

EL EFECTO DE LOS AGROQUIMICOS SOBRE LAS ABEJAS MELIFERAS (*Apis mellifera*) Y SU RELACIÓN CON EL SÍNDROME DEL COLAPSO DE LAS COLONIAS

Macias-Macias J.O.^{1*}, Tapia-Gonzalez J.M.¹, Contreras-Escareño F.², Guzman-Novoa E.^{1,3}, Medina-Flores C.A.⁴, De la Mora-Peña A.⁴

¹ Universidad de Guadalajara. Centro Universitario del Sur. Centro de Investigaciones en Abejas (CIABE). ² Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de la Costa Sur. Centro de Investigaciones en Abejas. ³ Universidad de Guelph, Escuela de Ciencias Ambientales, Ontario, Canada. ⁴ Universidad Autónoma de Zacatecas. Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Autor de correspondencia: joseoc@cusur.udg.mx

Palabras clave: abejas, mortalidad, insecticidas, Mexico

Resumen

El papel de las abejas en los agroecosistemas es sumamente importante debido a que actúan como agentes polinizadores naturales tanto de los cultivos de importancia económica como de las plantas silvestres; con lo cual se garantiza la producción de alimentos y la conservación de la biodiversidad. Aparte, la apicultura representa uno de los sectores que obtiene más ingresos económicos por concepto de venta y exportación de miel. Sin embargo, este sector tiene múltiples problemas en su sistema de producción, plagas y enfermedades que los han afectado y ha provocado bajas en el número de colonias y una disminución en la producción de miel. Aunado a esto, en los últimos años se ha presentado una desaparición espontánea de las abejas, sin que se le haya podido dar una explicación convincente; a este fenómeno se le conoce como desorden del colapso de las colonias o CCD por sus siglas en inglés. Uno de los factores que afectan y que provocan el colapso de las colonias son el uso de los agroquímicos, principalmente los insecticidas del grupo de los neonicotinoides. Estos insecticidas son derivados de la nicotina y al ser aplicados para controlar las plagas de los cultivos también afectan al sistema nervioso de las abejas, provocando que pierdan el sentido de orientación y que no puedan regresar a su colonia, lo que provoca su muerte en el campo. De aquí la recomendación de controlar y legislar el uso de este tipo de insecticidas en México, como se ha hecho en otros países, para proteger a las abejas y con ello garantizar la producción de alimentos en beneficio de la humanidad.

THE EFFECT OF AGROCHEMICALS ON THE HONEY BEES (*Apis mellifera*) AND ITS RELATIONSHIP WITH THE SYNDROME OF THE COLLAPSE OF THE COLONIES

Summary

The role of bees in agroecosystems is extremely important because they act as natural pollinating agents of both economically important crops and wild plants; which guarantees the production of food and the conservation of biodiversity. In addition, beekeeping represents one of the sectors that obtain the most economic income from the sale and export of honey. However, this sector has multiple problems in its production system, pests, and diseases that have affected them and has caused declines in the number of colonies and a decrease in honey production. Added to this, in the recent years there has been a spontaneous disappearance of bees,

Keywords: bees, mortality, insecticide, Mexico

without being able to give a convincing explanation; This phenomenon is known as colony collapse disorder or CCD by its acronym in English. One of the factors that affect and cause the collapse of the colonies is the use of agrochemicals, mainly insecticides of the group of neonicotinoids. These insecticides are derivatives of nicotine and when applied to control crop pests also affect the nervous system of bees, causing them to lose their sense of orientation and unable to return to their colony, which causes their death in the field. Hence the recommendation to control and legislate the use of this type of insecticide in Mexico, as has been done in other countries, to protect bees and thereby ensure the production of food for the benefit of humanity.

INTRODUCCIÓN

Las abejas han coevolucionado con las plantas con flores desde hace muchos años y han desarrollado una relación de simbiosis, donde las abejas utilizan las flores de las plantas para alimentarse y lograr su reproducción y sobrevivencia, así mismo, las plantas se benefician de las abejas ya que al ser polinizadas por estos insectos benéficos se garantiza su permanencia en los ecosistemas (Delaplane *et al.*, 2000). Dentro del grupo de las abejas existen más de 20,000 especies, lo que las hace ser uno de los grupos de insectos más diversos en el mundo; sin embargo, no todas estas especies se utilizan para su aprovechamiento sustentable (Michener, 2000). Una de las especies más aprovechadas son las abejas de la especie *Apis mellifera* las cuales se pueden encontrar en casi todos los lugares de nuestro planeta (a excepción de los polos norte y sur) donde los apicultores han aprendido diversas técnicas de manejo para obtener de ellas principalmente miel (Wilson-Rich, 2014). Como en cualquier sistema de producción animal, las abejas requieren de todo una serie de cuidados específicos como lo son la alimentación, la desparasitación y la medicación contra diferentes plagas y enfermedades; a cambio de esto, las abejas proveen de miel y otros productos a los apicultores, los cuales obtienen un beneficio económico con la comercialización de estos (Winston, 2014). Las abejas tienen una gran importancia entre los sistemas de producción animal debido a los ingresos económicos y

generación de divisas derivados del mercadeo nacional e internacional de la miel y un papel importante en la naturaleza al mantener el equilibrio ecológico entre las diferentes especies de plantas (Halter, 2011). Sin embargo, existen varias situaciones de riesgo para las abejas, como lo es, entre otros, el uso indiscriminado de los agroquímicos, por lo que se hace un análisis del efecto de los pesticidas sobre estas y su relación con el síndrome del colapso de las abejas.

EL ORIGEN Y DIVERSIDAD DE LAS ABEJAS MELÍFERAS

De acuerdo a diversas fuentes de información, el continente africano y el sureste de Asia es considerado el origen de las abejas y de ahí se distribuyeron hacia los demás continentes (Michener, 2000). A pesar de que la diversidad de las abejas en general es muy amplia, en el grupo de las abejas melíferas se consideran de 4 a 6 especies y se les denominan abejas melíferas por su alta capacidad de recolectar y almacenar recursos (néctar y polen) para la supervivencia y reproducción de las colonias (Readicker-Henderson, 2009). En este grupo de las abejas melíferas hay especies que por su tamaño se denominan abejas gigantes, que hacen sus panales al aire libre y que su miel es cosechada de manera rústica (*Apis dorsata* y *Apis laboriosa*), hay otras especies de tamaño mediano que son susceptibles de ser cultivadas de manera tecnificada en diversos tipos de alojamientos (*Apis mellifera*) y otras especies de tamaño más pequeño (abejas enanas), que

igual son manejadas en colmenas técnicas de diverso tipo y material (*Apis cerana* y *Apis florea*) (Michener, 2000; Baker, 2016). De las diferentes especies de abejas melíferas, la especie *Apis mellifera* es la que es aprovechada en prácticamente todo el mundo, solo en los lugares donde las bajas temperaturas son perennes y no existen plantas con flores no es posible cultivarlas (Crane, 2013).

EL APROVECHAMIENTO Y USO DE LAS ABEJAS MELÍFERAS

Los primeros indicios del aprovechamiento de las abejas melíferas están plasmados en una pintura de "La Cueva de la Araña" en la localidad de Bicorp, Valencia, España, pintura que data aproximadamente del año siete A.C, en las que puede apreciarse un ejemplo de la relación entre el hombre y las abejas. Algunas regiones donde se trabajaban las abejas era en Egipto y Babilonia donde se encontraron imágenes de abejas, de la utilización de la miel y de su comercio; alrededor del año 500 A. C. aparecen los primeros signos de aprovechamiento de las abejas (Correa, 2004). Mace (1976) y Polaino (2006) mencionan que en Creta se utilizaban colmenas de tierra cocida como en Egipto y que se ensayaron muchas colmenas ingeniosas, basadas en el descubrimiento de Huber que en 1791 inventó la famosa colmena de hojas, pero no fue hasta el año de 1851 cuando el norteamericano Lorenzo Lorraine Langstroth, diseñó la colmena con la parte superior abierta y determinó el espacio de separación que hay entre los bastidores. Otros inventos que revolucionaron la apicultura fue la invención de la máquina estampadora de cera que se le atribuye a Mehering en el año de 1857, casi inmediatamente, en 1865, Hruschka desarrollo en Australia el centrifugador de miel y diez años después, Quinby invento el ahumador de fuelle. Aunque de manera natural una colonia de abejas melíferas puede sobrevivir, siempre y cuando estén en un lugar con recursos para su alimentación (plantas con flores), estas se

pueden aprovechar y obtener miel y otros recursos procurando su cuidado y alimentación en temporadas cuando no hay plantas con flores. El principio del aprovechamiento de esta especie por los humanos (apicultores) es similar a otras especies animales: se tienen que cuidar y esperar a que estén en su punto óptimo para obtener y comercializar sus productos, que en el caso de las abejas se tienen que alimentar, cuidar y medicar para que almacenen miel y esta sea cosechada en ciertas temporadas del año (Dadant, 2013; Abrol, 2013). Aparte de la miel, de una colonia se pueden obtener otros recursos como el polen, el propoleo, la cera, jalea real, veneno de abejas, larvas para consumo humano y núcleos de abejas. Además, las abejas se pueden utilizar para la polinización de cultivos agrícolas, con lo que se incrementa su diversidad de uso (Delaplane *et al.*, 2000; Halter, 2011). La miel es el resultado del néctar extraído de las flores y modificado por las abejas convirtiéndolo en miel. En este proceso las abejas pecoreadoras vuelan a las plantas extrayendo el néctar de las flores, el cual llega al buche de las abejas, que retiene una parte como alimento para compensar el gasto de energía, enriqueciendo el resto con fermentos, ácidos orgánicos y otras sustancias. El agua que contiene el néctar es absorbida una parte por la abeja recolectora luego es llevado a la colmena ya procesado y lo entregan a las abejas procesadoras, que lo tragan y lo devuelven varias veces a su trompa y estómago, evaporando otra buena parte del agua restante que al mismo tiempo se le agregan otros fermentos y secreciones activas. Una vez finalizado el proceso, el líquido es depositado en una celda de los panales de cera, donde pierde el agua restante y las enzimas aceleran su acción hasta transformarse en miel (Fumagalli, 2007). El polen, que es un polvillo gestado por los órganos masculinos de las plantas que las abejas aprovechan como recurso proteínico para la colonia. Su recolección comienza en la época de floración, lo transportan en sus patas posteriores donde llevan unos cestillos o bolsas llamadas

corbículas. En las colonias las abejas realizan un proceso de deshidratación del polen para que este pueda ser almacenado y consumido sin sufrir la contaminación producida por la fermentación o el moho. Los granos de polen que forman las abejas son mezclados con miel y saliva preparados por las abejas que constituyen el alimento de las abejas (Jean-prost *et al.*, 2007). En este sentido, las abejas tienen un papel importante en los ecosistemas, ya que al recolectar el néctar y el polen de las flores provocan la polinización con lo que se asegura la producción de frutos. Este es un evento biológico desconocido de gran importancia, sobre todo en los sistemas de producción agrícola, ya que si no hay una buena polinización en los cultivos, la producción de los mismos va a ser mínima y de baja calidad (James y Pitts-Singer, 2008). El valor de las abejas melíferas como polinizadores de cultivos se ha calculado en otros países y se ha determinado que es de hasta 12,000.00 millones de dólares, por lo que en algunos lugares la renta de colonias para polinizar cultivos representa más ingresos que la comercialización de la miel (Kevan e Imperatriz-Fonseca, 2006). La cera que es un producto natural que solamente lo producen las abejas obreras entre los 12 y los 24 días de edad a través de sus glándulas ceríficas, situadas en la parte ventral del abdomen. Las abejas para moldear el panal de cera ocupan una temperatura de 40 °C, para conseguirlo las abejas se agrupan en cadenas y racimos para generar calor metabólico. De las glándulas abdominales de la abeja la cera sale en forma de escamas, las abejas las capturan con su tercer par de patas y las llevan a la boca. Allí las moldean con las mandíbulas y las pegan unas con otras, mediante un disolvente que segregan en sus glándulas mandibulares para construir las paredes de las celdillas que forman los panales (Bradbear, 2005). El propóleo que es una mezcla de resinas que las abejas recolectan de las yemas de los árboles y arbustos transportándolo en sus patas tomando su forma definitiva luego de un proceso

exhaustivo que es usado por las abejas para sellar, cubrir, proteger el interior de la colmena usándolo como un antibiótico y para momificar los cadáveres de animales que invaden la colonia y que por su tamaño no pueden sacar de la colmena (Herrero, 2004). La jalea real es una secreción de las glándulas hipofaríngeas y mandibulares de las abejas obreras de cinco a diez días de edad conocidas comúnmente como nodrizas. Esta sustancia es utilizada para la alimentación de las larvas durante los primeros tres días de vida y es el alimento exclusivo de la reina durante toda su etapa reproductiva, lo que le permite ovipositar hasta 2,000 huevos por día y vivir hasta 5 años (Güemes *et al.*, 2004). El veneno de las abejas (apitoxina) se genera por medio de una glándula de secreción ácida y otra de secreción alcalina que las abejas obreras tienen en el interior de su abdomen y puede ser usado en apiterapias para controlar padecimientos como la artritis y dolores reumáticos (Jean-Prost *et al.*, 2007). Todos estos productos tienen un uso y un comercio específico que hacen de la abeja *Apis mellifera* la especie animal más diversa en cuanto a su aprovechamiento y uso.

PRODUCCIÓN DE MIEL A NIVEL MUNDIAL Y EN MÉXICO

A pesar de que el aprovechamiento de las abejas o apicultura se practica desde hace muchos años, la mayoría de las personas no conocen más allá de estas que la producción de miel. La apicultura a nivel mundial está muy desarrollada en donde destaca en la producción de miel China seguido de Turquía. En estos países se tienen las condiciones naturales de floración y han desarrollado buenas técnicas de manejo lo que les ha permitido llegar a esos niveles de producción (FAO, 2015). Para México, en décadas anteriores, se consideraba que tenía capacidad para poder aprovechar 3 millones de colonias, pero las condiciones actuales han cambiado y se tiene un inventario de 1.9 millones de colmenas que producen 55 mil toneladas de miel. Esto lo ubica en el Octavo

lugar como productor y en el tercer lugar como exportador de miel. A nivel nacional destaca en producción de miel el Estado de Yucatán que históricamente siempre se ha mantenido en el primer lugar, seguido del estado de Campeche y el tercer lugar lo ocupa el estado de Jalisco (SAGARPA, 2017).

PROBLEMAS QUE AFECTAN A LA APICULTURA

Al igual que otras especies animales, en el aprovechamiento de las abejas, existen diversos problemas que las afectan, plagas y enfermedades que han dificultado su cultivo y que se han incrementado con el paso del tiempo. Inicialmente, se puede decir que la llegada de la abeja africana a México, provocó serios problemas que afectó severamente a la apicultura y bajo la producción de miel, por lo que los apicultores tuvieron que cambiar sus prácticas tradicionales de manejo de sus colonias para continuar en la actividad (Guzman-Novoa, 2004, Guzman-Novoa *et al.*, 2011). Después, la aparición del acaro varroa, que parasita a las abejas alimentándose de su hemolinfa, causó una baja considerable en el número de colonias y obligó a los apicultores a actualizarse y tomar medidas sanitarias para controlar la plaga y poder seguir trabajando con las abejas (Guzman-Novoa *et al.*, 1999; Medina-Flores *et al.*, 2011). La presencia de diversas enfermedades tanto de la cría como de las abejas adultas que se han estado presentando con el paso del tiempo, provocan que los productores apícolas inviertan más recursos económicos para la compra de medicamentos e inviertan más tiempo en la atención de las colonias (Wilson, *et al.*, 1984; Martinez-Puc *et al.*, 2011). La reducción de recursos florales que utilizan las abejas provocada por el cambio de uso del suelo, la tala inmoderada de los bosques y el cambio climático ha causado que la producción de miel vaya en constante descenso con el paso de los años (Toledo, 2015) y por si fuera poco, se ha reportado que el número de colonias de abejas

melíferas están disminuyendo drásticamente sin encontrar una causa determinada. De acuerdo con diversas fuentes de información, las abejas simplemente desaparecen, las colmenas se encuentran abandonadas aun cuando hay recursos alimenticios en la colonia y se observa presencia de cría, llamándole a este problema el síndrome del colapso de las colonias o CCD por sus siglas en inglés (Colony Collapse Disorder) en donde no se ha determinado todavía la causa específica que provoca esta desaparición espontánea de las abejas (Evans *et al.*, 2009; Williams *et al.*, 2010, Dainat *et al.*, 2012).

EL EFECTO NEGATIVO DE LOS AGROQUÍMICOS EN LAS ABEJAS

Una de las causas señalada por los investigadores que está relacionada con la desaparición de las abejas es el uso de los agroquímicos, principalmente los insecticidas (Henry *et al.*, 2012; Farooqui, 2013; Lu *et al.*, 2014). Los insecticidas surgieron como una opción de controlar las plagas que afectan a los diferentes cultivos de importancia económica y se convirtieron en una excelente opción para los agricultores, ya que con el uso de estos se tiene un control efectivo de los insectos dañinos para la agricultura. Desafortunadamente, estos productos desarrollados por la industria química, también eliminan a los insectos benéficos que tienen relación con los cultivos como son las abejas (Gibbons *et al.*, 2014). El uso tradicional de insecticidas inició con el DDT (actualmente prohibido) seguido de los organofosforados, piretroides y los carbamatos (Casadei, 2003), pero desde la década de los 90'S se desarrollaron otro grupo de insecticidas llamados neonicotinoides, los cuales son hasta 10,000 veces más tóxicos que el DDT (Goulson, 2013). Estos neonicotinoides actúan a nivel del sistema nervioso de los insectos ya que tienen una alta afinidad por los receptores nicotínicos de la acetilcolina. De estos insecticidas se utilizan en los cultivos seis, los cuales son: imidacloprid, clotianidina, tiametoxam,

dinotefurano, acetamiprid y tiacloprid. Se dividen en dos grupos: el grupo N-nitroguanidina (clotianidina, imidacloprid, tiametoxam y dinotefuran), utilizados como revestimientos de semillas, y el grupo N-cianoamidina (acetamiprid y tiacloprid), utilizado como insecticidas foliares (Hopwood *et al.*, 2012; Budge *et al.*, 2015). Algunos de estos, como la clotianidina, tiametoxam y el imidacloprid, actúan de manera sistémica y debido a su versatilidad de aplicación y propiedades favorables para el control de plagas, han contribuido a que este grupo de insecticidas sean los más utilizados a nivel mundial, siendo el imidacloprid el más empleado (Grant *et al.*, 1998; Van der Zee *et al.*, 2015). Este grupo de insecticidas se utiliza para hacer recubrimientos de semillas que se conocen como semillas “blindadas”, que una vez que son depositadas en el suelo, este recubrimiento ayuda a proteger el cultivo contra plagas hasta por diez semanas después de sembradas, reduciendo la necesidad de aplicaciones posteriores de insecticidas foliares, las cuales se hacían con sustancias químicas más antiguas, como los organofosforados, piretroides y carbamatos. Sin embargo, los residuos de estos insecticidas persisten en los tejidos vegetales y en el suelo por largos períodos, lo que proporciona una potencial vía de exposición masiva a las abejas (Budge *et al.*, 2015). El promedio de actividad de los neonicotinoides en el suelo se puede apreciar en el cuadro 1 (Blacquiere *et al.*, 2012).

Cuadro 2. Promedio de actividad o vida de los neonicotinoides en el suelo.

Nombre del neonicotinoide (ingrediente activo)	Actividad promedio en el suelo (días)
Clothianidin	148-1,155
Imidacloprid	40-997
Thiamethoxam	25-100
Dinotefuran	138
Thiacloprid	1-27
Acetamipird	1-8

Los neonicotinoides son muy efectivos para controlar a los insectos que afectan a los cultivos, pero a la vez son extremadamente tóxicos para las abejas, ya que circulan por toda la planta desde la raíz hasta las flores contaminando el polen y el néctar que son utilizados por las abejas para la alimentación de todos los miembros de la colonia. El efecto de estos insecticidas provoca pérdidas de sentido de la orientación, perjudican la memoria y la capacidad cerebral que hace que las abejas no puedan regresar a sus colonias quedándose en el campo hasta morir (Cox, 2001; Bonmatin *et al.*, 2004; Decourtye., 2004; Johansen y; Pettis *et al.*, 2012; Van der Zee *et al.*, 2015). En estados Unidos, la Agencia de Protección Ambiental ha desarrollado una clasificación basada en la toxicidad de los neonicotinoides, registrando el número de abejas muertas después de 24 a 48 hrs. y luego, la correspondiente dosis letal/concentración media (DL50 y / o CL50). Esta agencia clasifica la toxicidad aguda de un producto determinado en una especie en particular, ya sea como prácticamente no tóxico, ligeramente tóxico, moderadamente tóxico, altamente tóxico o muy altamente tóxico, basado en rangos de dosis letales (Blacquiere *et al.*, 2012; Gibbons *et al.*, 2014; US-EPA, 2005). Para la exposición de contacto Iwasa *et al.* (2004), clasificaron los insecticidas neonicotinoides, basados en su DL50 de 24 horas, de la siguiente manera: para el nitrogrupo: imidacloprid (18 ng abeja-1) [clotianidina (22 ng abeja-1) [tiametoxam (30 ng abeja-1) [dinotefuran (75 ng bee-1) [nitenpiram (138 ng abeja-1); y para el grupo ciano: acetamiprid (7 lg bee -1) [thiacloprid (15 lg bee -1). En otro estudio, Pettis *et al.* (2012), expuso colonias de abejas melíferas, durante tres generaciones de cría, a dosis sub-letales de imidacloprid y encontró que las infecciones por una enfermedad causada por un hongo microsporidio (*Nosema*) aumentaron significativamente en las abejas de las colonias tratadas con plaguicidas, en comparación con las abejas control, encontrando claramente un aumento en el crecimiento de patógenos dentro

de las abejas expuestas a los pesticidas, por lo que podrían contribuir al aumento de la mortalidad de las abejas en todo el mundo.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

A pesar de que la apicultura o el cultivo de las abejas melíferas es una actividad que se practica desde hace muchos años, es hasta ahora cuando la sociedad y la comunidad científica está poniendo atención en ellas debido las altas tasas de pérdida de colonias que se están registrando en diferentes partes del mundo, sin encontrar una explicación convincente de las causas. Los investigadores apícolas están trabajando para poder determinar la causa o causas que pudieran estar ocasionado esta desaparición masiva de abejas y en algunos estudios que se han realizado se señala el uso de los insecticidas como uno de los posibles factores que están provocando la muerte y desaparición espontanea de las abejas. Esto ha tenido un efecto de conciencia en algunos países en donde se están proponiendo leyes específicas para controlar y regular el uso de estos productos. Desafortunadamente, en México la desaparición masiva de abejas es un fenómeno que ya se está presentado y se ha registrado la muerte de más de 4 mil millones de abejas y a pesar de esto las autoridades mexicanas permiten el uso de más de 180 plaguicidas altamente peligrosos que impactan negativamente en la salud de la población y el medio ambiente, por lo se hace necesario de manera urgente que se propongan medidas precautorias y reguladoras del uso de estos productos y que se haga conciencia entre los usuarios (agricultores) de la importancia de hacer un manejo controlado o en su defecto cambiar el uso de los productos químicos por productos orgánicos que no eliminen a la fauna benéfica como lo son las abejas. Además de esto, hacer una campaña para concientizar a la sociedad en general de la importancia de la conservación de las abejas, ya que como lo dijo Albert Einstein “Si las abejas desaparecieran de

este mundo, la humanidad empezaría a padecer de hambre en cuatro años”.

BIBLIOGRAFÍA

- Abrol DP. 2013. *Beekeeping: a compressive guide to bees and beekeeping*. Scientific publishers. India.
- Baker HA. 2016. *Bees, their history and characteristics*. Read Books. UK.
- Blacquièrre T, Smagghè G, van Gestel CAM. 2012. Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment. *Ecotoxicology*. 21, 973-992.
- Bonmatin JM, Moineau I, Charvet R, Fleche C, Colin ME, Bengsch ER. 2003. A LC/APCI-MS/MS method for analysis of imidacloprid in soils, in plants, and in pollens. *Anal Chem*. 75, 2027–2033.
- Bradbear N. 2005. *La apicultura y los medios de vida sostenible*. FAO. Roma, Italia.
- Budge GE, Garthwaite D, Crowe A, Boatman ND, Delaplane KS, Brown MA, Thygesen HH, Pietravalle S. 2015. Evidence for pollinator cost and farming benefits of neonicotinoid seed coatings on oilseed rape. *Sci Rep* 5, Article number: 12574.
- Casadei DG. 2003. *Breve historia de los Insecticidas. Bases para el manejo racional de insecticidas*. Silva-Aguayo G., Hepp-Gallo R.(eds.). Editorial Trama impresores. Chillán, Chile.
- Correa-Benítez A. 2004. Historia de la apicultura en México. *Imagen Veterinaria*. 4, 4-9.
- Cox C. 2001. Imidacloprid, Insecticide factsheet. *J Pesticide Reform*, 21, 15-21.
- Crane EE. 2013. *The world history of beekeeping and honey hunting*. Routledge. New York. USA.
- Dadant PC. 2013. *First lessons in beekeeping*. 11a Edición. Home farm books publication. USA.

- Dainat B, Vanengelsdorp D, Neumann P. 2012. Colony collapse disorder in Europe. *Environ Microbiol Rep.* 4, 123-125.
- Decourtye A, Devillers J, Cluzeau S, Charreton M, Pham-delègue M. 2004. Effects of imidacloprid and deltamethrin on associative learning in honeybees under semi-field and laboratory conditions. *Ecotoxicol Environmen Saf.* 57, 410-419.
- Delaplane KS, Mayer DR, Mayer DF. 2000. *Crop pollination by bees*. CABI Publishing. New York, USA.
- Evans JD, Saegerman C, Mullin C, Haubruge E, Nguyen BK, Frazier M, Tarpy DR. 2009. Colony collapse disorder: a descriptive study. *PloS one*, 4, e6481.
- FAO, 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Farooqui T. 2013. A potential link among biogenic amines-based pesticides, learning and memory, and colony collapse disorder: a unique hypothesis. *Neurochem Int*, 62, 122-136.
- Fumagalli C. 2007. *Guía práctica de apiterapia*. Latinobooks Internacional. Montevideo, República del Uruguay.
- Gibbons D, Morrissey C, Pierre M. 2015. A review of the direct and indirect effects of neonicotinoids and fipronil on vertebrate wildlife. *Environ Sci Pollut Res*, 22, 103-118
- Goulson D. 2013. An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology*, 50, 977-987.
- Grant DB, Chalmers AE, Wolff MA, Hoffman HB, Bushey DF, Kuhr RJ, Motoyama N. 1998. *Fipronil: action at the GABA receptor*. In: Kuhr RJ, Motoyama N, editors. *Pesticides and the Future: minimizing chronic exposure of humans and the environment*. Amsterdam: IOS
- Güemes RFJ, Echazarreta GC, Villanueva GR. 2004. *Condiciones de la apicultura en Yucatán y del mercado de sus productos*. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Guzmán-Novoa E. 2004. Impacto de la africanización de las abejas en México. *Imagen Veterinaria*. 4, 22-25.
- Guzmán-Novoa E, Correa-Benítez A, Espinosa-Montaño LG, Guzmán-Novoa G. 2011. Colonización, impacto y control de las abejas melíferas africanizadas en México. *Veterinaria México*. 42, 149-178.
- Guzmán-Novoa E, Vandame R, Arechavaleta ME. 1999. Susceptibility of European and Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) to *Varroa jacobsoni* Oud. in Mexico. *Apidologie*. 30, 173-182.
- Halter R. 2011. *The incomparable honey bee and the economics of pollination*. Rocky Mountain Books, Toronto, Canadá.
- Henry M, Beguin M, Requier F, Rollin O, Odoux JF, Aupinel P, Decourtye A. 2012. A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees. *Science*. 336, 348-350.
- Herrero G. F. 2004. *Las abejas y la miel*. Cartilla de divulgación 16. Edición caja España. España.
- Hopwood J, Vaughan M, Shepherd M, Biddinger D, Mader E, Hoffman S, Mazzacano C. 2012. *Are neonicotinoids killing bees? A review of research into the effects of neonicotinoid insecticides on bees, with recommendations for action*. The xerces society for invertebrate conservation. USA.
- Iwasa T, Motoyama N, Ambrose JT, Roe MR. 2004. Mechanism for the differential toxicity of neonicotinoid insecticides in the honey bee, *Apis mellifera*. *Crop Prot.* 23:371–378.
- Lu C, Warchol KM, Callahan RA. 2014. Sub-lethal exposure to neonicotinoids impaired honey bees winterization before proceeding to colony collapse disorder. *Bull Insectology*. 67, 125-130.

- James RR, Pitts-Singer T. 2008. *Bee pollination in agricultural Ecosystem*. Oxford University Press. New York, USA.
- Jean-prost P, Médori P, Leconte Y. 2007. *Apicultura. Conocimiento de la abeja. Manejo de la colmena*. Madrid: Ediciones mundi-prensa. España.
- Kevan GP, Imporatriz, Fonseca VL. 2006. *Pollinating bees, the conservation link between Agriculture and nature*. Ministry of Environment, Canadá.
- Mace H. 1976. *Manual completo de la apicultura*. Editorial continental. México.
- Martínez Puc JF, Medina Medina LA, Catzín Ventura GA. 2011. Frecuencia de *Varroa destructor*, *Nosema apis* y *Acarapis woodi* en colonias manejadas y enjambres silvestres de abejas (*Apis mellifera*) en Mérida, Yucatán, México. *Rev Mex Cienc Pecu.* 2, 25-38.
- Medina-Flores CA, Guzmán-Novoa E, Aréchiga-Flores CF, Aguilera-Soto JI, Gutiérrez-Piña FJ. 2011. Efecto del nivel de infestación de *Varroa destructor* sobre la producción de miel de colonias de *Apis mellifera* en el altiplano semiárido de México. *Rev Mex Cienc Pecu.* 2, 313-317.
- Michener CD. 2000. *The bees of the world*. The Johns Hopking University Press. USA.
- Pettis JS, Van Engelsdorp D, Johnson J, Dively G. 2012. Pesticide exposure in honey bees results in increased levels of the gut pathogen *Nosema*. *Naturwissenschaften*, 99, 153–158.
- Polaino C. 2006. *Manual Práctico del apicultor*. Cultural. Madrid, España.
- Readicker-Henderson E. 2009. *A Short History of the honey bee*. Timber Press London. Inglaterra.
- SAGARPA, 2017. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México.
- Toledo VM. 2015. *Ecocidio en México: la batalla final es por la vida*. Grijalbo. México.
- US EPA. 2005. Reregistration Eligibility Decision (RED) for Tau-fluvalinate. Washington, DC: US EPA.
- Van der Zee R, Gray A, Pisa L, Rijk T. 2015. An Observational Study of Honey Bee Colony Winter Losses and Their Association with *Varroa destructor*, Neonicotinoids and Other Risk Factors. *Plos One*, 10, e0131611.
- Williams GR, Tarpy DR, Vanengelsdorp D, Chauzat MP, Cox-Foster DL, Delaplane KS, Shutler D. 2010. Colony collapse disorder in context. *Bioessays*. 32, 845-846.
- Wilson-Rich N. 2014. *The bees: a natural history*. Princeton University Press. USA.
- Wilson WT, Nunamaker RA, Maki D. 1984. The occurrence of brood diseases and the absence of the *Varroa* mite in honeybees from Mexico [*Apis mellifera*, *Varroa jacobsoni*]. *Am Bee J*.
- Winston LM. 2014. *Bee Time: lessons from the hive*. Harvard University Press.

