompson, H. M. 2003. Behavioural effects of pesticides in bees - their potential for use in risk assessment. *Ecotoxicology*, 12(1): 317-330.

- Tiwari, S. y LL. Stelinski. 2013. Effects of cyantraniliprole, a novel anthranilic diamide insecticide, against Asian citrus psyllid under laboratory and field conditions. *Pest Management Science*, 69(9): 1066-1072.
- Triplehorn, C. A. y N. F. Johnson. 2005. Order Thysanoptera: Thrips. pp. 333-340. En: Triplehorn, C. A. y N. F. Johnson (Eds). *Borror and DeLong's Introduction to the study of insects*. Thompson Brooks/Cole. United States of America.
- Vargas, M. R. y F. A. Ubillo. 2001. Toxicidad de pesticidas sobre enemigos naturales de plagas agrícolas. *Agricultura Técnica*, 61(1): 35-41.
- Wang, L., Y. Zhang, W. Xie, Q. Wu y S. Wang. 2016. Sublethal effects of spinetoram on the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, In press. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048357516300104> (Accesado el 15 de febrero de 2016).
- Williamson, S. M. y G. A. Wright. 2013. Exposure to multiple cholinergic pesticides impairs olfactory learning and memory in honeybees. *The Journal of Experimental Biology*, 216(10): 1799-1807.
- Williams, T., J. Valle y E. Viñuela. 2003. Is the naturally-derived insecticide Spinosad compatible with insect natural enemies? *Biocontrol Science and Technology* 13(5): 459-475.
- Wysocki M., M. A. van den Berg, G. Ish-Am, S. Gazit, J. E. Peña y G. K. Waite G. 2002. Pests and pollinators of avocado. pp. 223-293. En: Peña J. E., J. L. Sharp y M. Wysocki (Eds.). *Tropical fruit pests and pollinators: biology, economic importance, natural enemies and control*. Cabi Publishing International, NY.
- Yee, W. L., P. A. Phillips, B. A. Faber y J. L. Rodgers. 2001. Relationships between *Scirtothrips perseae* (Thysanoptera: Thripidae) populations on avocado leaves, fruit and scarring damage on fruit. *Environmental Entomology*, 30(5): 932-938.

Yee, W. L., P. A. Phillips, B. A. Faber y J. L. Rodgers. 2003. Comparison of *Scirtothrips perseae* (Thysanoptera: Thripidae) infestation levels on avocado fruit and leaves. *Florida Entomologist*, 86(4): 409-41.

Zhu, Y. C., J. Adamczyk, T. Rinderer, J. Yao, R. Danka, R. Luttrell y J. Gore. 2015. Spray toxicity and risk potential of 42 commonly used formulations of row crop pesticides to adult honey bees (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economical Entomology*, 108(6): 2640-2647.