



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR PLAGUICIDAS
SOBRE LA APICULTURA

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MEDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

P R E S E N T A:

SELENE GUZMÁN GONZÁLEZ

ASESOR:

Dr. BENJAMÍN VALLADARES CARRANZA

Dr. VALENTE VELAZQUEZ ORDOÑEZ

Dr. CESAR ORTEGA SANTANA

REVISORES:

DR. MARTIN TALAVERA ROJAS

M. EN C. JORGE ESTRADA BOTELLO

Toluca, México, Junio de 2021.



ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISION DE LITERATURA	6
Capítulo I. Importancia de las abejas en la producción de miel y el ecosistema	6
Capítulo II. Efecto del cambio climático sobre la población de abejas.....	15
Capítulo III. Plaguicidas de mayor impacto en la disminución de los enjambres apícolas	19
OBJETIVO	29
MATERIAL.....	30
MÉTODO	31
LÍMITE DE ESPACIO	32
LÍMITE DE TIEMPO.....	33
CONCLUSIONES.....	34
SUGERENCIAS.....	35
LITERATURA CITADA	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación y código de productos plaguicidas según Dosis Letal (DL) 50
..... 17

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de la producción mundial de miel natural en el período 1990-2016 (en millones de toneladas)..... 5

Figura 2. Evolución de la participación de los principales países en la producción de miel natural (promedio por trienios 1994-96, 2004-06, 2014-16; en %)..... 6

Figura 3. Evolución de la participación de los principales países productores con respecto al volumen de las exportaciones de miel natural (2001-2017, en %)..... 7

Figura 4 a y b. Principales exportadores mundiales de miel natural (Año 2017, en toneladas y USD)..... 7

Figura 5. Panal de abejas 8

Figura 6. Comportamiento de la producción de miel en México 11

Figura 7. Gran cantidad de abejas muertas alrededor de la colmena 13

Figura 8. Mortalidad total en la colmena de abejas 14

RESUMEN

“CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR PLAGUICIDAS SOBRE LA APICULTURA”. Selene Guzmán González. (bajo la asesoría del: Dr. Benjamín Valladares Carranza, Dr. Valente Velázquez Ordoñez y Dr. Cesar Ortega Santana).

La acción polinizadora de las abejas tiene un valor inestimable, siendo un indicador de la salud ambiental, promoviendo y reflejando la biodiversidad biológica. En la actualidad el uso indiscriminado de plaguicidas en el ámbito agropecuario presenta un efecto residual en el ambiente, ocasionando mortalidad en los enjambres de abejas. El objetivo del presente trabajo fue realizar una revisión bibliográfica sistemática sobre el efecto de la contaminación ambiental y del sobreuso de plaguicidas que afectan a la población de abejas *Apis mellifera*. Se realizó una búsqueda de información a través de internet en diferentes bases de datos (PubMed, Scielo, Redalyc, Blackwell Synergy e ISI Web of Knowledge). La información se seleccionó, recopiló y analizó, para organizarla en los diferentes apartados. La información infiere en que las abejas son el grupo de polinizadores más importante desde el punto de vista económico en muchas regiones geográficas; sin embargo, en los últimos años, estas se han visto afectadas, cada vez más, por varias enfermedades, efecto tóxico de plaguicidas y otras presiones medioambientales, destacando el efecto del cambio climático el cual incide sobre el aumento de temperaturas, las precipitaciones y fenómenos meteorológicos, los cuales son cada vez más erráticos o extremos que han afectado a las poblaciones de abejas, reflejándose en tasas de extinción más alta. La destrucción química de hábitats mediante la aplicación masiva de herbicidas ha ocasionado de igual manera disminución de la población por la mortalidad y alteraciones fisiológicas y conductuales de las abejas. Los plaguicidas que más comúnmente se usan para controlar insectos son los del grupo de los neonicotinoides: nitroguanidinas (imidacloprid, clotianidina, tiametoxam y dinotefuran) y cianoamidinas (acetamiprid y tiacloprid), con una variabilidad tóxica en dependencia de la cantidad y el tiempo que son aplicados. De los ingredientes activos de los plaguicidas altamente

peligrosos autorizados en México encontramos una enorme cantidad de registros sanitarios vigentes, varios de ellos con indicadores de peligrosidad, como: toxicidad mortal por inhalación, alteración hormonal, toxicidad alta para las abejas, muy persistente en agua, suelo o sedimentos, muy tóxicos para los organismos acuáticos y muy bioacumulables. La cipermetrina, usada como insecticida y acaricida, es un piretroide altamente tóxico para las abejas, además de considerar su efecto residual y como contaminante de la miel; se ha evidenciado que el polen podría contener altos niveles de plaguicidas (aldicarb, carbaril, clorpirifos e imidacloprid), los fungicidas (boscalid, captan y myclobutanil), y el herbicida (pendimetalin). También se han encontrado altos niveles de fluvalinato y cumafos aplicados a menudo por los apicultores; y tanto en polen y cera se han reportado residuos de neonicotinoides. Por los riesgos asociados con su uso de estas sustancias se requiere una legislación y adecuación para restringir su aplicación para salvaguardar el ecosistema en donde se desarrollan las abejas, entre otros organismos.

Palabras clave: Abejas, plaguicidas, toxicidad, efecto residual.

INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), plaguicida (pesticida o producto fitosanitario) es “cualquier sustancia o mezcla de ellas destinada para prevenir o controlar cualquier especie de plantas o animales indeseables, incluyendo también cualquier otra sustancia o mezcla de ellas destinada a utilizarse como regulador del crecimiento de las plantas o defoliantes o desecantes”. Mientras, un residuo de plaguicida es cualquier sustancia especificada presente en alimentos, productos agrícolas o alimentos para animales como consecuencia del uso de un plaguicida. El término incluye cualquier derivado de un plaguicida, tales como productos de conversión, metabolitos y productos de reacción, y las impurezas consideradas de importancia toxicológica (FAO, 2013; Zaragoza *et al.*, 2016).

En las actividades agropecuarias, los agricultores utilizan numerosos pesticidas para proteger cultivos y semillas antes y después de la cosecha. El término “pesticida” es usado en sentido amplio para los compuestos orgánicos tóxicos utilizados para controlar insectos, bacterias, malezas, nematodos, roedores y otras plagas. Los residuos de pesticidas pueden entrar en la cadena alimentaria a través del aire, el agua y el suelo. Afectando a los ecosistemas y causan varios problemas de salud a las diferentes especies animales y humanos (Brown y Brix, 1998; Gupta y Fact, 2007; Valladares *et al.*, 2017).

En la actualidad el uso de los plaguicidas organofosforados es estimado en varios miles de toneladas en todo el mundo, desplazando a los insecticidas organoclorados por su menor persistencia en el ambiente. Los organofosforados son ésteres orgánicos del ácido fosfórico y sus derivados con acción inhibitoria sobre las esterasas, fundamentalmente la colinesterasa (Zaragoza *et al.*, 2016; Valladares *et al.*, 2017). Países latinoamericanos, basan gran parte de su economía en la producción agrícola y pecuaria, por lo tanto, el uso de plaguicidas es una realidad. Son productos ampliamente difundidos en el mercado, con gran efectividad en el combate de plagas, de bajo costo y de fácil acceso. Utilizados en general como

insecticidas en el ámbito agrícola, veterinario, doméstico, e incluso humano, constituyen un grupo de sustancias químicas peligrosas para la salud. Confirman este hecho los datos estadísticos reportados a lo largo de 24 años en el Centro de Información y Asesoramiento Toxicológico (CIAT) (IPCS, 2010).

Poseen una toxicidad aguda variable, desde altamente tóxicos hasta poco tóxicos según los grupos químicos, las diversas formulaciones y las concentraciones del principio activo. Con una toxicidad crónica documentada a nivel neurológico periférico y con poco conocimiento aun en cuanto a efectos a largo plazo (Akhgari *et al.*, 2003; Milatovic *et al.*, 2003; Valladares *et al.*, 2017).

Por otra parte, al considerar la importancia que tiene la apicultura en el contexto ecológico y socioeconómico, es una actividad de invaluable valor no solo por la generación de divisas y parte fundamental de la economía social; sino por el impacto ecológico y ambiental de las abejas, que conlleva la existencia y acción como organismos polinizadores. La acción agropecuaria del cultivo y crianza de las abejas requiere de los cuidados necesarios para obtener los productos que producen para posteriormente comercializarlos (INES, 2018).

La apicultura en México es una actividad que se practica desde hace varias décadas y en la actualidad ha adquirido gran relevancia socioeconómica, ya que representa una fuente importante de empleos e ingresos en el medio rural (Magaña *et al.*, 2016).

A fines del siglo XX, en el mercado mundial de la miel, ocurrieron dos hechos fundamentales que propiciaron una diferencia importante para la actividad: 1) El aumento del consumo de miel, por incremento del consumo de Estados Unidos de Norteamérica, Alemania y Rusia, principalmente, y 2) La caída de las exportaciones, al parecer por la reducción de factores coyunturales como la baja de producción de Argentina y México (Aguayo, 2008).

El mercado de la miel como materia prima, ha fluctuado en los últimos años alrededor de un millón 200 mil toneladas anuales y un movimiento de comercialización de entre 350 mil a las 400 mil toneladas, de las cuales más del 40% fue producida por China, Estados Unidos de Norteamérica, México, Rusia, Argentina, Canadá, Alemania y Japón, pero solo la oferta al mercado mundial es proporcionada por China, Argentina y México, con un 75% de las exportaciones totales (Aguayo, 2008).

México ocupa el sexto lugar en el ámbito mundial por su volumen de producción de miel y nivel de productividad por colmena, mientras que en el Continente Americano se sitúa en el tercer lugar en ambos rubros (FAOSTAT, 2014).

La biodiversidad agrícola se entiende a menudo como los recursos fitogenéticos, sin embargo, los ecosistemas agrícolas cuentan con una amplia diversidad de otros organismos que contribuyen a su productividad y sostenibilidad; entre ellos están los polinizadores (FAO, 2008).

Las abejas aportan una contribución de valor inestimable a la agricultura y son un indicador de la salud del ambiente trabajando sin descanso, a la vez que promueven y reflejan la diversidad biológica (FAO, 2016).

Las abejas incluyendo las melíferas utilizadas en la apicultura, así como muchas especies silvestres son el grupo de polinizadores predominante y principal desde el punto de vista económico en la mayoría de las regiones geográficas (FAO, 2008; Maldonado *et al.*, 2017).

En el ámbito agropecuario, es común el uso de diversos químicos y productos sintéticos que son utilizados para abatir plagas en los cultivos, así como en el combate de ectoparásitos que afectan a los animales domésticos en los diversos sistemas de producción animal; muchos de estos productos una vez que son aplicados y cumplen con parte de su objetivo, guardan un efecto residual y de permanencia en el o los ambientes en los que fueron aplicados. Por lo que, con el

uso de plaguicidas las abejas mueren por contacto cuando el plaguicida “moja” su superficie corporal y el tóxico penetra en su cuerpo; también por ingestión cuando consume o manipula néctar, polen, resinas y agua que han sido contaminados con plaguicidas (Coppa y Huerta, 2011).

Los insecticidas son productos muy peligrosos. Si bien los fungicidas y herbicidas en su mayoría no presentan toxicidad o tienen toxicidad leve, no hay producto químico que sea totalmente inocuo para las abejas y otros insectos benéficos (Coppa y Huerta, 2011; Valladares *et al.*, 2017).

Suele haber efectos subletales donde la abeja no muere, pero se altera su nutrición, su sistema de comunicación con las demás abejas, o bien se modifica su comportamiento o la termorregulación y la memoria. De este modo la colmena se debilita y disminuye su resistencia a agentes patógenos y parásitos (Coppa y Huerta, 2011).

En el caso de colmenas afectadas por plaguicidas se observan: Colonias despobladas o con muy baja población por la mortandad de abejas ocurrida en el campo y que no pudieron regresar; y montículos de abejas muertas al pie de la colmena, debajo de la piquera (Coppa y Huerta, 2011).

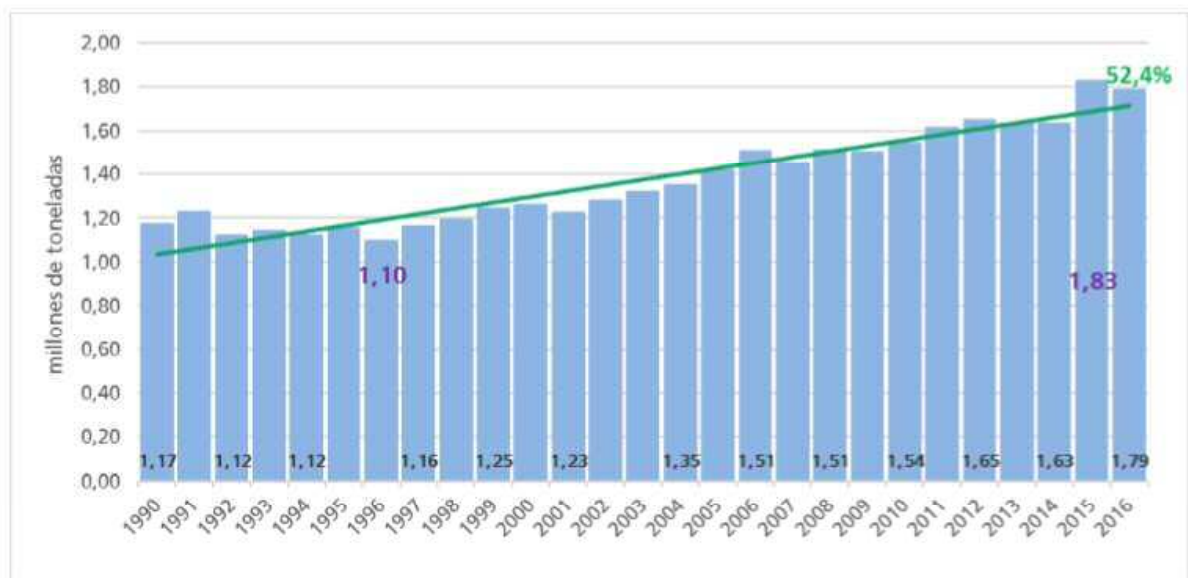
Las abejas que no mueren en el campo pueden contaminar con plaguicidas la colonia a la que pertenecen a través de las siguientes vías: a través del néctar y del polen de flores que han estado en contacto con una variabilidad de plaguicidas; a través del agua que transportan las abejas aguateras cuando la misma se encuentra contaminada. Puede provenir de canales de riego donde algunos agricultores todavía suelen lavar los equipos y envases de plaguicidas o bien, agua de riego que entró en contacto con este tipo de sustancias; y a través de las resinas, con las cuales fabrican el propóleos, proveniente de árboles que han sido pulverizados con productos sistémicos (Coppa y Huerta, 2011).

En la actualidad, a pesar de problemas climatológicos y del ambiente, así como de la baja en producción en diversos países, la creciente demanda mundial y la calidad de la miel mexicana la han colocado entre las preferidas de Europa (Perea 2010); por lo que el objetivo del presente trabajo es analizar y concentrar información referente a la problemática ambiental ocasionada sobre todo por el sobre uso de diversas sustancias a nivel agropecuario y que afectan a las abejas, organismos de gran relevancia para el mismo ambiente y mejora del ecosistema.

REVISION DE LITERATURA

Capítulo I. Importancia de las abejas en la producción de miel y el ecosistema

Es importante destacar la acción de las abejas en la producción de miel, principalmente; en la Figura 1 se observa que la evolución de la producción mundial de miel tuvo tendencia positiva, comparando los períodos 1990 y 2016 creció un 52,4% (FAO, 2018). La mínima producción se registró en el año 1996 (1.096.758 t) y la máxima en 2015 (1.825.752 t). (Sánchez *et al.*, 2018).



Fuente: Sánchez *et al.*, (2018).

Figura 2. Evolución de la producción mundial de miel natural en el período 1990-2016 (en millones de toneladas).

La evolución de la producción mundial de miel de los últimos 20 años representada por los promedios de los trienios 1994-96, 2004-06, 2014-16 (Figura 2), destaca China como primer productor mundial; incrementando su participación un 11,9% en todo el periodo analizado (Sánchez *et al.*, 2018).

Turquía tuvo un fuerte aumento de la producción de miel llegando a ubicarse desde el año 2008 en la segunda posición (Figura 2). Argentina, Estados Unidos y Ucrania disminuyeron su participación a nivel mundial (Sánchez *et al.*, 2018).

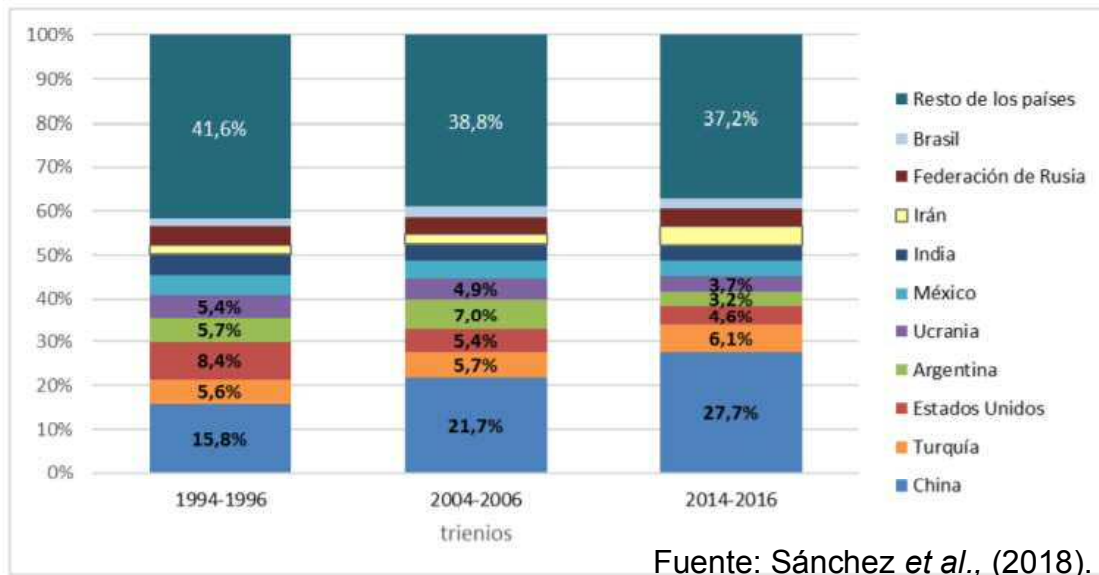
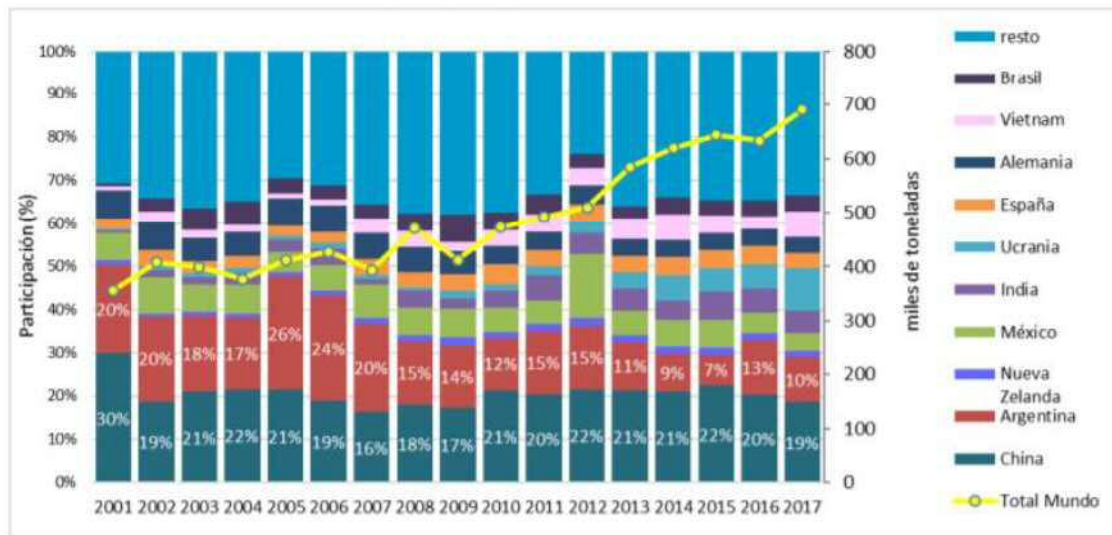


Figura 2. Evolución de la participación de los principales países en la producción de miel natural (promedio por trienios 1994-96, 2004-06, 2014-16; en %).

Con respecto a la producción de miel, considerando una base de datos de los 144 países, 15 figuran como principales productores y aportan 71.7% de la oferta total de miel y poseen 66.2% del inventario de colmenas; pero a pesar de esta relevancia, el nivel de productividad en varios de éstos no corresponde a su posición internacional como productor. Por continentes, Asia ocupó el primer lugar en volumen de producción, pero su nivel de productividad fue inferior (38.9%) al de América, región que ocupó el segundo lugar en producción (Magaña *et al.*, 2016).

El desarrollo del mercado apícola a nivel mundial, en particular de miel, se caracteriza por la predominancia del mercado interno en los países, complementada por el comercio internacional. Del total producido a nivel mundial en 2016, solo el 36% fue comercializado internacionalmente (Sánchez *et al.*, 2018).

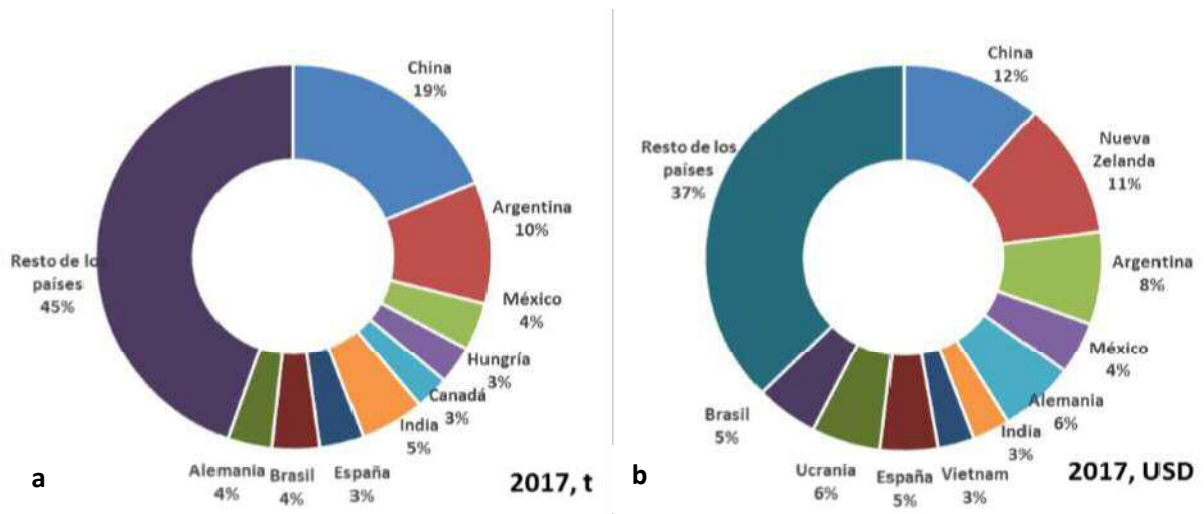
Como se observa en la Figura 3, China es el principal exportador mundial de miel, seguida por Argentina que ocupa el segundo lugar con respecto al volumen, le siguen México, India, Vietnam y Ucrania con volúmenes de exportación entre las 25 y 45 mil toneladas. La presencia de Alemania y España dentro del ranking se da por su rol de intermediario en el comercio mundial (Sánchez *et al.*, 2018).



Fuente: Sánchez *et al.*, (2018).

Figura 3. Evolución de la participación de los principales países productores con respecto al volumen de las exportaciones de miel natural (2001-2017, en %).

Con respecto a la participación de los principales países, considerando el volumen y valores exportados en el año 2017. En cuestión económica, por el ingreso obtenido en dólares (USD), el segundo lugar lo ocupa Nueva Zelanda, pero no así en cantidad. Y al considerar el volumen de exportación de miel por los países en miles de USD para el 2017, donde se destacan China, Argentina, Alemania y Nueva Zelanda que exportaron más de 135 millones de USD (Figura 4 a y b).



Fuente: Sánchez *et al.*, (2018).

Figura 4 a y b. Principales exportadores mundiales de miel natural (Año 2017, en toneladas y USD).

El principal importador de miel en el mundo es Estados Unidos. Es importante destacar que destina la miel principalmente a la industria; le siguen Alemania que es el principal consumidor de miel per cápita en la Unión Europea, Japón y Reino Unido (Sánchez *et al.*, 2018).

Turquía y Alemania son los países con mayor consumo per cápita, superando el kilo promedio de miel por habitante/año. Por otro lado, los principales exportadores (China, Argentina, México e India) tienen bajo consumo interno y exportan casi toda su producción, encontrándose los consumos en el rango de 50 y 250 gramos habitante/año. En particular, Argentina presenta un consumo de 156 gramos habitante/año (Sánchez *et al.*, 2018).

El cultivo de la abeja para obtener miel para la alimentación humana ha estado presente desde el México prehispánico, en la actualidad es una actividad de gran importancia económica, por la contribución nutritiva a la alimentación, al empleo y por los recursos económicos que genera (Figura 5), pues el país es el sexto productor de miel del mundo y ocupa el tercer lugar de los exportadores, superado

por Argentina en Latinoamérica vendiendo mieles de alta calidad y competitividad tras la implementación de normas de calidad internacional (SAGARPA, 2010; SE, 2012).



Figura 5. Panal de abejas.

De acuerdo a los diferentes climas y floras, la composición del néctar y polen México se divide en cinco regiones apícolas con diferentes grados de desarrollo y variedad de mieles en cuanto a sus características de humedad, color, aroma y sabor. Por lo tanto, el país se divide en: altiplano, golfo, costa del pacifico, norte y península de Yucatán (García *et al.*, 2012).

- 1) La región norte produce excelente miel, principalmente de mezquite que es una miel extra clara color ámbar (García *et al.*, 2012).
- 2) En la región de la costa del pacifico la miel es de origen multifloral y de mangle, siendo principalmente oscuras (García *et al.*, 2012).
- 3) En la región del Golfo su miel deriva de cítricos, principalmente de flor de naranjo, es ámbar claro, siendo muy apreciada internacionalmente (García *et al.*, 2012).

- 4) En el altiplano se produce miel ámbar y miel clara (tipo mantequilla) que tiene demanda en el mercado europeo (García *et al.*, 2012).
- 5) Y en la región de la Península de Yucatán la miel que se cosecha es reconocida a nivel internacional, siendo la más importante por su volumen de producción y donde se encuentra la mayor parte de los apicultores del país (García *et al.*, 2012).

Pero la apicultura requiere de capacitación para los productores, para cumplir con las exigencias del mercado nacional e internacional; además de la miel se pueden obtener otros productos como la cera, polen, propóleos, jalea real y veneno, y ayudar a algunos cultivos a través de la polinización (Claridades, 2010).

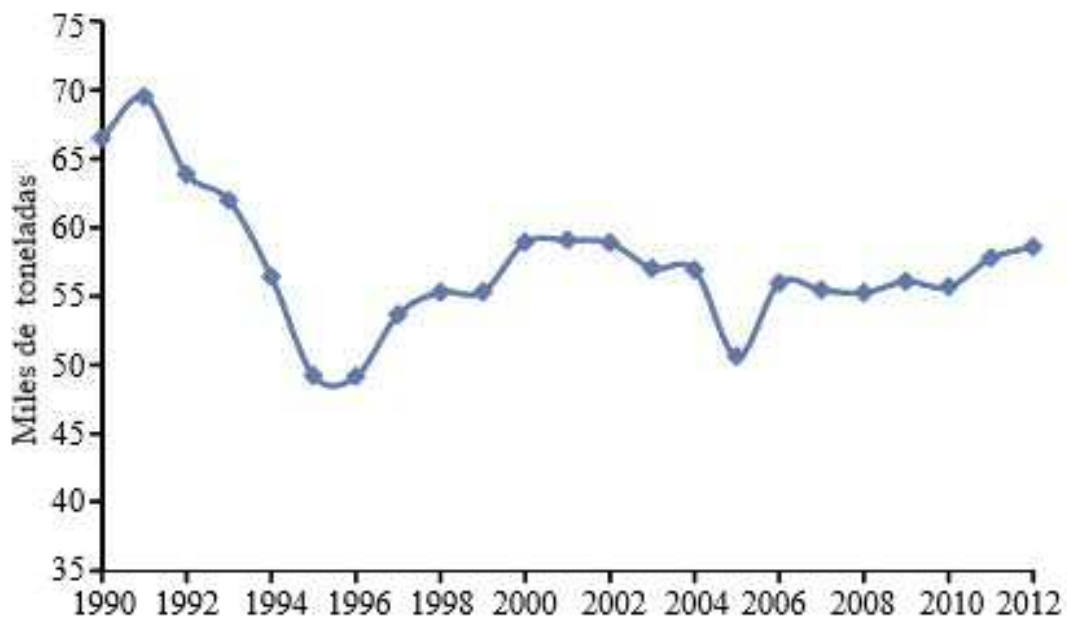
En la actualidad la producción de miel ha adquirido gran relevancia socioeconómica, ya que representa una fuente importante de empleos e ingresos en el medio rural (Magaña *et al.*, 2007). Sin embargo dicha actividad ha tenido que enfrentar, graves problemas debido a la africanización de las colonias (Güemes *et al.*, 2002), la presencia del ácaro *Varroa destructor*, precipitaciones pluviales erráticas, el embate de los huracanes sobre la infraestructura de producción y la flora (Villanueva y Collí, 1998; Güemes *et al.*, 2002), así como los originados por la estructura oligopsónica del mercado interno y la repercusión de la competencia en el mercado internacional, entre otros factores; los cuales afectan tanto los niveles de productividad como la rentabilidad (CREEBBA, 2005).

A pesar de lo anterior, y que a partir de 1990 la producción de miel presenta una tendencia general hacia la baja (SIACON, 2013), México ocupa el sexto lugar en el ámbito mundial por su volumen de producción y nivel de productividad por colmena, mientras que en el Continente Americano se sitúa en el tercer lugar en ambos rubros (FAOSAT, 2014).

Por otra parte, el bajo consumo per cápita de miel y los elevados volúmenes de producción interna son entre otros aspectos, condiciones que le dan al país su

vocación exportadora (Güemes *et al.*, 2003), cuya contribución en este rubro lo ubica en el tercer lugar mundial (FAOSAT, 2014). No obstante, el nivel de competencia entre países exportadores por mejores mercados, la exigencia de los países importadores por disponer de productos inocuos y de mayor calidad, obligan al productor tanto a adoptar o modificar sus formas tradicionales de manejo de la colmena, así como adquirir nuevos insumos para alimentar a las colonias o para solucionar los problemas sanitarios; acciones que repercuten en el costo de producción y riesgo de contaminación de la miel (SAGAR, 2000).

Aproximadamente 44 mil productores practican esta actividad pecuaria en todo el país y en 2012 poseían un poco más de un millón 898 mil colmenas. La producción de miel durante el periodo de 1990 a 2012 presentó un volumen promedio anual de 57.3 mil toneladas como se ilustra en la Figura 6 (SIACON, 2013).



Fuente: SIACON (2013).

Figura 6. Comportamiento de la producción de miel en México.

La miel es el principal producto por peso y valor que se obtiene de las colmenas, su destino es tanto la venta como el autoconsumo de la familia y se obtiene de

procesos que se diferencian por los insumos utilizados y por las formas de manejo de la colonia. El segundo producto apícola de importancia es la cera y es obtenida por 68.4% de los apicultores. Los otros productos con menor importancia relativa por cantidad son el polen, propóleo y la jalea real (Magaña *et al.*, 2016).

Aunque la apicultura se ha asociado únicamente con producción de miel, polen, jalea real y propóleos, las abejas son fundamentales para un equilibrio del ambiente, ya que al obtener el alimento de las flores fomentan en las plantas la capacidad de fecundarse (INES, 2018).

De tal forma que, la polinización es un proceso vital para el mantenimiento de la biodiversidad en la tierra. De ella depende la reproducción de cerca de 90% de las plantas con flor; por ello las abejas, al ser los insectos polinizadores más predominantes e importantes en el mundo, son fundamentales para el desarrollo de la agricultura (SADER, 2019).

Sin esta función esencial, llevada a cabo por estos insectos que transportan con eficacia el polen de una flor a otra, aproximadamente un tercio de los cultivos que consumimos tendrían que ser polinizados por otros medios o producirían una cantidad de alimento significativamente menor (Kremen *et al.*, 2007).

El arroz, cereales como el trigo, y el maíz, que suponen una gran parte de la dieta humana en el mundo, se polinizan en su mayoría gracias al viento, y no parecen tan afectados por el declive de los insectos polinizadores. Sin embargo, los cultivos más nutritivos e interesantes para nuestra dieta como frutas, verduras y algunos cultivos forrajeros utilizados para la producción de carne y lácteos se verían, sin duda, gravemente afectados por un descenso en las poblaciones de insectos polinizadores (Spivak *et al.*, 2011).

Las abejas son el grupo de polinizadores predominante y principal desde el punto de vista económico en la mayoría de las regiones geográficas. En los últimos años, no obstante, las abejas melíferas se han visto afectadas, cada vez más, por varias enfermedades, plaguicidas y otras presiones medioambientales. En consecuencia, las contribuciones a la polinización de cultivos de los polinizadores silvestres (incluidas muchas otras especies de abejas, además de otros insectos) parecen haber aumentado su relevancia (Kremen y Miles, 2012; Garibaldi *et al.*, 2013; Maldonado *et al.*, 2017).

La Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO) dice que hay 100 especies de cultivos que proporcionan el 90 % de los alimentos en todo el mundo, y el 71% de ellos son polinizados por las abejas (SADER, 2019).

Capítulo II. Efecto del cambio climático sobre la población de abejas

De acuerdo a Reyes (2013), muchas de las consecuencias predichas para el cambio climático, como el aumento de temperaturas, las modificaciones de pautas de precipitación y fenómenos meteorológicos más erráticos o extremos tendrán impacto en las poblaciones de polinizadores, afectándolos individualmente y, en última instancia, como comunidad (Figura 7), y reflejándose en tasas de extinción más altas para las especies polinizadoras.



Figura 7. Gran cantidad de abejas muertas alrededor de la colmena.

La reducción de recursos florales que utilizan las abejas provocadas 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; Maldonado *et al.*, 2017) 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).

Los apicultores del sureste de México y de otras partes del mundo se han convertido en voceros de la crisis que atraviesa el ambiente, debido a la afectación que los insecticidas y cultivos transgénicos ha provocado sobre su actividad productiva. Dichas acciones, reclamo y movilización han ocurrido en Campeche y Yucatán, resultando en la cancelación del permiso acordado a la siembra de soya transgénica, así como también en la suspensión del uso de los tres principales insecticidas neonicotinoides por la Unión Europea, en diciembre de 2013.

Desde los años 80, se viven fenómenos cada vez más importantes de debilitamiento o mortalidad de las colmenas de abejas en los Estados Unidos y en Europa, donde recientemente se reportó que hasta 40% de las colmenas de abejas mueren anualmente. Si bien varios factores están involucrados, uno de los más importantes es sin duda la exposición de las abejas a los productos químicos usados en la agricultura, en particular los insecticidas (Figura 7).



Figura 8. Mortalidad total en la colmena de abejas.

La agricultura, tanto en tierras de labor como en pastizales, ocupa alrededor del 35% de la superficie libre de hielo en la Tierra, y es uno de los ecosistemas más amplios del planeta, rivalizando con los bosques extensivos (Foley *et al.*, 2011). La agricultura se ha industrializado rápidamente desde el pasado siglo, lo que ha ocasionado un mayor uso de fertilizantes, más sustancias químicas tóxicas, más monocultivos y la expansión de la agricultura a nuevos terrenos; todo esto ha hecho que el impacto de la agricultura actual en el medioambiente sea enormemente perjudicial (Tilman *et al.*, 2001; Foley *et al.*, 2011; Rockstrom *et al.*, 2009).

Los polinizadores, manejados o silvestres, no pueden escapar a los variados impactos masivos de la agricultura industrial. Sufren simultáneamente la destrucción de sus hábitats naturales por la agricultura y los efectos nocivos de las prácticas intensivas cuando sus áreas de vuelo naturales se superponen, inevitablemente, con las explotaciones agrícolas (Reyes *et al.*, 2013)

La agricultura industrial afecta a las abejas y otros polinizadores de diversas formas. En concreto: La intensificación de la agricultura provoca la pérdida y la fragmentación de valiosos hábitats naturales y seminaturales perennes para los polinizadores (Reyes *et al.*, 2013).

Los monocultivos industriales, y en general la falta de biodiversidad vegetal de los cultivos, limitan la cantidad de alimento a que tienen acceso los polinizadores, tanto en el espacio como en el tiempo. La destrucción química de hábitats mediante la aplicación masiva de herbicidas puede tener consecuencias a largo plazo, en particular, en la distribución de polinizadores en ambientes agrícolas. El uso extendido y continuo de plaguicidas, común en los actuales sistemas de agricultura intensiva, ha estado ocasionando mortalidad y trastorno de la capacidad pecoreadora de las abejas, tanto silvestres como manejadas (Reyes *et al.*, 2013).

Por lo general, la intensificación de la agricultura de la escala local a gran escala se relaciona con una disminución en la abundancia y la riqueza de polinizadores silvestres y, por lo tanto, en los servicios ecológicos que proporcionan a los cultivos. Esta intensificación tendrá también, probablemente, un impacto en la salud y la estabilidad de las poblaciones de abejas melíferas (Reyes *et al.*, 2013).

Capítulo III. Plaguicidas de mayor impacto en la disminución de los enjambres apícolas

Los plaguicidas son un concepto genérico que incluye a las sustancias tóxicas que se denominan insecticidas cuando se busca controlar insectos, fungicidas cuando se trata de hongos, o herbicidas en el caso de plantas indeseables, entre los usos más generalizados (Jeschke *et al.*, 2010).

Los neonicotinoides se han convertido en uno de los tipos de insecticidas más comúnmente utilizados en las últimas décadas. Se dividen en dos subclases: nitroguanidinas y cianoamidinas. Las nitroguanidinas, que incluyen imidacloprid, clotianidina, tiametoxam y dinotefuran, son muy tóxicas para las abejas melíferas, y su toxicidad oral es extremadamente alta a 4-5 ng/abeja. Las cianoamidinas, como acetamiprid y tiacloprid, son ligeramente tóxicas para estos insectos. Según sus fabricantes, los neonicotinoides han sido “la clase de insecticidas de uso generalizado contra un amplio espectro de plagas chupadoras y algunas masticadoras de más rápido crecimiento” (Jeschke *et al.*, 2010).

En paralelo a este incremento, ha aumentado la preocupación por sus efectos potenciales en los polinizadores, en especial, en las abejas melíferas y los abejorros (con publicación de múltiples informes de investigación, así como de revisiones del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [UNEP] y, más recientemente, la EFSA). Sin embargo, la respuesta de los responsables políticos ha sido lenta, salvo en algunos países, como Francia o Italia, que han dado pasos tentativos en la dirección adecuada, hacia una normativa más estricta. Aun así, estos avances no ofrecen a los polinizadores una protección absoluta (EEA, 2013).

Aunque la EFSA ha presentado muy recientemente su preocupación en cuanto a los riesgos asociados con ciertos usos de tres neonicotinoides (clotianidina, imidacloprid y tiametoxam), y ha pedido a la Comisión Europea que considere cambios en la regulación de dichas sustancias. A la luz de los riesgos identificados, la oposición de algunos Estados miembros y los esfuerzos de sólidos grupos de

presión parecen haber frenado cualquier intento de cambiar las aprobaciones actuales. Estos tres neonicotinoides están entre los insecticidas más vendidos del mundo y suponen el 85% del mercado de su tipo, cuyo valor ascendía a 2.236 millones dólares; el imidacloprid fue el insecticida más vendido a nivel mundial, con ventas de 1.091 millones dólares en 2009 (Jeschke *et al.*, 2010).

Los insecticidas son una clase particular de plaguicidas, diseñados específicamente para matar a las plagas de insectos en cultivos y ganado, o en entornos domésticos. Matan o repelen en dosis lo bastante altas (letales), pero también pueden tener efectos no intencionados (subletales) a dosis bajas en insectos que no son su objetivo, entre ellos se encuentran los enemigos naturales de las plagas y los polinizadores. A causa de su función y su naturaleza intrínseca, los insecticidas son el grupo de plaguicidas que supone el riesgo más directo para los polinizadores (Tabla 1) (Desneux *et al.*, 2007; Easton y Goulson, 2013; Mullin *et al.*, 2010).

Aunque el papel relativo de los insecticidas en la disminución global de las poblaciones de polinizadores sigue estando poco claro, ahora es más evidente que nunca que algunos muestran efectos negativos patentes en su salud, tanto a nivel individual como de colonia (Henry *et al.*, 2012; Whitehorn *et al.*, 2012).

Tabla 2. Clasificación y código de productos plaguicidas según Dosis Letal (DL) 50.

CLASIFICACION	CODIGO	VALOR DL 50 (microgramos/ abeja)
Altamente tóxico	A	Menor de 1
Tóxico	B	De 1 a 5
Moderadamente tóxico	C	De 5 a 10
Ligeramente tóxico	D	De 10 a 100
No tóxico por dosis de uso	E	Mayor de 100
No tóxico por tipo de tratamiento	F	-----
No tóxico	G	Mayor de 100

Fuente: Coppa (2011).

Los insecticidas, a dosis altas o bajas, pueden afectar negativamente a los polinizadores, incluso cuando estos no son su objetivo específico. La exposición química tiende a ser continua por varias razones:

1. Actualmente, la agricultura a nivel global utiliza un mayor volumen de plaguicidas que en ningún otro momento de la historia (Tilman *et al.*, 2001).
2. Los residuos de insecticidas pueden alcanzar muchos lugares alrededor de los cultivos tratados, hábitat de numerosas especies polinizadoras, y quizá persistir en ellos. Pueden, permanecer en suelos de labor, moverse con el polvo y el aire tras operaciones de siembra o fumigación, alcanzar cursos de agua alrededor de las explotaciones agrícolas, o estar presentes en el polen y el néctar de plantas cultivadas y malas hierbas cercanas. En última instancia, se pueden también encontrar en la cera de las colmenas (Mullin *et al.*, 2010).
3. Algunos insecticidas son sistémicos, es decir, al aplicarlos, no se mantienen en el exterior de la planta, sino que entran en su sistema y se distribuyen por ella. Algunos insecticidas neonicotinoides, de acción sistémica, se utilizan para recubrir las semillas (semilla en píldoras) y protegerlas al plantarlas. Cuando la semilla en píldoras comienza a germinar y crecer, los neonicotinoides se distribuyen por los tallos y las hojas de la planta, y pueden finalmente alcanzar el agua de gutación. Las abejas suelen beber esta gutación en los cultivos que utilizan semillas recubiertas y, por lo tanto, estarán expuestas a dichas sustancias químicas (Girolami *et al.*, 2009). Además, cuando una planta crecida de una semilla recubierta de neonicotinoides florece, también pueden encontrarse residuos de las sustancias químicas en el polen y el néctar. Las abejas que se alimenten de dichas flores estarán también así potencialmente expuestas. El mayor uso de neonicotinoides significa que hay más posibilidades de que los polinizadores estén expuestos a estas sustancias químicas durante periodos

más largos, pues los insecticidas sistémicos se pueden encontrar en varios lugares durante todo el ciclo de vida de la planta, desde que crece de la semilla recubierta hasta el agua de gutación, y en el polen y el néctar durante toda la temporada de floración (Ellis, 2010).

Los efectos de los insecticidas en los polinizadores se pueden describir como inmediatos o letales ocasionando una rápida mortalidad; y subagudos o subletales cuando no provocan mortalidad en la población experimental, pero pueden causar efectos fisiológicos o de comportamiento más sutiles a largo plazo, como: trastornos en la capacidad de aprendizaje, en el comportamiento o en otros aspectos neurofisiológicos (Desneux *et al.*, 2007).

Los efectos subletales de los plaguicidas parecen afectar múltiples funciones implicadas en la salud de las comunidades de abejas melíferas y abejorros, como el pecoreo, la fecundidad o la movilidad. Por lo tanto, aunque es posible que afecten también a otras comunidades de polinizadores, sigue sin entenderse en gran medida su implicación para el ecosistema de muchos de ellos. La mayoría de los ejemplos de la forma en que los insecticidas afectan a los polinizadores se dan a nivel de especie y hay poca información sobre el impacto en los polinizadores silvestres (Desneux *et al.*, 2007).

De acuerdo con Desneux *et al.*, (2007), históricamente, se ha prestado mucha más atención al impacto letal de las sustancias químicas en las abejas melíferas. Y se han estudiado y entendido menos los problemas de efectos subletales que, sin embargo, podrían perjudicar seriamente la salud de los polinizadores. Algunos ejemplos de efectos subletales se pueden clasificar en cuatro grandes grupos según su naturaleza:

1. Efectos fisiológicos: Se han medido, por ejemplo, en términos de tasas de desarrollo (el tiempo requerido para alcanzar la edad adulta) y en malformación, (en las celdillas de los panales).

2. Alteración del patrón de pecoreo: Con efectos evidentes, en el aprendizaje y la orientación.
3. Interferencias en el comportamiento alimentario: Efectos repelentes, que inhiben la alimentación o de reducción de la capacidad olfativa.
4. Impacto de los plaguicidas neurotóxicos en los procesos de aprendizaje: Los efectos de estas sustancias en los procesos de aprendizaje han sido objeto de varios estudios sobre las abejas melíferas, dada la importancia del aprendizaje para la eficacia del pecoreo, y porque estas ofrecen un sistema razonablemente bien conocido. Se han constatado problemas en el reconocimiento de flores y colmenas, de orientación espacial muy relevantes, que han sido estudiados y ampliamente identificados en la abeja melífera.

En pruebas de laboratorio se ha demostrado que el piretroide deltametrin afecta a una gran variedad de funciones celulares de las abejas melíferas. Causando notables disfunciones en las células del corazón, con cambios en la frecuencia y la fuerza de las contracciones cardíacas. Además, el procloraz, ha demostrado afectar a la termorregulación y provocar hipotermia en las abejas melíferas, aunque este efecto no se observa si el deltametrin se utiliza por sí solo (Desneux *et al.*, 2007).

Los neonicotinoides son una clase relativamente nueva de insecticidas derivados de la nicotina. Debido a su alta neurotoxicidad para los insectos, los neonicotinoides son muy eficaces en el control de ciertas plagas. Aplicados como tratamientos foliares, en gránulos en el suelo o como recubrimiento de semillas, se han convertido en una de las clases de insecticidas más utilizados en agricultura. Se utilizan en el maíz, en árboles frutales, patatas y en muchos otros cultivos. Estos compuestos tienen propiedades sistémicas, lo que significa que son absorbidos por la totalidad del sistema vascular de la planta, por lo que todas las partes de las plantas en crecimiento contienen residuos de los plaguicidas, incluso el polen y el néctar.

La exposición a bajas concentraciones subletales del neonicotinoide tiametoxam puede causar en la abeja africanizada deficiencias en las funciones cerebrales e intestinales, y contribuir a acortar su ciclo de vida (Oliveira *et al.*, 2013).

El neonicotinoide imidacloprid ha demostrado efectos nocivos, incluso en dosis muy bajas, en el desarrollo de colonias de abejorros y, especialmente, en sus reinas. Los abejorros que se nutren de alimentos contaminados con pequeñas cantidades de imidacloprid tienen un bajo desarrollo, y como resultado, sus colonias son menores (entre el 8% y el 12% más pequeñas). Lo que es más importante, esto se traduce en un descenso desproporcionado en el número de reinas: una o dos, en comparación con las encontradas en colonias sin plaguicidas. Las reinas son fundamentales para la supervivencia de la colonia, pues son los únicos individuos que sobreviven al invierno y pueden fundar colonias la primavera siguiente (Whitehorn *et al.*, 2012).

En el estudio de laboratorio realizado por Hatjina *et al.*, (2013) demostraron que la exposición a dosis subletales del neonicotinoide imidacloprid resultó en notables cambios en el patrón respiratorio de las abejas, y también en las glándulas hipofaríngeas, que no crecieron tanto como en las abejas no tratadas; concluyendo que era importante incluir los impactos fisiológicos de la exposición a imidacloprid entre otras mediciones, pues tenían implicaciones tanto a nivel individual como en términos de toda la colonia.

En estudios similares realizados por Suchail *et al.*, (2001), y Lambin *et al.*, (2001), demostraron que el neonicotinoide imidacloprid afectaba a la movilidad de las abejas melíferas en dosis bajas. Este efecto dependía de la dosis y cambiaba con el tiempo lo que revela que el periodo de observación podría ser crucial para detectar algunos de los efectos más sutiles de los insecticidas.

En otro experimento de laboratorio, dosis subletales de imidacloprid provocaron reducciones significativas de la movilidad. Las abejas eran menos activas que las

no tratadas, aunque el efecto fue transitorio. Las abejas también demostraron una pérdida de la capacidad de comunicación, lo que podría tener profundos efectos en su comportamiento social (Medrzycki *et al.*, 2003).

El imidacloprid está muy restringido en Europa para proteger a dichos polinizadores; se prohíbe su uso para el tratamiento de semillas, tratamiento del suelo y como aplicación foliar para cultivos de maíz, colza, soja, cebada, mijo, avena, arroz, centeno, sorgo y trigo (Reglamento de Ejecución (UE) No. 485/2013 de la Comisión Europea).

El piretroide deltametrin ha demostrado alterar los viajes de retorno de las pecoreadoras tratadas tópicamente con dosis subletales, reduciendo su número de vuelos de vuelta a la colmena (Vandame *et al.*, 1995).

En estudio de Henry *et al.*, (2012), realizado en condiciones seminaturales con abejas melíferas, mostró que aquellas que se alimentan de polen o néctar contaminados con el neonicotinoide tiametoxam, incluso en dosis muy bajas, pueden perderse de vuelta a la colmena; como resultado, tenían el doble de probabilidades de morir en un día, lo que debilitó a la colonia y la puso en mayor peligro de colapso.

Del total de 183 ingredientes activos de los plaguicidas altamente peligrosos autorizados en México encontramos una enorme cantidad de registros sanitarios vigentes (3140); es decir, con alguna autorización para uso agrícola, forestal, pecuario, doméstico, urbano, en jardinería e industrial, incluyendo formulaciones de mezclas con uno o más de los ingredientes activos, o con permiso solo para plantas formuladoras, según el Catálogo de plaguicidas de 2016. La mayoría de los registros de plaguicidas altamente peligrosos el 91% con 2865 registros cuentan con una vigencia indeterminada, debido a que fueron otorgados antes del 2005. Del total de registros vigentes casi las dos terceras partes (63%) están autorizados para ser usados como insecticidas (insecticida, insecticida-acaricida, insecticida-

larvicida, o insecticida-nematicida con 1987 registros); le siguen los fungicidas (474 registros incluyendo fungicidas y fungicidas-bactericida), y los herbicidas (442, incluyendo los herbicidas y los autorizados como desecantes). En menor medida están los autorizados como rodenticidas (126), fumigantes (78), los acaricidas (24) (incluyendo acaricidas y acaricidas-fungicidas); y los mitocidaovicida-acaricida, con solo tres registros.

En octubre de 2008, durante la segunda reunión conjunta de expertos sobre gestión de plaguicidas de la FAO y la OMS, se aprobaron los criterios para la definición de los plaguicidas altamente peligrosos. Según estos criterios, los plaguicidas altamente peligrosos se definen como los que presentan una o más de las siguientes características: toxicidad aguda alta, toxicidad crónica, los incluidos en convenios ambientales internacionales vinculantes (cuyo cumplimiento es obligatorio), y los ingredientes activos o formulaciones de plaguicidas que muestran una alta incidencia de efectos adversos irreversibles o severos en la salud o el ambiente, según las condiciones de uso en el país (FAO- WHO JMPM, 2008).

Además de los criterios establecidos en la reunión conjunta de expertos de la FAO y la OMS, la Red de Acción en Plaguicidas internacional ha propuesto un conjunto más amplio de indicadores de peligrosidad, algunos de ellos usados por autoridades reconocidas, como la Unión Europea y la Agencia Estadounidense de Protección Ambiental (EPA). Los indicadores son: toxicidad mortal por inhalación, alteración hormonal, toxicidad alta para las abejas, muy persistente en agua, suelo o sedimentos, muy tóxicos para los organismos acuáticos y muy bioacumulables.

El indicador de toxicidad alta para las abejas menciona que son aquellos que tienen una dosis letal media menor de 2 microgramos por abeja (DL50, $\mu\text{g}/\text{abeja} < 2$).

Los países que evalúan el impacto de los plaguicidas en los polinizadores como requisito para su registro, consideran sólo una de las especies polinizadoras, la abeja melífera europea (*Apis mellifera*), y dejan fuera el impacto sobre otros

polinizadores. Para muchos cultivos tropicales las abejas silvestres no *Apis* son los principales o únicos polinizadores y conforman aproximadamente el 90 % de las abejas del mundo. Por lo anterior, la evaluación del impacto de los plaguicidas debería considerar tanto el impacto en la abeja melífera europea como en las abejas nativas locales u otros polinizadores relevantes (Nates-Parra, 2005).

La exposición a plaguicidas también puede reducir la capacidad de las abejas para detectar fuentes de alimento. Por ejemplo, el fipronil aplicado tópicamente en bajas concentraciones a las abejas melíferas disminuyó su capacidad para notar las bajas concentraciones de sacarosa en un 40% respecto de las abejas no tratadas, también son afectadas las habilidades olfativas reducidas y de memoria; al mismo tiempo se observa una taza reducida de abejas activas/total y pecoreo reducido (Colin *et al.*, 2004; El Hassani *et al.*, 2005).

En los últimos años se ha documentado la alta toxicidad que tienen para las abejas los plaguicidas neonicotinoides derivados sintéticos de la nicotina introducidos en el mercado mundial en 1991 (Watts, 2011). La Unión Europea ha restringido temporalmente algunos insecticidas neonicotinoides como el fipronil y el imidacloprid, pero no son los únicos plaguicidas que pueden tener una alta toxicidad para las abejas.

La cipermetrina, usada como insecticida y acaricida. Es un piretroide altamente tóxico para las abejas. La cipermetrina está autorizada en México para todos los usos: agrícola, pecuario, doméstico, jardinería, urbano e industrial (Reglamento de Ejecución (UE) No. 485/2013 de la Comisión Europea).

En el muestreo y análisis de residuos de plaguicidas en colmenas de abejas melíferas, que tuvo por objeto el polen, la cera y las abejas en sí, en los Estados Unidos de Norteamérica; realizado por Mullin *et al.*, (2010) demostraron que las abejas melíferas suelen estar expuestas a múltiples plaguicidas. Encontrando niveles de acaricidas y plaguicidas agrícolas sin precedentes en colonias de abejas

melíferas de todo EE. UU. y una provincia canadiense. Dicho estudio mostró con claridad que el polen recolectado por abejas podía contener altos niveles de varios plaguicidas, entre ellos cantidades significativas de los insecticidas aldicarb, carbaril, clorpirifos e imidacloprid, los fungicidas boscalid, captan y myclobutanil, y el herbicida pendimetalin. También se encontraron altos niveles de fluvalinato y cumafos; estos dos últimos son acaricidas aplicados a menudo por los apicultores en sus colmenas para controlar las plagas de Varroa.

De acuerdo con Mullin *et al.*, (2010), el polen es la principal fuente de proteínas para las abejas melíferas y tiene un papel crucial en su nutrición y en la salud de la colonia. Es de suponer que habrá interacciones entre diversos plaguicidas cuando hay tantos residuos distintos en el ambiente que las rodea. En el trabajo de estos investigadores reportan el hallazgo de diez plaguicidas en el polen en una concentración mayor de un décimo del nivel LD50 para las abejas, lo que indica que cada una de estas sustancias tóxicas puede tener efectos subletales por sí misma. Aparte de los insecticidas, los fungicidas fueron los residuos de plaguicidas más significativos encontrados en el polen; señalando una correlación entre algunos fungicidas y la mala salud en las colmenas. Como se ha considerado, los fungicidas podrían exacerbar los efectos nocivos de algunos insecticidas en las abejas melíferas. A menudo se han encontrado residuos de neonicotinoides en polen y cera, por lo general, a menores niveles que los piretroides; aunque una muestra de polen contenía un nivel excepcionalmente alto de imidacloprid. Y aún no se conoce bien el potencial de los neonicotinoides para interactuar con otros plaguicidas.

OBJETIVO

Realizar una revisión bibliográfica sistemática sobre el efecto de la contaminación ambiental y del sobreuso de plaguicidas que afectan a la población de abejas *Apis mellifera*.

MATERIAL

Para la elaboración de la tesina se utilizó información de tipo bibliográfico obtenido de:

- Artículos de revistas científicas e información de Internet y base de datos, como: PubMed, Scielo, Redalyc, Blackwell Synergy e ISI Web of Knowledge.
- Libros
- Memorias de congresos y reuniones de investigación.

Además del equipo de cómputo: computadora e impresora; USB, cd's, hojas, lápices y bolígrafos.

MÉTODO

El trabajo consistió en seleccionar la información, y ubicar a través de internet (buscadores: PubMed, Blackwell Synergy e ISI Web of Knowledge), a los principales descriptores de interés: abejas, cambio climático, plaguicidas, efecto toxico, ambiente; los conectores booleanos utilizados serán: and y or.

Se identificó, selecciono, recopilo y analizó la información para ordenarla mediante la elaboración de fichas de trabajo.

Una vez recopilada la información, se organizó para presentarla de acuerdo con los capítulos, que integraran el trabajo, los cuales son:

- | | |
|---------------|--|
| Capítulo I: | Importancia de las abejas en el ecosistema |
| Capítulo II: | Efecto del cambio climático sobre la población de abejas |
| Capítulo III: | Plaguicidas de mayor impacto en la disminución de los enjambres apícolas |

LÍMITE DE ESPACIO

El trabajo se realizó en las salas de estudio y bancos de información (base de datos), de los siguientes centros:

Biblioteca Central del Cerrillo Piedras Blancas, de la Unidad *Campus* el Cerrillo de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México.

Biblioteca de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.

Instituto Nacional de Investigación y Fomento Agropecuario (INIFAP) de Palo Alto. Ciudad de México.

LÍMITE DE TIEMPO

El trabajo se realizó del periodo de octubre del 2019 a junio del 2020; para la elaboración del documento se incluyó la información más relevante.

En donde destacan las fases de recolección y búsqueda de información, análisis y elaboración de fichas bibliográficas, y redacción del documento.

Cronograma de actividades

Actividad	Oct-Nov 2019	Dic 2019	En-Feb. 2020	Mzo-Jun 2020
Recolección y búsqueda de información	X	X		
Análisis y elaboración de fichas bibliográficas	X	X		
Redacción de protocolo	X	X	X	
Redacción del documento final			X	X

CONCLUSIONES

El uso extendido, continuo e indiscriminado de plaguicidas en los sistemas agropecuarios, urbano-industrial y doméstico ocasiona mortalidad y trastornos en las abejas.

La toxicidad de los plaguicidas sobre las abejas puede provocar rápida y alta mortalidad; ocasionar trastornos en la capacidad de aprendizaje, en el comportamiento (pecoreó, fecundidad y movilidad) y otros aspectos neurofisiológicos.

La afectación de insecticidas neonicotinoides sobre las abejas es crítica, con un 40 % o más de mortalidad de la colmena.

Los plaguicidas: tiametoxam, imidacloprid, deltametrin, fipronil y cipermetrina entre otros tienen un efecto residual, con efectos nocivos y bioacumulación en los productos obtenidos de las abejas.

SUGERENCIAS

Al valorar y considerar la información vertida en este documento resulta imperante y necesario el fortalecimiento de la capacidad de los sistemas agroalimentarios para prevenir, mitigar o hacer frente a diferentes tipos de riesgos (entre los que se encuentran el uso indiscriminado de plaguicidas), que afectan a las abejas; para mantener y mejorar los sistemas productivos, así como de la mitigación del impacto ambiental a través de la agrociencia.

La apicultura requiere de capacitación para los productores (y cumplir con las exigencias del mercado nacional e internacional) para disponer de productos inocuos y de mayor calidad; al adquirir nuevos insumos para solucionar los problemas sanitarios, considerando el menor riesgo posible de contaminación de la miel.

Es necesario el fortalecimiento de las acciones y prácticas pecuarias, así como de las instancias correspondientes para la regulación, el registro de productos y sustancias químicas usadas en diferentes medios; con un control en el uso y manejo de los plaguicidas, y que se sancione conforme corresponda a quien los utilice de manera indebida e indiscriminada.

LITERATURA CITADA

1. Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (2010): Situación Actual y Perspectiva de la Apicultura en México. *Claridades Agropecuarias*, 199: pp. 3–34. Disponible en: <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/199/ca199-3.pdf>. (06 de enero 2020).
2. Aguayo, Q. (2008): Apicultura Chilena: Un sector emergente. Disponible en: http://www.proapis.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=56:apichil&ca (10 de diciembre 2019)
3. Aguilar, R.; Ashworth, L.; Galetto, L. (2006): Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: Review and synthesis through a meta-analysis. *Ecology Letters*, 9(8):968–980. doi: 10.1111/j.1461-0248.2006.00927.x.
4. Akhgari, M.; Abdollahi, M.; Kebryaezadeh, A.; Hosseini, R.; Sabzevari, O. (2003): Biochemical evidence for free radical-induced lipid peroxidation as a mechanism for subchronic toxicity of malathion in blood and liver of rats. *Hum Exp Toxicol.*, 22(4): 205-211.
5. Bejarano, F. (2017): Los Plaguicidas Altamente Peligrosos en México. *Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México, A.C. (RAPAM)*, p. 351. doi: 10.1097/NNA.0b013e31828958cd.
6. Brown, M.A.; Brix, K.L. (1998): Review of health consequences from high, intermediate and low-level exposure to organophosphorus nerve agents. *J Appl Toxicol.*, 18: 393-408.
7. Claridades Agropecuarias (2010): Situación actual y perspectivas de la apicultura en México, 199, pp. 3-34, Disponible en: [ww.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/199/ca199-3.pdf](http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/199/ca199-3.pdf). (14 enero del 2020)
8. Coppa, R. y Huerta, G. (2011): Pesticidas vs abejas. *Agricultura*. pp. 81–84.
9. CREEBBA. (2005). La rentabilidad de la apicultura. *Estudios especiales, Indicadores de actividad Económica*, 80:12-18.

10. Decourtye, A.; Armengaud, C.; Renou, M.; Devillers, J.; Cluzeau, S.; Gauthier, M.; Pham-delegue, MH. (2004): Imidacloprid impairs memory and brain metabolism in the honeybee (*Apis mellifera L.*). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 78: 83-92.
11. Desneux, N.; Decourtye, A.; Delpuech, J.M. (2007): The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.*, 52: 81-106.
12. Dainat, B.; Vanengelsdorp, D.; Neumann, P. (2012): Colony collapse disorder in Europe. *Environ Microbiol Rep.* 4: 123-125.
13. Easton, A.H.; Goulson, D. (2013): The Neonicotinoid Insecticide Imidacloprid Repels Pollinating Flies and Beetles at Field-Realistic Concentrations. *PLoS ONE*, 8: e54819.
14. EEA. (European Environment Agency) (2013): Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation. <http://www.eea.europa.eu/publications/late-lessons-2>. (07 de enero 2020).
15. Ellis, M.D. (2010): Managed pollinator CAP coordinated agricultural project: Pesticides applied to crops and honeybee toxicity. *American Bee Journal*, 150: 485-486.
16. Evans, J.D.; Saegerman, C.; Mullin, C.; Haubruge, E.; Nguyen, B.K.; Frazier, M.; Tarry D.R. (2009): Colony collapse disorder: a descriptive study. *PloS one*, 4: e6481.
17. FAO (2008): Los polinizadores: su biodiversidad poco apreciada, pero importante para la alimentación y la agricultura. *Sciences-New York*, pp. 1–15. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-be104s.pdf>. (06 de enero 2020).
18. FAO (2013): Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides. Guidelines on Data Requirements for the Registration of Pesticides.
19. FAO (2016): Las abejas: un indicador para comprobar la salud de los ecosistemas agrícolas. Disponible en: <http://www.fao.org/news/story/es/item/415604/icode/>. (08 de enero 2020).
20. FAO (2019): FAO - Noticias: La reducción de la población de abejas es una

- amenaza para la seguridad alimentaria y la nutrición. Disponible en: <http://www.fao.org/news/story/es/item/1194963/icode/>. (09 de enero 2020).
21. FAOSTAT (2014): Base de datos estadísticos. Disponible en: <http://faostat.fao.org/default.aspx?lang=es>. (3 de enero 2020).
22. FAOSTAT (2018): Base de datos estadísticos. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data>. (3 de enero de 2020)
23. Foley, J.A.; Ramankutty, N.; Brauman, K.A.; Cassidy, E.S.; Gerber, J.S.; Johnston, M.; Mueller, N.D.; O'Connell, C.; Ray, D.K.; West, P.C.; Balzer, C.; Bennett, E.M.; Carpenter, S.R. (2011): Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478: 337–342
24. García, L.; Meza, E. (2012): Oportunidades y obstáculos para el desarrollo de la apicultura en Nayarit. Disponible en: EUMED <http://www.eumed.net>. (11 de enero 2020).
25. Garibaldi, L.A.; Steffan-Dewenter, I.; Winfree, R.; Aizen, M.A.; Bommarco, R.; Cunningham, S.A.; Kremen, C.; Carvalheiro, L.G.; Harder, L.D.; Afik, O.; Bartomeus, I.; Boreux, V.; Cariveau, D.; Chacoff, N.P.; Dudenhöffer, J.H.; Freitas, B.M.; Ghazoul, J.; Greenleaf, S.; Hipólito, J.; Holzschuh, A.; Howlett, B.; Isaacs, R.; Javorek, S.K.; Kennedy, C.M. (2013): Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. *Science*, 23: 134-145.
26. Girolami, V.; Mazzon, I.; Squartini, A.; Mori, N.; Marzaro, M.; Bernardo, AD.; Greatti, M.; Giorio, C.; Tapparo, A. (2009): Translocation of Neonicotinoid Insecticides from Coated Seeds to Seedling Guttation Drops: A Novel Way of Intoxication for Bees. *Journal of Economic Entomology*, 102: 1808-1815.
27. Güemes, F.; Echazarreta, C.; Villanueva, R.; Pat, R. (2003): La apicultura en la Península de Yucatán. Actividad de subsistencia en un entorno globalizado. *Rev. Mexicana del Caribe*. 7(16):117-132.
28. Güemes, R.F.J.; Echazarreta, C.; Villanueva, R. (2002): Condiciones de la apicultura en Yucatán y del mercado y sus productos. Disponible en: www.miel.uqroo.mx/princip/ensayoyuc.htm. (11 de enero 2020).

29. Gupta, C.R.; Fact, D. (2007): Veterinary Toxicology. Basic and Clinical Principles. Academic Press. U.S.A. pp. 525.
30. Hatjina, F.; Papaefthimiou, C.; Charistos, I., Dogaroglu, T.; Bouga, M.; Emmanouil, C.; Arnold, G. (2013): Sublethal doses of imidacloprid decreased size of hypopharyngeal glands and respiratory rhythm of honeybees in vivo. *Apidologie* DOI: 10.1007/s13592-013-0199-4
31. Henry, M.I.; Beguin, M.; Requier, F.; Rollin, O.; Odoux, J-F.; Aupinel, P.; Aptel, J.; Tchamitchian, S.; Decourtye, A. (2012): A Common Pesticide Decreases Foraging Success and Survival in Honey Bees. *Science* 1215039. DOI:10.1126/science.1215039.
32. INES (Instituto Nacional de Economía Social)(2018): Historia e importancia de la Apicultura. *Gobierno de México*. Disponible en: <https://www.gob.mx/inaes/articulos/historia-e-importancia-de-la-apicultura?idiom=es>. (11 de enero 2020).
33. IPCS (2010): Environmental health criteria No. 63: Organophosphorous insecticides: a general introduction. UNEP-ILO-WHO.
34. Jeschke, P.; Nauen, R.; Schindler, M.; Elbert, A. (2010): Overview of the Status and Global Strategy for Neonicotinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59: 2897-2908.
35. Kremen, C.; Miles, A. (2012): Ecosystem Services in Biologically Diversified versus Conventional Farming Systems: Benefits, Externalities, and Trade-Offs. *Ecology and Society*, 17.
36. Kremen, C.; Williams, N.M.; Aizen, A.M.; Gemmill-Herren, B.; LeBuhn, G.; Minckley, R.; Packer, L.; Potts, G.S.; Roulston, T. (2007): Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: A conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*, 10(4): 299–314. doi: 10.1111/j.1461-0248.2007.01018.x.

37. Lambin, M.; Armengaud, C.; Raymond, S.; Gauthier, M. (2001): Imidacloprid-induced facilitation of the proboscis extension reflex habituation in the honeybee. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 48: 129-134.
38. Magaña, M.; Aguilar, A.; Lara, P.; Sanginés, J. (2007): Caracterización socioeconómica de la actividad apícola en el estado de Yucatán, México. *Agronomía, Universidad de Caldas, Colombia*. 15(2):17-24.
39. Magaña, M.M.A.; Tavera, C.M.E.; Salazar, B.L.L.; Sanginés, G.J.R. (2016): Productividad de la apicultura en México y su impacto sobre la rentabilidad. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7: 1103-1115.
40. Maldonado-González, A.P.; Tenorio-Beltrán, L.E.; Vázquez-Romero, Y.I.; Villalobos-Rodríguez, M.A.; Velázquez-Ordoñez, V.; Ortega-Santana, C.; Valladares-Carranza, B. (2017): Varroasis: enfoque ambiental y económico. Una revisión. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*. 18 (9):1-12. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63653009023.pdf>
41. Medrzycki, P.; Montanari, R.; Bortolotti, I.; Sabatini, AG.; Maini, S.; Porrini, C. (2003): Effects of imidacloprid administered in sublethal doses on honeybee behaviour. Laboratory tests. *Bulletin of Insectology*, 56: 59-62.
42. Milatovic, D.; Gupta, R.C.; Aschner, M. (2003): Anticholinesterase toxicity and oxidative stress. *SWJ.*, 6: 295-310.
43. Mullin, C.A.; Frazier, M.; Frazier, J.L.; Ashcraft, S.; Simonds, R.; Pettis, J.S. (2010): High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honeybee health. *PLoS ONE*, 5: e9754.
44. Nazzi, F.; Brown, S.P.; Annoscia, D.; Del Piccolo, F.; Di Prisco, G.; Varricchio, P. (2012): Synergistic Parasite-Pathogen Interactions Mediated by Host Immunity Can Drive the Collapse of Honeybee Colonies. *PLoS Pathog* 8(6): e1002735. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002735>
45. Oliveira, R.A.; Roat, T.C.; Carvalho, S.M.; Malaspina, O. (2013): Sideeffects of thiamethoxam on the brain and midgut of the africanized honeybee *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Environmental Toxicology*, 23: 62-66.

46. Reyes, T.; Gergely, S.; Paul, J. (2013): El declive de las abejas. Greenpeace.
47. Rockstrom, J.; Steffen, W.; Noone, K.; Persson, A.; Chapin, F.S.; Lambin, E.F.; Lenton T.M.; Scheffer, M.; Folke, C.; Schellnhuber, H.J.; Nykvist, B.; de Wit, C.A.; Hughes, T.; van der Leeuw, S.; Rodhe. H. (2009): A safe operating space for humanity. *Nature*, 461: 472-475.
48. SADER (2019): Sin abejas, ¿que sería de la agricultura?. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Gobierno.gob. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/sin-abejas-que-seria-de-la-agricultura?idiom=es>. (15 de enero 2020).
49. SAGAR. (2000): Situación actual y perspectiva de la apicultura en México 2000. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/publicaciones/lists/estudios%20de%20situacion%20actual%20y%20perspectiva/attachments/26/sppa00.pdf>. (15 de enero 2020).
50. Sanchez, C.; Castignani, H.; Rabaglio, M. (2018): El Mercado Apícola Internacional. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*, p. 23. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_cicpes_instdeeconomia_sanchez_mercado_apicola_internacional.pdf. (09 de enero 2020).
51. Santhosh Kumar, S. (2018): Colony Collapse Disorder (CCD) in Honey Bees Caused by EMF Radiation. *Bioinformation*, 14(9): 521–524. doi: 10.6026/97320630014521.
52. SIACON. (2013): Base de datos de la actividad agrícola, pecuaria y pesquera en México. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=369. (09 de enero de 2020).
53. Spivak, M.; Mader, E.; Vaughan, M.; Euliss, N.H. (2010): The Plight of the Bees. *Environmental Science & Technology*, 45: 34-38.
54. Suchail, S.; Guez, D.; Belzunces, L.P. (2001): Discrepancy between acute and

- chronic toxicity induced by imidacloprid and its metabolites in *Apis mellifera*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20: 2482-2486.
55. Tilman, D.; Fargione, J.; Wolff, B.; D'Antonio, C.; Dobson, A.; Howarth, R.; Schindler, D.; Schlesinger, W.H.; Simberloff, D.; Swackhamer, D. (2001): Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change. *Science*, 292: 281-284.
56. Tirado, R.; Simon, G.; Johnston P. (2013): El declive de las Abejas. Peligros para los Polinizadores y la Agricultura de Europa. *Nota técnica de los laboratorios de Greenpeace*, 1, p. 25. Disponible en: http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/Agricultura-ecologica/el_declive_de_las_abejas.pdf. (10 de enero 2020).
57. Valladares-Carranza, B.; Velázquez-Ordoñez, V.; Ortega-Santana, C. (2017): Organoclorados: efecto sobre el ambiente y en salud pública. Editorial Académica Española. ISBN: 978-3-659-65132-8. <https://www.booklooker.de/B%C3%BCcher/Benjam%C3%ADn-Valladares-Varranza+Organoclorados-Efecto-sobre-el-ambiente-y-en-salud-%C3%BAblica/id/A02kfNIC01ZZm>
58. Vandame, R.; Meled, M.; Colin, M.E.; Belzunces, L.P. (1995): Alteration of the homing-flight in the honey-bee *Apis mellifera* L exposed to sublethal dose of deltamethrin. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 14: 855-860.
59. Villanueva, R.; Collí, W. (1997): La apicultura en la Península de Yucatán, México y sus perspectivas. *Apitec* 6. México.
60. Wey, M.Y.; Shi, J.L. (1997): The effect of pressure fluctuations on PAHs emission and combustion efficiency during incineration. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 61(1-4):83-98. doi: 10.1080/02772249709358475.
61. Whitehorn, P.R.; O'Connor, S.; Wackers, F.I.; Goulson, D. (2012): Neonicotinoid Pesticide Reduces Bumble Bee Colony Growth and Queen Production. *Science* 1215025 DOI:10.1126/science.1215025.
62. Williams, G.R.; Tarry, R.D.; van Engelsdorp, D.; Marie-Pierre, Ch.; Cox-Foster, D.L.; Delaplane, S.K.; Neumann, P.; Pettis, S.J.; Rogers, R.E.L.; Shutler, D.

(2010): Colony collapse disorder in context', *BioEssays*, 32(10): 845–846. doi: 10.1002/bies.201000075.

63. Zaragoza-Bastida, A.; Valladares-Carranza, B.; Ortega-Santana, C.; Zamora-Espinosa, J.L.; Velázquez-Ordoñez, V.; Aparicio-Burgos, J. (2016): Repercusiones del uso de los organoclorados sobre el ambiente y salud pública. *Abanico Veterinario*, 6(1):43-55.