

Afectación de colonias apícolas por la utilización del imidacloprid para el control de insectos
plaga en zonas de producción agrícola

Jaime Eduardo Perilla Melo

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTAL
PREGRADO EN ZOOTECNIA
BOGOTÁ, CUNDINAMARCA, COLOMBIA
AÑO 2020

Afectación de colonias apícolas por la utilización del imidacloprid para el control de insectos
plaga en zonas de producción agrícola

Jaime Eduardo Perilla Melo

Monografía como opción de grado para optar por el título de Zootecnista

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTAL
PREGRADO EN ZOOTECNIA
BOGOTÁ, CUNDINAMARCA, COLOMBIA
AÑO 2020

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá,

Agradecimientos

Agradezco profundamente a mi familia por el apoyo incondicional prestado en cada momento del desarrollo de esta opción de grado, haciéndome más fácil superar las dificultades presentadas en el camino.

Agradezco también a mi trabajo y a mis compañeros de oficina, que me brindaron las herramientas, los insumos y el apoyo necesario para poder llevar a cabo esta opción de grado.

Resumen

La abeja *Apis mellifera* es un insecto benéfico para el ecosistema y para el sustento del ser humano, ya que propicia la polinización. Sin embargo, estos insectos han venido siendo afectados negativamente por el uso de insecticidas entre los que se encuentran los neonicotinoides como el Imidacloprid, que afecta al sistema nervioso de la abeja generando efectos crónicos como la pérdida del sentido de la orientación y agudos como la muerte, pudiendo llegar a generar el síndrome de colapso de colmena.

Para el desarrollo de esta monografía se inició recopilando información local sobre los problemas que afectan a las abejas, pero al no encontrar suficientes datos se expandió el área geográfica buscando información a nivel nacional y posteriormente a nivel internacional. Como primera medida se identificaron las fuentes de información como artículos científicos, artículos de revistas, libros y sitios web, para luego clasificar las fuentes y ordenarlas en función de los objetivos de proyecto de grado.

Tras analizar la información recopilada se identificó que la problemática de la alta mortalidad de las abejas, asociada al Imidacloprid se presenta alrededor de todo el mundo, con diferentes medidas de respuesta por los países afectados, siendo Colombia un país permisivo en el uso de insecticidas y con pocas políticas destinadas a la protección de dichos insectos

Palabras Clave: *Apis mellifera*, insecticida, mortalidad, Imidacloprid

Abstract

The bee *Apis mellifera* is a beneficial insect for the ecosystem and for the sustenance of the human being, because it promotes pollination. However, these insects have been negatively affected by the use of insecticides, among which are neonicotinoids such as Imidacloprid, which affects the nervous system of the bee generating chronic effects such as loss of the sense of orientation and acute effects such as death. , being able to generate the hive collapse syndrome.

For the development of this monograph, it was begun by collecting local information on the problems that affect bees, but not finding enough data, the geographic area was expanded, seeking information at the national level and later at the international level. As a first measure, sources of information such as scientific articles, magazine articles, books and websites were identified, and then the sources were classified and ordered according to the objectives of the degree project.

After analyzing the information collected, it was identified that the problem of high mortality of bees, associated with Imidacloprid occurs around the world, with different response measures by the affected countries, with Colombia being a permissive country in the use of insecticides and with few policies aimed at protecting these insects

Keywords: *Apis mellifera*, insecticide, mortality, Imidacloprid

Contenido

1. Introducción	10
2. Objetivos	13
2.1. Objetivo General	13
2.2. Objetivos Específicos	13
3. Generalidades	14
4. Problemas que ocasiona la utilización del insecticida Imidacloprid en el organismo de las abejas <i>Apis mellifera</i>	15
5. Mortalidad en poblaciones apícolas afectadas por el Imidacloprid en las zonas productoras en el país	25
6. Toxicidad del producto químico Imidacloprid utilizado en labores de fumigación en zonas productoras apícolas	39
7. Conclusiones	46
8. Recomendaciones	48
9. Bibliografía	49

Lista de Figuras

Figura 1: Órganos de una abeja obrera.....	12
Figura 2: Efectos de los pesticidas en abejas <i>Apis mellifera</i>	19
Figura 3: Sistema nerviosos de una abeja <i>Apis mellifera</i>	20
Figura 4: Los pesticidas neonicotinoides amenazan a las abejas	22
Figura 5: Mortalidad anual de abejas en Europa.....	28
Figura 6: Colmenas de abejas <i>Apis Mellifera</i> en millones, en Estados Unidos.....	29
Figura 7: Abejas de Estados Unidos en peligro.	30
Figura 8: Principales causas de mortalidad de colonias reportadas por laboratorios europeos	31
Figura 9: transporte del insecticida por las abejas.....	40
Figura 10: Contaminación mundial de miel por neonicotinoides.	41

Lista de Tablas

Tabla 1: Toxicidad de plaguicidas en abejas (LD50 a las 48 horas) por contacto, exposición oral y su persistencia en el suelo (vida media)	33
Tabla 2: Riesgo para las abejas melíferas que vuelan a través de una nube de aspersión y reciben una dosis total de 0.25 µl /abeja	35
Tabla 3: Niveles promedio de residuos de plaguicidas en alimentos y agua y su riesgo por exposición oral a abejas y larvas	36

1. Introducción

La abeja de la especie *Apis mellifera* también conocido como la abeja doméstica, es un insecto del orden *Himenóptero Apócrifo* de la familia *Apidae*, es la especie de abeja con mayor distribución en el mundo, originaria África tropical y Asia e introducida a Las Américas (Bradbear, 2005); las abejas son herbívoros sociales que viven en colonias compuestas de tres castas sociales con diferentes funciones: una única abeja reina que pone huevos fecundados; zánganos que fecundan a la abeja reina y obreras que son hembras infértiles encargadas de recolectar polen, limpiar la colmena, alimentar a las larvas y segregar cera (Wild & Morin, 2019).

El sistema de crianza en Colombia se caracteriza por tener niveles de desarrollo tecnológicos e industriales bajos, por lo que no ha sido objeto de mejoramiento de sus procesos productivos de forma significativa desde su implementación, siendo una actividad artesanal y normalmente desarrollada por familias rurales de forma individual, que encuentran en la apicultura un medio para complementar sus ingresos; es así, que la actividad apícola colombiana es altamente amigable con el medioambiente, debido a que en su ejercicio no se utilizan insumos o sustancias con algún orden de peligrosidad que pueda afectar negativamente a los recursos naturales sino que por el contrario, contribuye ampliamente a la conservación de la flora melífera y poliníf (Garnica, Arcos Dorado, & Gómez D., 2008). Normalmente se conforman apiarios con 10 a 30 colmenas, siendo la colmena tipo Langstroth la de mayor implementación, la cual funciona mediante cuadros o marcos en los que se instala una guía de cera para que las abejas construyan los panales (Vásquez, Ortega, Martínez, & Maldonado, 2012).

En los últimos años y especialmente en las últimas dos décadas se ha observado una disminución pronunciada de la población de abejas en varios países, lo que ha preocupado tanto a

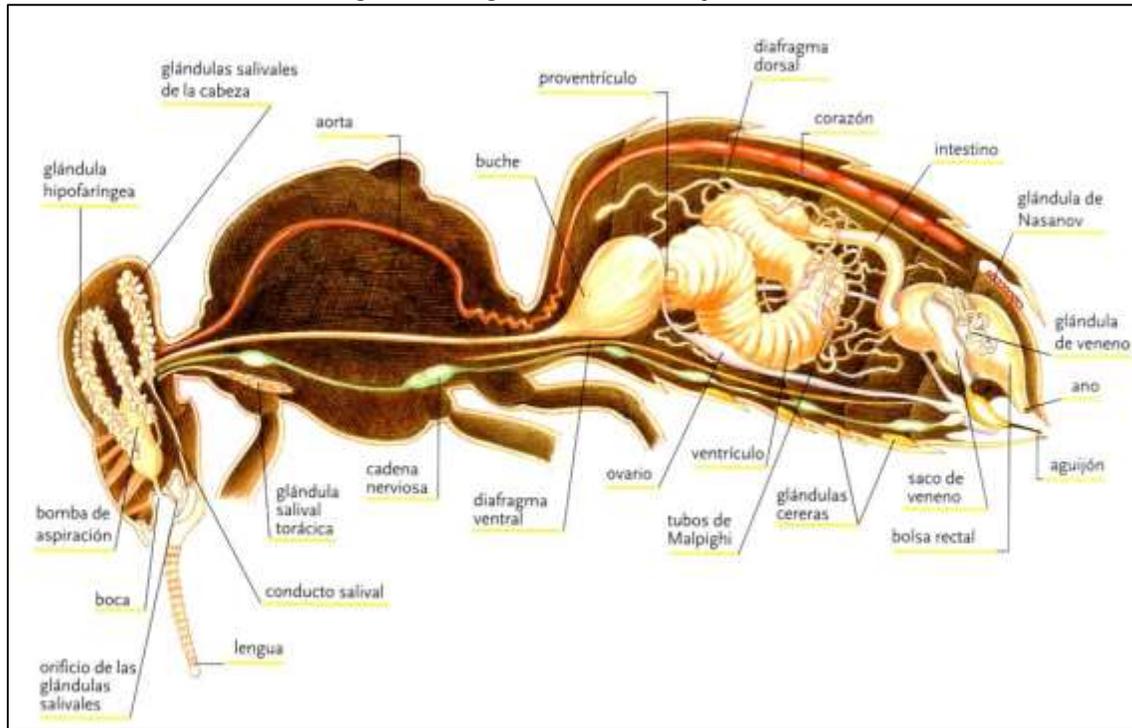
la comunidad científica como la población en general, ya que aunque generalmente las abejas son vistas como productores de miel cumpliendo un rol en un sistema productivo económico de beneficio empresarial, cada día se destaca más el rol esencial que desempeñan las abejas en la naturaleza como polinizadoras de plantas, permitiendo un sustento y una oferta alimenticia constante (Martín Rossi & Babaleiro, 2018).

La disminución de la población de abejas se ha asociado a una mala nutrición por disminución de diversidad y abundancia de flores silvestres lo que conlleva una susceptibilidad a enfermedades por virus bacterias y hongos; así como a la baja diversidad genética debido a un número restringido de abejas reinas y a la inseminación artificial de las mismas, sin embargo de todos los factores enunciados, son los insecticidas, especialmente los llamados neonicotinoides, los que se consideran como la principal causa a nivel mundial en los últimos años de la disminución de las poblaciones de abejas (Barranco, Vergara, & Mora, 2015).

Los insecticidas neonicotinoides como el Imidacloprid, alteran en el sistema nervioso central de las abejas causando parálisis y muerte, con efecto tanto agudo como crónico; sus efectos negativos sobre aves y mamíferos son menores, presentando selectividad sobre los insectos e impactando negativamente al medioambiente por pérdida de biodiversidad (Grupo La Caña, 2019)

En los últimos años se han observado eventos de muerte en masa de las abejas, perdiéndose colmenas completas, llenas de alimento para dicho insecto, por lo que se ha investigado sobre sus posibles causas. En este trabajo de monografía se aborda el efecto tóxico del insecticida Imidacloprid sobre las abejas *Apis mellifera*. En la Figura 1: Órganos de una abeja obrera, se observa en detalle el interior de una abeja hembra infértil, conocida como obrera; es de resaltar que los distintos estudios y bibliografía consultada, asocia el uso de insecticidas neonicotinoides como el Imidacloprid con efectos negativos en el sistema nervioso central de las abejas.

Figura 1: Órganos de una abeja obrera



Fuente: (Coronaapicultores, 2013)

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Analizar el efecto ocasionado por el uso del insecticida Imidacloprid sobre las abejas *Apis mellifera* en zonas de producción en Colombia.

2.2. Objetivos Específicos

- Identificar los problemas que ocasiona la utilización del insecticida Imidacloprid en el organismo de las abejas (*Apis mellifera*).
- Determinar la mortalidad en poblaciones apícolas afectadas por el Imidacloprid en las zonas productoras en el país.
- Caracterizar la toxicidad del producto químico Imidacloprid utilizado en labores de fumigación en zonas productoras apícolas.

3. Generalidades

Las abejas son las principales polinizadoras, posibilitando la producción agrícola mundial y por lo tanto, garantizando el sustento alimenticio de la humanidad, por lo que deben ser objeto de cuidado y conservación (Nates, 2016), sin embargo, en los últimos años se ha evidenciado una disminución en la población de abejas tanto a nivel mundial como a nivel local, situación que se ha relacionado con el uso de insecticidas en el sector agrícola (Macias, y otros, 2018).

Entre dichos insecticidas, son los neonicotinoides como el Imidacloprid los que ocasionan una mayor mortalidad de la abeja *Apis mellifera*, ya que afecta el sistema nervioso central de las abejas y genera efectos tanto crónicos como agudos (Academic, 2010), alterando el comportamiento de estos insectos benéficos; razón por la cual se han implementado medias normativas en algunos países europeos, sin que medidas similares se hayan implementado en Colombia y toda América Latina.

4. Problemas que ocasiona la utilización del insecticida Imidacloprid en el organismo de las abejas *Apis mellifera*

El incesante aumento de la población humana que se ha visto maximizado en las décadas recientes debido a los avances en salud y agricultura, lo que genera una demanda cada vez más alta de recursos naturales y alimentos, por lo que para sostener la industria alimenticia se requieren de grandes extensiones de tierra con monocultivos implementados, que al margen del elevado impacto ambiental ocasionado por tala y quema de grandes extensiones, se presenta como nicho para la proliferación de hongos e insectos específicos para cada cultivo, siendo necesaria la conformación de organizaciones en torno al buen mantenimiento y operación de los cultivos, garantizando que las enfermedades y plagas sean identificadas y controladas, restringiendo su actuar al menor área posible.

Los mecanismos para atención de plagas y enfermedades son variados, desde buenas prácticas agrícolas hasta uso de sustancias para control, con medidas como cambio de calzado entre diferentes plantaciones y uso de equipo de protección específico que reduce la probabilidad de contaminación cruzada, pasando por el uso de guantes y caretas para tener el menor contacto directo con el alimento manejado, lo que busca no solo reducir la expansión de enfermedades en cultivos sino también prevenir contaminación del alimento y afectación negativa al consumidor.

Sin embargo, el mecanismo más utilizado para control de enfermedades y plagas es la aplicación de agroquímicos, que pueden ser insecticidas, herbicidas, fungicidas o nematocidas, debido a su relativa facilidad de aplicación, los costos relacionados, la baja regulación en su producción y distribución, la falta de conocimiento sobre alternativas que garanticen buena producción y la falta de conciencia sobre los efectos secundarios generados por su uso, que pueden

ser crónicos, por lo que la falta de consecuencias en el corto plazo se puede ver asociada con el uso desmedido e irresponsable de dicha sustancia.

La aplicación de insecticidas se encuentra a pequeña y gran escala, desde el pequeño agricultor hasta los grandes monocultivos hacen uso de insecticidas, siendo este desmedido en muchas ocasiones, debido a desconocimiento de dosis requeridas, lo que se puede presentar especialmente en pequeños agricultores y que se puede ver reducido en grandes cultivos no solo por el nivel técnico del cultivo sino por el costo asociado al químico.

La Real Academia Española RAE define plaguicida o pesticida como una sustancia que se utiliza para combatir plagas, mientras que la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura o FAO por sus siglas en inglés para Food and Agriculture Organization, presenta una definición más completa, haciendo mención de los tipos de aplicación de la sustancia química y de las etapas de acción dentro de la cadena productiva de alimentos o productos agrícolas. Los plaguicidas se clasifican principalmente en Insecticidas (para matar insectos), Acaricidas (para matar ácaros), Fungicidas (para eliminar hongos y mohos), Bactericidas (para matar bacterias), Herbicida (para eliminar plantas indeseadas) y Rodenticidas (para matar roedores).

Los insecticidas a su vez, se clasifican en organoclorados (formado por carbono y cloro), organofosforados (carbono y fósforo), carbamatos (derivados del ácido carbámico NH_2COOH), piretroides (sintetizados de piretrinas de origen natural) y neonicotinoides. Estos últimos presentan ventajas con relación a los demás, para su uso en control de plagas en agricultura, ya que es uno de los plaguicidas menos tóxicos para el humano, siendo diseñados específicamente para ser una alternativa de control de plagas más eficaz y segura que los demás. Otras de las ventajas de los neonicotinoides para su uso agrícolas son: Toxicidad selectiva, afectando especialmente a los

invertebrados; presentan alta persistencia por lo que siguen siendo efectivos tiempo después de su aplicación; presentan actividad sistémica, por lo que ingresan a las plantas por sus raíces y hojas para entrar en contacto con la plaga que afecte el cultivo; presenta alta solubilidad en el agua, por lo que comparado con otros insecticidas genera menor bioacumulación y por lo tanto, menor impacto en peces y humanos; son de amplio espectro y se pueden aplicar de varias formas, por lo que son usados en gran variedad de cultivos (Covance Inc, 2020).

Los insecticidas neonicotinoides más comunes y utilizados en las últimas décadas son los que tienen como principio activo Clothianidin, Imidacloprid, Thiamethoxam, Tiacloprid o Acetamiprid, afectando el sistema nervioso central de los insectos.

El Imidacloprid, siendo el primer insecticida neonicotinoide temporalmente hablando, fue diseñado a partir de la nicotina y en 1988 se patentó en Estados Unidos a Nihon Tokushu Noyaku Seizo, presenta fórmula química $C_9H_{10}ClN_5O_2$ y nombre de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada IUPAC N-[1-[(6-Chloro-3-pyridyl)methyl]-4,5-dihydroimidazol-2-yl]nitramida.

El uso de plaguicidas e insecticidas es en la actualidad el mecanismo más implementado para controlar plagas y agentes dañinos que afectan los cultivos de frutas y hortalizas, tal es el caso del uso del Imidacloprid en cultivos de tomate para controlar la polilla (*Tuta absoluta meyrick*) que tiene una gran incidencia haciendo perder cultivos enteros de tomate (Dante & Giménez, 2008); ya que dicho plaguicida presenta una gran eficacia en el control de esta y otras plagas (Fernández, Trabanino, Pitty, Cocom, & Cedeño, 2016).

Sin embargo, se han identificado problemas asociados a estas sustancias, como su persistencia por su baja degradación, la resistencia adquirida de las plagas y los efectos negativos generados al ambiente y a la salud del hombre (Turaglio, 2015), problemas que se ven magnificados al considerar que las plantas en los cultivos absorben apenas el 5% del ingrediente

activo del insecticida Imidacloprid, por lo que la mayor parte del mismo se queda en el suelo, en el agua o se dispersa en el entorno (Greenpeace, 2017), habiéndose reportado casos en los que el Imidacloprid ha ingresado a personas, comprometiendo sus sentidos y sus signos vitales, por lo que fue necesario trasladar a las personas afectadas a centros de salud para atención de cuidados intensivos (Estrada, Berrouet, & Giraldo, 2016).

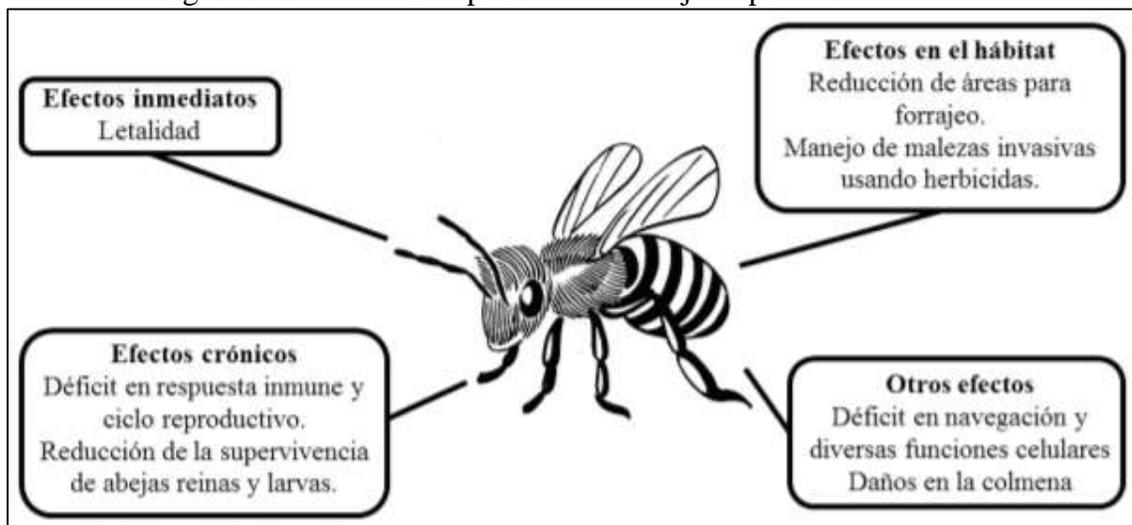
El uso de plaguicidas sintéticos en cultivos agrícolas se ha vuelto una necesidad, ya que un cultivo manejado sin plaguicidas o con métodos alternativos de control de plagas, genera un nivel inferior de producción, pudiendo llegar a hacer insostenible el cultivo, sin embargo se ha confirmado que el uso de plaguicidas genera problemas ambientales a nivel mundial, por lo que se hace indispensable formular planes de manejo y uso seguro de estas sustancias químicas, para continuar con su uso (Cruces, 2016), ya que el uso indiscriminado de este tipo de plaguicidas en la actividad agrícola genera además de la afectación a las abejas, la contaminación de aguas y suelos, pudiendo llegar a disminuir la fertilidad del suelo y afectar negativamente la salud de las personas por consumo de agua contaminada (Ettiene, Bauza, & Sandoval, 2018).

Generalmente cuando un agricultor compra un plaguicida lo hace pensando en la erradicación de plagas y analizando variables netamente económicas, por lo que varios estudios se centran en determinar cuál es el plaguicida disponible que presenta mayor eficacia en el control de plagas, dejando de lado las posibles afectaciones a la fauna benéfica como las abejas *Apis mellifera* (Loera, y otros, 2018), sin considerar que las abejas, siendo las principales polinizadoras, son una base fundamental de la agricultura y su desaparición constituye daños irreparables al sistema productivo industrial y al desequilibrio de los ecosistemas naturales generando no sólo pérdidas económicas agricultores sino crisis alimentaria que podría poner en riesgo a la sociedad y la especie humana (Grupo Semillas, 2017), (Greenpeace, 2013). De modo que, entre los muchos efectos

colaterales ocasionados por el uso del Imidacloprid, esta monografía centra su atención en los problemas ocasionados por el insecticida neonicotinoide sobre la abeja *Apis mellifera* debido a su elevada importancia ecosistémica.

En la Figura 2: Efectos de los pesticidas en abejas *Apis mellifera*, se relacionan consecuencias sobre las abejas, derivadas de uso de insecticidas como el Imidacloprid; si bien el mencionado insecticida de tipo neonicotinoide afecta especialmente el sistema nervioso del insecto, también genera otros efectos negativos a corto y largo plazo.

Figura 2: Efectos de los pesticidas en abejas *Apis mellifera*



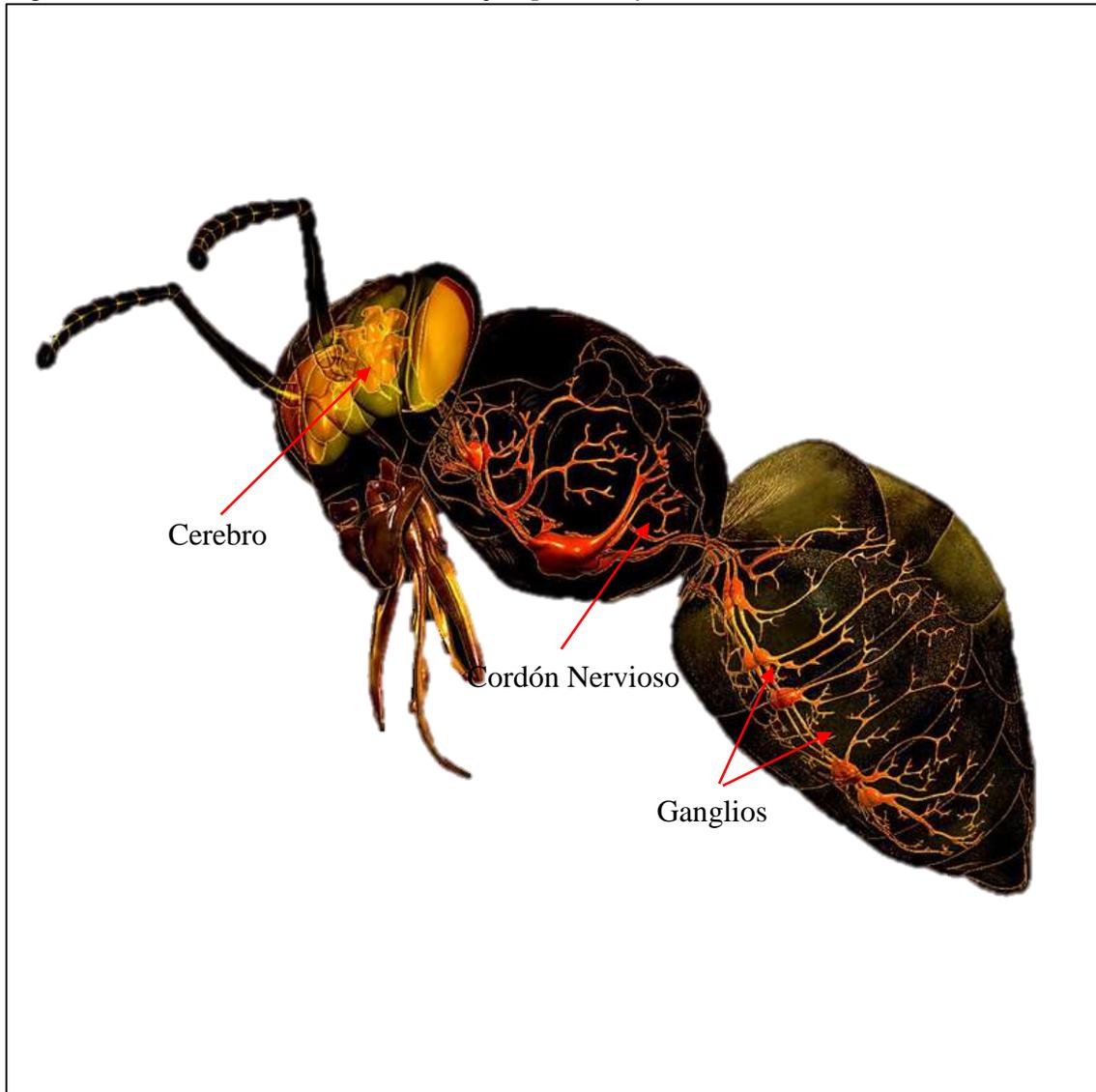
Fuente: (Arenas Suárez & Martin Culma, 2018)

Como se mencionó previamente, el Imidacloprid es un insecticida diseñado a partir de la nicotina, por lo que su principal sistema de acción sobre el insecto es de neurotoxina, afectando las funciones nerviosas.

La función del sistema nervioso del insecto es detectar y coleccionar información a través de los sentidos del animal como lo son: tacto, olfato, gusto, oído y vista; y utilizar dicha información para establecer sus funciones y su comportamiento, en pro de su supervivencia y reproducción. El sistema nervioso de los insectos consta de un cerebro ubicado en la cabeza y un cordón nervioso

localizado en la parte ventral del cuerpo, de forma longitudinal. Ver Figura 3: Sistema nervioso de una abeja *Apis mellifera*.

Figura 3: Sistema nervioso de una abeja *Apis mellifera*.



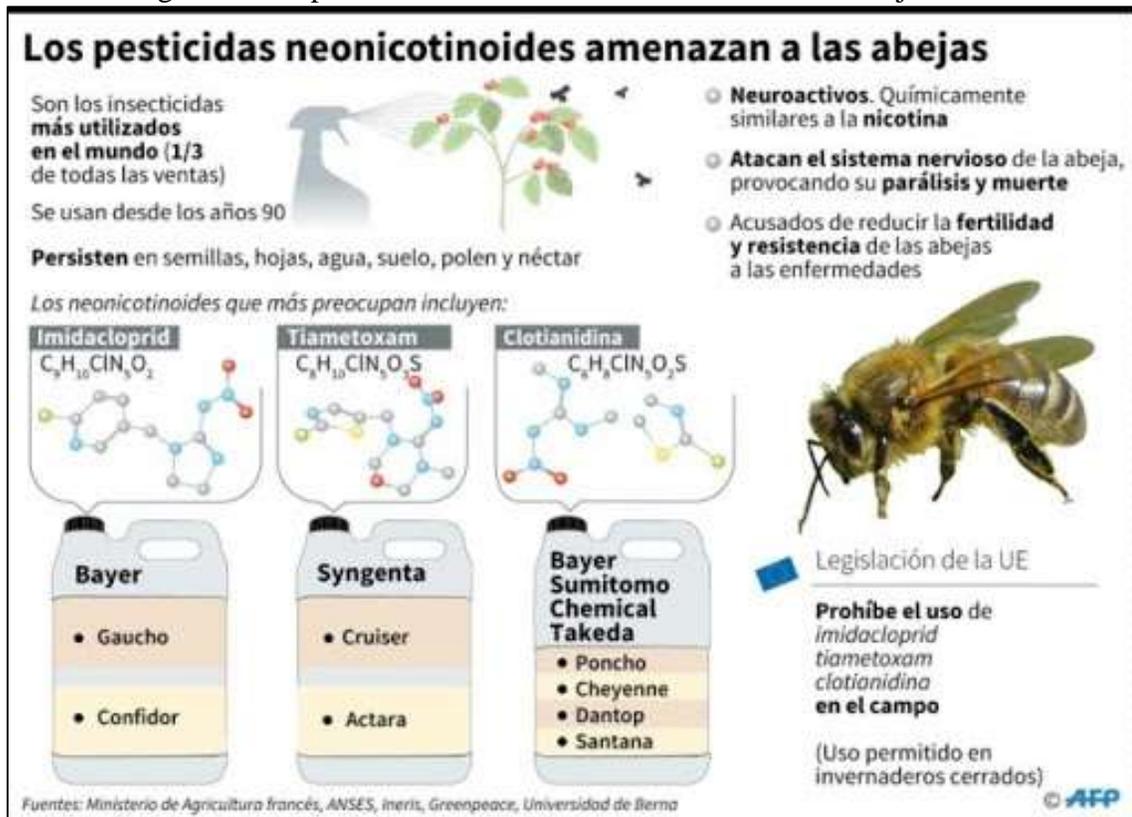
Fuente: (Keller, 2019)

Los ganglios son engrosamientos del sistema nervioso, en los cuales están ubicadas las células nerviosas, el cordón nervioso consiste de ganglios interconectados en serie por nervios pares. Dentro de un ganglio se encuentran las neuronas, que son las células funcionales del sistema nervioso, la función de las neuronas es la de recibir y transmitir información. La información es

transferida entre neuronas en puntos de contacto llamados sinapsis, lugar en el que los insecticidas como el Imidacloprid ejercen su acción tóxica al sobre estimular el sistema de mensajería que transfiere información entre neuronas, lo que provoca una sobrecarga del sistema nervioso y termina en agotamiento y muerte del insecto por colapso.

La disminución en las poblaciones de abejas vistas como el abandono de colmenas completas que contienen comida sin alguna causa aparente específica relacionada, se denomina síndrome de colapso de colmena, el cual se ha visto estrechamente relacionado con el uso de insecticidas neonicotinoides (Bazaes, 2016), este grupo de insecticidas neonicotinoides afecta el sistema nervioso central de las abejas causando parálisis y la muerte de las mismas, ingresando a la abeja por su contacto con polen contaminado (Casimiro , 2016). En la Figura 4: Los pesticidas neonicotinoides amenazan a las abejas, se relacionan tres de los principales insecticidas neonicotinoides entre los que se encuentra el Imidacloprid así como las principales empresas fabricantes de esta sustancia química.

Figura 4: Los pesticidas neonicotinoides amenazan a las abejas



Fuente: (Noticias, NCC, 2018)

Cabe aclarar que no se puede afirmar que el mencionado síndrome sea ocasionado solo por el uso de plaguicidas, ya que esto no ha sido aceptado del todo por la comunidad científica debido a que la desaparición de porcentajes elevados de abejas, ha generado una alarma social que abre paso a la especulación, existiendo diversidad de opiniones, en las que algunas lo consideran como un conjunto de casualidades que provocan este síndrome de forma ocasional (Jordán, 2015).

La evidencia relacionada con el efecto negativo del uso de plaguicidas en las abejas ha generado la formulación de políticas y leyes específicas para controlar y regular el uso de estos productos químicos en algunos países, procurando el cuidado de las abejas, como es el caso de 18 países de la Unión Europea, que prohibieron temporalmente los insecticidas neonicotinoides como el Imidacloprid por su estrecha relación con afectaciones negativas al ambiente y a poblaciones de abejas (Greenpeace, 2014). Sin embargo en algunos países de América Latina en los que se han

presentado muertes de miles de millones de abejas, se permite el uso de más de 180 plaguicidas altamente tóxicos que impactan no sólo la salud de las abejas sino también la de la población humana (Macias, y otros, 2018). Tal es el caso de Colombia, país que se ha visto afectado en los últimos años, mostrando pérdida de apiarios completos mientras que el uso de insecticidas no ha sido regulado de forma estricta por el gobierno (Arenas Suárez & Martin Culma, 2018).

Es tal la magnitud del problema en Colombia, que se estima que si se continúa con el uso actual de insecticidas neonicotinoides como el Imidacloprid en la producción agrícola, sin que se haga un control por las autoridades ambientales y agrícolas, en los próximos cinco años se podría presentar una crisis alimentaria derivada de la desaparición de abejas (Greenpeace, 2017), pero lejos de implementarse medidas de control y prohibición de plaguicidas, las autoridades agrícolas y ambientales de Colombia en pleno conocimiento de las afectaciones por toxicidad aguda en abejas, permiten y avalan el uso del insecticida neonicotinoide Imidacloprid (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2018).

Con ese panorama político administrativo y ante la necesidad manifiesta de cuidar y conservar a la abeja *Apis mellifera*, las iniciativas surgen de asociaciones de protección ambiental y de entidades educativas, definiendo como ejes de acción el uso sostenible y la conservación de las abejas (Nates, 2016).

El cuidado y protección de las abejas como insecto polinizador de vital importancia para el sostenimiento de la humanidad debe surgir desde todos los actores, actuando de forma sinérgica; tanto los consumidores como los comerciantes, fabricantes o importadores como las autoridades de control deben aunar esfuerzos en pro del cuidado de las abejas.

Debido a los problemas generados por el uso de agroquímicos en cultivos, recientemente ha tomado fuerza la alternativa de la agricultura orgánica, en la que se reduce en gran medida o se

elimina completamente el uso de químicos y se implementa mecanismos de control con sustancias orgánicas, en función del propósito u objetivo de su aplicación, acompañado de una tecnificación agrícola y mejora de las prácticas agrícolas. Sin embargo, el rendimiento de un cultivo con químicos suele ser superior al de un cultivo orgánico y ya que un eje estructural de la cadena de producción actual es el beneficio económico más allá de la seguridad alimentaria, no se espera ver reducción en el consumo de agroquímicos a nivel global.

De forma general, el uso del insecticida neonicotinoide Imidacloprid presenta ventajas en lo relacionado con la producción de alimentos, ya que es efectivo en el control de plagas, no genera altas afectaciones negativas en humanos como si lo hacen otros insecticidas especialmente los organoclorados, es soluble en agua y presenta acción sistémica siendo absorbido por la planta y llegando hasta el polen, presenta alta persistencia en el terreno de la aplicación por lo que sigue siendo efectivo mucho después de su aplicación.

Sin embargo, estas ventajas productivas son las que lo hacen tan peligrosos para las abejas, ya que su acción sistémica facilita el contacto con las abejas y su persistencia hace que se acumule en el sitio de aplicación

5. Mortalidad en poblaciones apícolas afectadas por el Imidacloprid en las zonas productoras en el país

La cantidad de registros históricos sobre la mortalidad las abejas es muy escasa, lo que se puede relacionar con una abundancia de la de miel disponible para la humanidad durante muchos años, razón por la cual todos los estudios relacionados con la disminución de las poblaciones de las abejas son relativamente recientes y se apoyan en la afectación negativa por el uso de plaguicidas agrícolas (Montes, 2014). Además, los estudios encontrados se centran en la Unión Europea y en los Estados Unidos de Norteamérica, encontrándose poca información sobre Centro y Suramérica.

Tal es el caso de Colombia, país que cuenta con poca información acerca de la relación entre problemas en las colmenas y el uso de insecticidas e incluso algunas fuentes indican que las poblaciones de abejas en Colombia, de forma general, no se ven afectadas, por lo que tanto el número de colmenas como la producción de miel se ha visto incrementada (Semana, 2019). Sin embargo existen casos levemente documentados como el ocurrido en Guasca Cundinamarca, municipio ubicado a menos de dos horas en vehículo desde la capital del país, lugar en el que apicultores reportaron la muerte masiva de abejas y relacionaron su causa al uso de plaguicidas (Arciniegas, 2016). Por lo tanto, hace falta realizar investigación en todo el territorio nacional, con el fin de generar una línea base de las condiciones actuales de afectación a las abejas por los distintos factores, y establecer el punto de partida sobre el cual formular medidas aterrizadas a las condiciones específicas del territorio colombiano.

Existen dos tipos de concentraciones o afectaciones, las letales y la sub-letales, las concentraciones letales son aquellas que directamente matan al insecto mientras que las sub-letales no lo hacen, sin embargo estas concentraciones por debajo de la letalidad causan efectos negativos

sobre la reproducción de las abejas, su comportamiento y el desarrollo de órganos como las glándulas hipofaríngeas, además, alteran el funcionamiento de las colonias a corto y largo plazo (Franco & Rapuzzi, 2018); asimismo estas dosis sub-letales ocasionan un mayor gasto energético de las abejas ya que los procesos de desintoxicación de los organismos de los insectos demandan y consumen más energía de lo normal, pudiendo ocasionar un estrés energético en los insectos lo que los haría vulnerables a infecciones por ácaros (Abbo, y otros, 2016).

Se puede considerar que todos los pesticidas y especialmente los insecticidas, tienen un efecto negativo en la salud de las abejas, aumentando la mortalidad y el síndrome de colapso de colmenas. Consideración que cada día tiene más soporte en estudios científicos específicos y detallados que utilizan tecnología de punta para identificar concentraciones de insecticidas en los insectos y sus efectos (British Ecological Society, 2013).

Comparado con otros insecticidas, el Imidacloprid presenta un efecto inmediato matando a las abejas mientras que el glifosato, el chlorothalonil y el oxifluorofeno tienen un efecto a largo plazo en la mortalidad de las abejas, tal es el caso, que con exposiciones a concentraciones similares de dichos plaguicidas el Imidacloprid muestra una mortalidad del 100% a las 24 horas mientras que los otros alcanzan mortalidades del 90% a las 48 horas (Díaz, 2015).

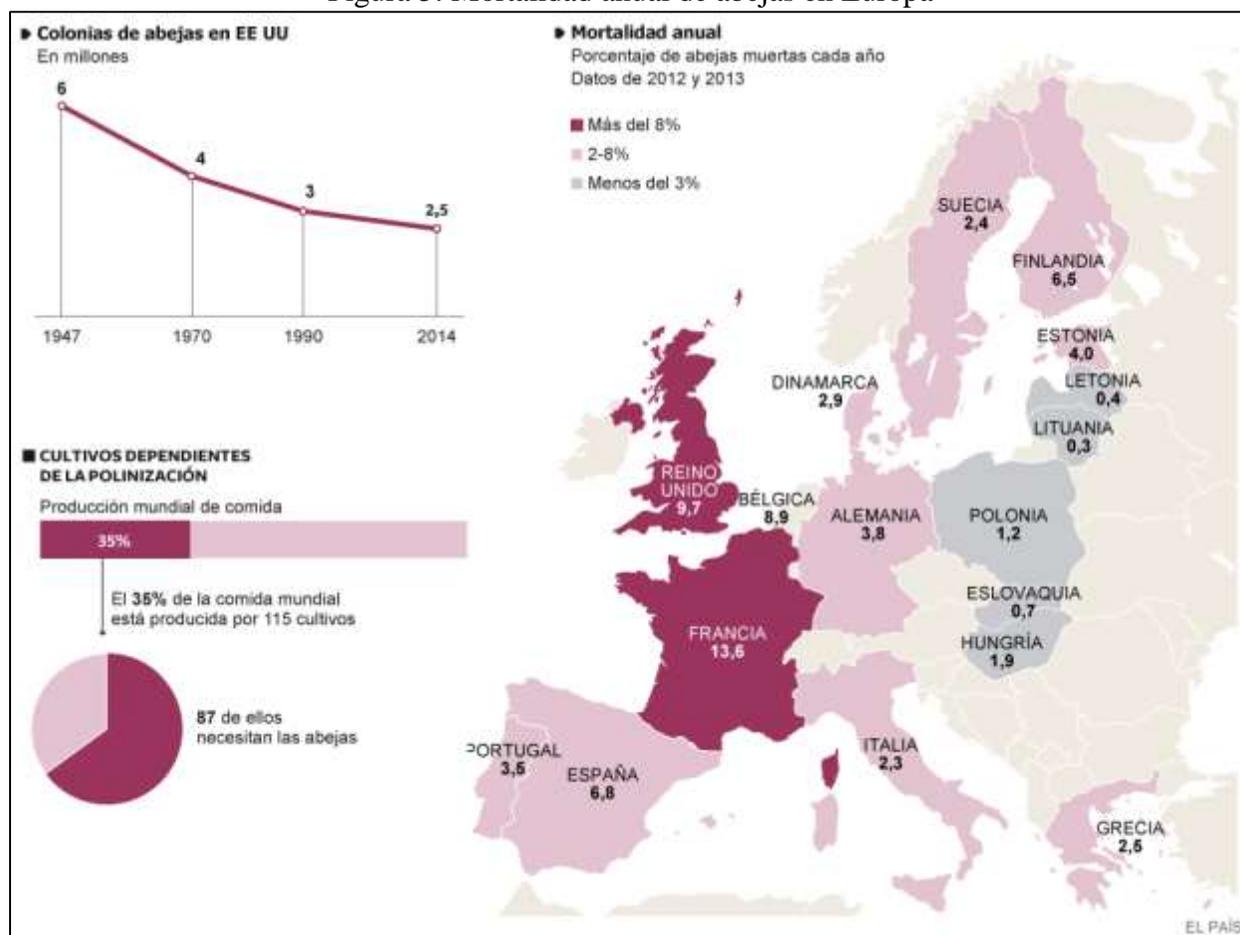
Entre 2017 y 2018, el número de colmenas en Colombia aumentó de 110689 a 120437, sin embargo, la producción en el país disminuyó desde las 3542 Toneladas hasta las 3372 toneladas. Dicha reducción en la producción se debió a la pérdida de 2500 colmenas en los departamentos de Córdoba, Valle del Cauca y Meta (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, 2012). Lo anterior puede indicar que aunque existan más colmenas, la producción de miel en las mismas se pudo ver reducida por los efectos negativos asociados con el uso de insecticidas, lo que afecta tanto a los insectos como a las colonias; por lo que para obtener la misma producción de

miel que en años anteriores, en los que no se presentaban problemas relacionados con el uso de insecticidas porque su uso no estaba tan ampliamente extendido, se necesita un número mayor de colmenas, lo que a su vez repercute en mayores inversiones y cuidados para la puesta y mantenimiento de apiarios.

El seguimiento y registro de la mortalidad de las abejas es reciente, tan reciente como el uso de insecticidas neonicotinoides, ya que sobre 1994 se notó por parte de agricultores franceses, un fenómeno insólito para la época, como lo fue la despoblación de colmenas a gran escala, lo que desencadenó en la comprobación de que dicho fenómeno se presentaba de manera global, atribuido a diferentes causas, pero que se presentaba especialmente en países con una agricultura altamente desarrollada (Sampedro, 2014).

En la Figura 5: Mortalidad anual de abejas en Europa, se aprecia que los países más afectados, presentando las mayores tasas de mortalidad de abejas entre 2012 y 2013 son Francia, Reino Unido y Bélgica, con 13,6%, 9,7% y 8,9% respectivamente, seguidos de Finlandia, España, Estocolmo, Alemania y Portugal, con porcentajes entre el 3,5 y el 6,5; además, se observa una fuerte caída en el número de colonias de abejas en Estados Unidos de Norte América, pasando de seis millones en 1947 a dos millones y medio, menos de la mitad, en 2014. Si bien los datos reportados de mortalidad se pueden deber a variedad de causas, es de resaltar la relación directa entre el uso de los insecticidas y la mortalidad de las abejas, siendo esta relación más notoria en países desarrollados con un alto nivel de agricultura y uso de agro químicos.

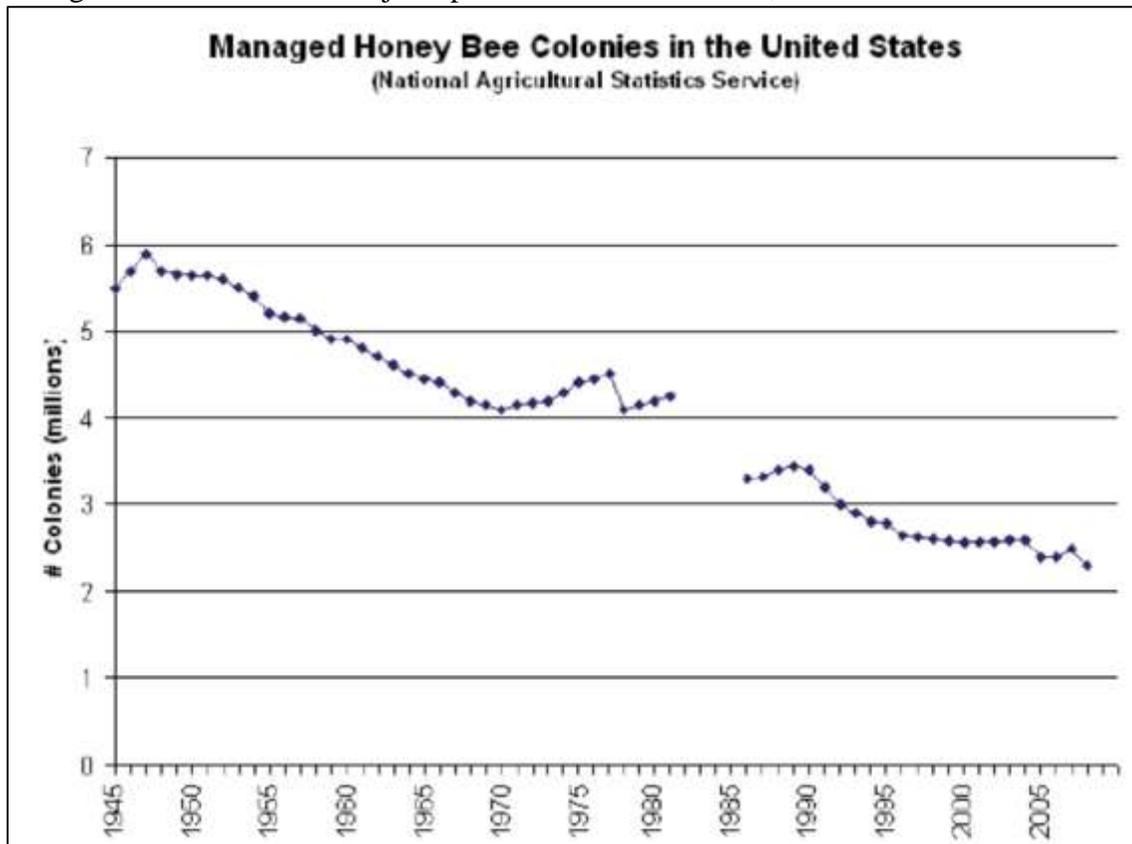
Figura 5: Mortalidad anual de abejas en Europa



Fuente: (Sampedro, 2014)

A continuación, en la Figura 6: Colmenas de abejas *Apis Mellifera* en millones, en Estados Unidos, Se muestra detalladamente la cantidad de colmenas desde 1945 hasta 2005, según datos reportados por el Servicio Nacional de Estadísticas Agrícolas del Departamento de Agricultura de Estados Unidos de Norteamérica. Nótese la tendencia de la curva que describe el número de colonias a través del tiempo transcurrido desde 1945 hasta 2005.

Figura 6: Colmenas de abejas *Apis Mellifera* en millones, en Estados Unidos



Fuente: (Pettis & Delaplane, 2010)

Los problemas presentados en las colonias de abejas en Estados Unidos, han ocasionado que el insecto polinizador entre en la lista de animales en peligro en el territorio continental de EEUU. Situación que se torna preocupante al mirar la tendencia de los años anteriores y el manejo social y político dado a este problema, ya que en economía grandes con sistemas de agricultura altamente tecnificados suele primar el beneficio económico sobre el cuidado del ecosistema y el mismo sentido común. Ver Figura 7: Abejas de Estados Unidos en peligro.

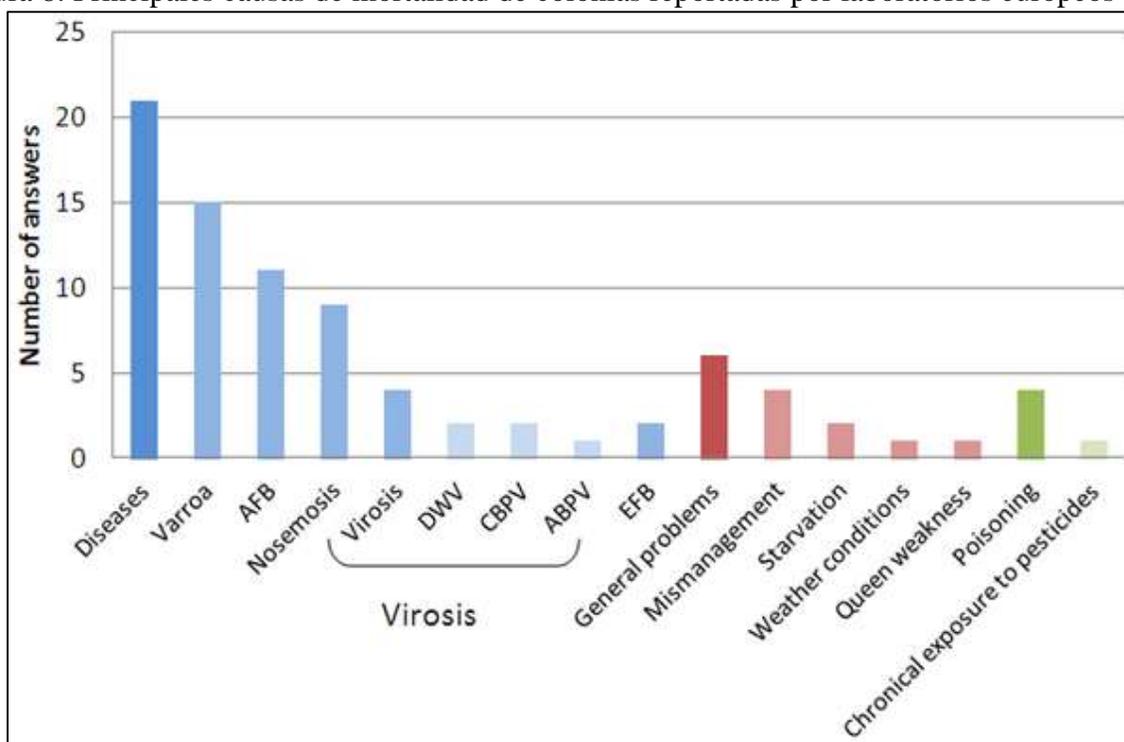
Figura 7: Abejas de Estados Unidos en peligro.



Fuente: (Redacción Efeverde, 2017)

Tal como se aprecia en la Figura 8: Principales causas de mortalidad de colonias reportadas por laboratorios europeos, existen gran variedad de problemas que afectan a las abejas siendo la principal causa reportada las enfermedades y teniendo un bajo reporte relacionado con exposición crónica a pesticidas. Sin embargo, cabe recordar y aclarar que muchas de los problemas que afectan a las abejas actúan al mismo tiempo, pudiendo tener efectos concatenados.

Figura 8: Principales causas de mortalidad de colonias reportadas por laboratorios europeos



Fuente: (Von Rothkirch & Rodríguez, 2016)

Si bien se tiene identificada la relaciona de causalidad entre el uso de insecticidas y la pérdida de colmenas desde hace aproximadamente 25 años, el problema solo se ha visto incrementado desde su descubrimiento, lo cual se puede deber al constante aumento en la demanda de alimentos ocasionado por el aumento incesante de la población humana que demanda cada vez más recursos de la naturaleza, que para el caso de los alimentos implica el uso de agroquímicos que muchas veces puede ser desmesurado debido a falta de conocimientos especializados en su aplicación.

Además, en la naturaleza o en condiciones normales de operación de una colmena, suele encontrarse más de un plaguicida o insecticida que afecta las abejas al mismo tiempo, ya que las abejas en su búsqueda de alimento puede llegar a recorrer grandes distancias, habiéndose llegado a identificar hasta 9 plaguicidas en una misma población, lo que siendo una exposición crónica a

dosis no letales genera altos niveles de mortalidad y puede llegar a ocasionar el síndrome de colapso de colmena (Balsebre, 2018).

Cabe anotar que las abejas presentan un ciclo de vida bien definido y que la muerte de individuos se puede deber a causas naturales, mientras que la desaparición de colonias se puede generar a causa no solo de plaguicidas, sino también de parásitos, enfermedades, pérdida de habitat, mal nutrición, malas prácticas apícolas y cambio climático; así mismo es importante considerar que es muy difícil establecer la causa real de la muerte masiva de abejas, estableciendo tasas de mortalidad por cada una de las causas, siendo material de investigación a nivel mundial (Von Rothkirch & Rodríguez, 2016). Sin embargo, se puede asociar el uso de insecticidas a una exacerbación de los efectos causados por enfermedades y otras condiciones que afectan a las abejas, ya que el contacto del insecto con el producto químico deja expuesta a la abeja, debilitando su sistema inmune.

La mortalidad de las abejas al tener contacto con los plaguicidas depende de la forma de contacto, de cómo la sustancia química entra en el organismo de las abejas, ya que dependiendo del ingreso se presenta una mayor o menor dosis letal 50; las formas de contacto son: Contacto, exposición oral o presencia en el suelo; vuelo de la abeja a través de una nube de producto químico; y contacto de abejas trabajadoras y larvas dentro de la colmena por residuos de plaguicidas en comida y agua.

A continuación se presentan algunos datos de dosis letales por mecanismos de contacto, extraídos de (Sanchez & Goka, 2016), mediante los cuales se pretende mostrar comparaciones entre los distintos plaguicidas utilizados comúnmente, a partir de datos obtenidos en Europa y Estados Unidos.

Tabla 1: Toxicidad de plaguicidas en abejas (LD50 a las 48 horas) por contacto, exposición oral y su persistencia en el suelo (vida media)

Tipo de plaguicida	Nombre químico	Contacto LD50 (µg / abeja)	Oral LD50 (µg / abeja)	Vida media (días)
Acaricidas	Acrinatrina	0,17	0,12	22
	Amitraz	50	-	1
	Coumaphos	20	4,6	-
	Fenpiroximato	11	-	49
	Tau-fluvalinato	8,7	45	4
	Tetradifón	1250	-	112
Fungicidas	Azoxistrobina	200	25	78
	Boscalid	200	166	118
	Captan	215	91	4
	Carbendazim	50	-	22
	Clorotalonil	135	63	44
	Myclobutanil	40	34	35
	Propiconazol	50	77	214
	Quintozeno	71	-	210
	Tebuconazol	200	83	47
Herbicidas	Metolacoloro	-	110	90
	Norflurazon	1485	-	225
	Simazine	879	-	90
Insecticidas	Beta-ciflutrina	0,031	0,050	13
	Bifentrina	0,015	0,20	87
	Carbofurano	0,16	-	14
	Clorpirifós	0,072	0,24	50
	Clotianidina	0,039	0,004	121
	Cipermetrina	0,034	0,064	69
	DDT	8,8	5,1	6200
	Diazinón	0,38	0,21	18
	Endosulfán	6,4	21	86

Tipo de plaguicida	Nombre químico	Contacto LD50 (µg / abeja)	Oral LD50 (µg / abeja)	Vida media (días)
	Fentión	0,22	-	22
	Fipronil	0,007	0,001	142
	Imidacloprid	0,061	0,013	174
	Malatión	0,47	9,2	1
	Mevinphos	0,094	-	1
	Pelitre	0,18	0,057	-

Fuente: (Sanchez & Goka, 2016)

De la tabla anterior se resaltan los datos reportados de DDT e Imidacloprid, siendo el primero un insecticida ampliamente usado en décadas pasadas y que debido a sus elevados impactos al ambiente y a la salud humana fue prohibido en gran cantidad de países, sin embargo al tener una vida media tan elevada y además al no ser soluble en agua por lo que no ingresan a la planta ni llega al polen, puede ser encontrado en el suelo alrededor de todo el mundo (Sanchez & Goka, 2016). Otro factor importante a destacar es la LD50 que es mucho menor en el Imidacloprid que en el DDT, por lo que cantidad usada en cultivos para conseguir los mismos efectos negativos es 144 veces menor y aunque su tiempo de vida media también es menor, aproximadamente 36 veces menor, casi seis meses siguen representado un tiempo considerable en los que una aplicación desmedida puede generar afectaciones negativas considerables a las poblaciones de abejas. Además, esa vida media por encima de 90 días indica que el insecticida puede acumularse, ya que más del 5% de la cantidad inicialmente aplicada permanecerá después de un año, tiempo en el cual se puede hacer una nueva aplicación; en el caso del Imidacloprid es muy probable la acumulación ya que al ser soluble en agua es absorbido por las plantas llegando hasta el polen.

Por otro lado, al comparar el neonicotinoide Imidacloprid con insecticidas organofosforados como el Diazinón, el Fentión y el Malatión, estos segundos presentan una DL superior y un tiempo de vida media inferior, lo que hace al Imidacloprid más peligrosos para las

abejas, ya que se requiere de menos sustancia química para conseguir el mismo efecto negativo y la sustancia permanece por más tiempo en el ambiente.

Tabla 2: Riesgo para las abejas melíferas que vuelan a través de una nube de aspersión y reciben una dosis total de 0.25 µl /abeja

Tipo de plaguicida	Nombre químico	Concentración de gotitas (µg / ml)	LD50 (µg / abeja)	Evaluación de riesgo
Acaricida	Amitraz	200	50,0	Bajo
	Dicofol	240	19,0	Bajo
	Propargita	600	62,1	Bajo
Fungicida	Azoxistrobina	75	200,0	Despreciable
	Fludioxonil	12,5	50,3	Despreciable
	Mancozeb	750	226,2	Despreciable
	Tolclofos-metilo	500	100,0	Bajo
Insecticida	Abamectina	18	0,03	Moderar
	Acetamiprid	225	7,9	Bajo
	Beta-ciflutrina	25	0,031	Moderar
	Bifentrina	100	0,015	Alto
	Carbarilo	500	0,84	Moderar
	Clorantraniliprol	350	4.0	Bajo
	Clorpirifós	300	0.072	Alto
	Difenthiuron	500	1,5	Bajo
	Dimetoato	400	0,12	Moderar
	Endosulfán	350	6,35	Bajo
	Esfenvalerato	50	0,026	Moderar
	Fipronil	200	0,007	Alto
	Imidacloprid (aerosol)	200	0.061	Moderar
	Imidacloprid (polvo)	24*	0.061	Moderar
	Indoxacarb	150	0,58	Bajo
	Lambda-cyhalothrin	250	0,048	Alto
Metidati3n	400	0,27	Moderar	

Tipo de plaguicida	Nombre químico	Concentración de gotitas ($\mu\text{g} / \text{ml}$)	LD50 ($\mu\text{g} / \text{abeja}$)	Evaluación de riesgo
	Metomilo	225	0,50	Moderar
	Pririmicarb	500	35,7	Bajo
	Espirotetramat	240	242	Despreciable
	Tiametoxam (aerosol)	250	0,025	Alto
	Tiametoxam (polvo)	36,8 *	0,025	Moderar

* Datos de partículas de polvo de sembradoras neumáticas convencionales
Fuente: (Sanchez & Goka, 2016)

De la tabla anterior se puede observar que en general los insecticidas carbamatos y organofosforados se clasifican en riesgos de moderados a altos, mientras que otros insecticidas y acaricidas muestran riesgos bajos en comparación. Así mismo, los fungicidas que se muestran en la Tabla 2: Riesgo para las abejas melíferas que vuelan a través de una nube de aspersión y reciben una dosis total de $0.25 \mu\text{l} / \text{abeja}$, y posiblemente la mayor parte de los demás insecticidas que entran en contacto directo con las abejas mediante las gotas de aspersión aplicados como aspersiones foliares, presentan bajos o insignificantes riesgos para las abejas

El Imidacloprid por su parte, tanto por contacto de gotas de aerosol como con partículas de polvo, presentan un riesgo moderado para las abejas, variando solo en la concentración de gotitas, siendo mucho más alta en el aerosol

Tabla 3: Niveles promedio de residuos de plaguicidas en alimentos y agua y su riesgo por exposición oral a abejas y larvas

Nombre químico	Residuos ($\mu\text{g} / \text{kg}$)			Larvas	Recolectores		
	Polen	Miel	Agua*	Riesgo (%)	T50 (días)	Riesgo (%)	T50 (días)
Tiametoxam	28,9	6,4	4,1	2,77	23	276	7

Nombre químico	Residuos (µg / kg)			Larvas		Recolectores	
Gamma HCH (lindano)	7,6	176,5	-	0,62	9	200	3
Clotianidina	9,4	1,9	2,6	1,02	54	39,5	13
Imidacloprid (total)	19,7	6,0	0,9	1,19	68	25,4	25
Cipermetrina	13,9	18,1	-	0,13	119	4,00	44
Coumaphos (total)	128,3	105,5	-	0,11	1444	2,62	545
Dinotefurano	45,3	13,7	-	0,10	49	1,50	20
Quinalfos	-	9,6	-	<0,01	253	1,29	91
Metiocarb	1,4	15,0	-	<0,01	1080	1,08	391
Clorpirifós	32,6	3,9	-	0,04	1605	0,86	764
Carbarilo	58,9	23,4	-	0,41	202	0,54	80
Beta-ciflutrina	2,2	9,0	-	0,10	190	0,43	69
Dimetoato	2,3	4,8	-	0,01	1198	0,40	440
DDT (total)	31,2	44,2	-	<0,01	3871	0,29	1432
Pirimifos etilo	-	19,0	-	<0,01	401	0,21	144
Diazinón	8,5	17,0	-	0,04	426	0,19	156
Malatión	17,1	98,0	-	<0,01	3218	0,15	1167
Pirimicarb	-	38,0	-	<0,01	3500	0,10	1261
Phosmet	339,3	-	-	0,07	991	-	-
Fipronil (total)	1,6	-	-	0,02	596	-	-
Acrinathrin (total)	146,8	-	-	0,01	719	-	-

Fuente: (Sanchez & Goka, 2016)

En la tabla anterior, se presenta un resumen de los plaguicidas que generan los mayores riesgos por exposición oral a través de residuos presentes en alimentos y bebidas, tanto a las abejas como a las larvas. La mayor parte de los residuos de insecticidas en el polen y la miel presentan un riesgo moderado para las abejas (1 a 5%), especialmente las de los compuestos piretroides y organofosforados, mientras que los neonicotinoides representan un riesgo alto en las abejas obreras.

Cabe anotar que no se encontraron datos de mortalidad relacionada con el Imidacloprid en Colombia, debido a la falta de estudios detallados realizados en el país, lo que se puede deber a falta de recursos o a un desinterés por parte de las autoridades competentes.

6. Toxicidad del producto químico Imidacloprid utilizado en labores de fumigación en zonas productoras apícolas

Estudios científicos recientes han demostrado mediante métodos analíticos complejos como la cromatografía de líquidos acoplada a espectrometría de masa de triple cuadrupolo que la exposición de las abejas a los plaguicidas especialmente insecticidas ocasiona una disminución en la cantidad de neuropéptidos en los cerebros de las abejas afectando sus funciones básicas vitales. (Muñoz, 2017), por lo que además del efecto agudo que sobrecarga el sistema nervioso generando fatiga y muerte, estos estudios recientes comprueban el daño crónico al sistema nervioso del insecto.

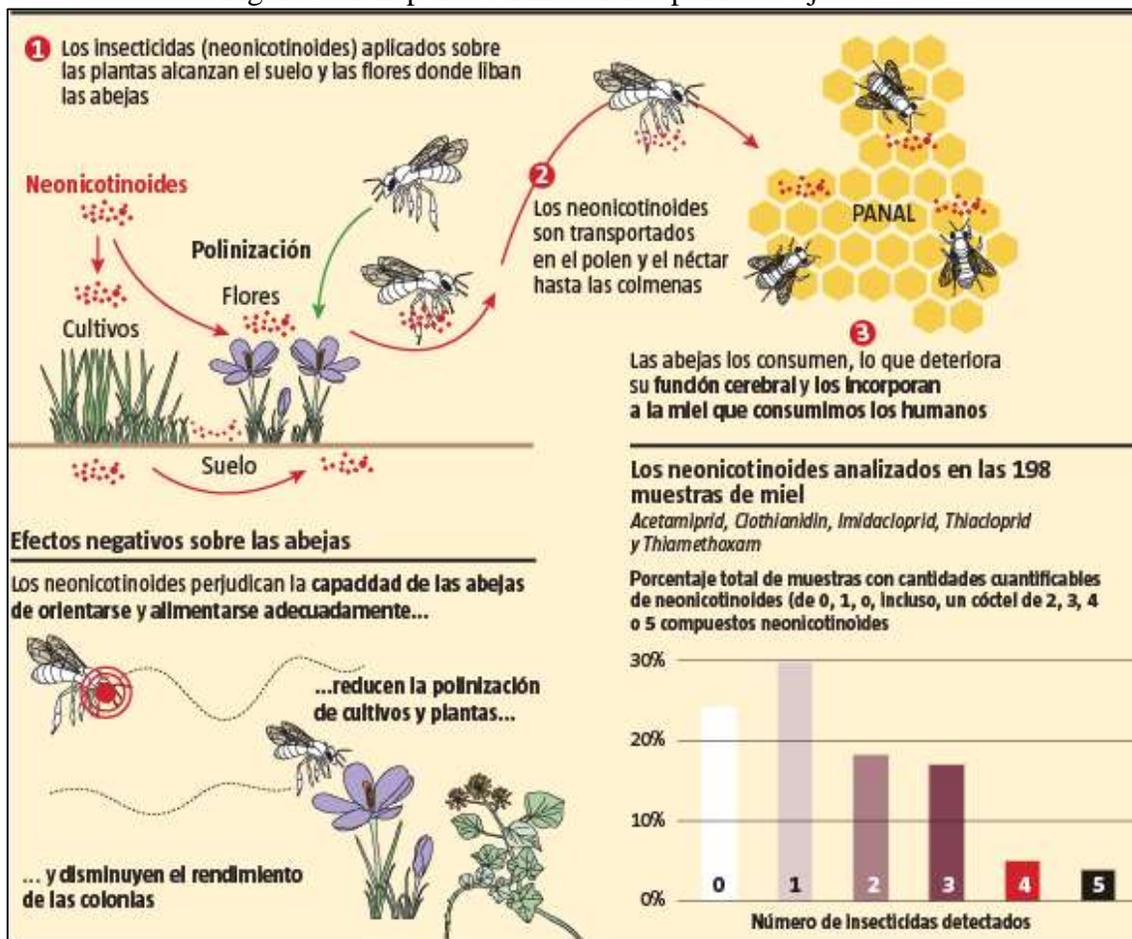
Se ha confirmado por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria EFSA, tras analizar 1500 estudios científicos, que el uso de insecticidas neonicotinoides, entre los que se encuentra el Imidacloprid fabricado por variedad de empresas como Bayer, Rotam Agrochemical, SPACHEM, VECOL, entre otras, representa un riesgo para la abeja *Apis mellifera* (Ansede, 2018). Sin embargo, a pesar de la abrumadora cantidad de soporte científico relacionado, se observa resistencia a implementación de medidas como la prohibición de las sustancias químicas, ya que presentan facilidades relacionadas con costos que aumentan el margen de ganancias; además, la producción de alimentos sin el uso de pesticidas se podría ver reducida por debajo de la sostenibilidad del cultivo.

Los insecticidas no sólo se encuentran en las abejas sino también en el polen, la cera y la miel, siendo la cera la matriz con la mayor carga de pesticidas seguida del polen, la miel y por último las abejas (El Hinchou, 2017), lo cual puede conllevar posibles afectaciones negativas a la salud humana por ingesta de productos derivados de las abejas contaminados por insecticidas

representando una bio-acumulación, en especial considerando que se ha encontrado restos de pesticidas en el 75% de muestras de miel analizadas alrededor de todo el mundo (Criado, 2017).

En la Figura, se presenta la forma de transporte del insecticida desde las plantas que son fumigadas hasta la miel que es consumida por los humanos; además, se observa que tan solo, aproximadamente el 24 % de 198 muestras de miel analizadas se encontraron sin contaminación por insecticida, pudiéndose encontrar hasta cinco compuestos diferentes de plaguicidas neonicotinoides.

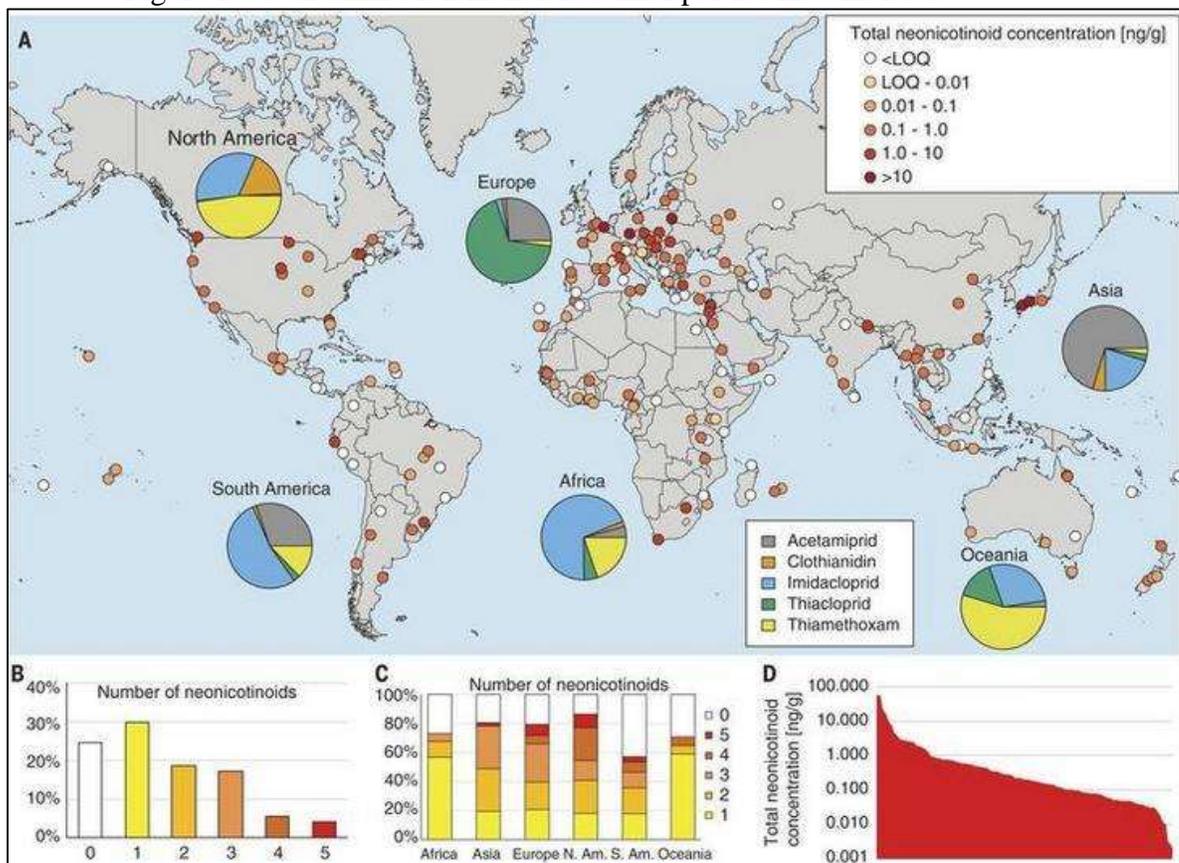
Figura 9: transporte del insecticida por las abejas



Fuente: (Bebillo, 2018)

En la Figura, se muestra la distribución mundial de la miel de abejas contaminada con insecticidas neonicotinoides. Se aprecia que países como Colombia presentan un círculo blanco por lo que la miel presenta bajo nivel de contaminación, mientras que Estados Unidos y Europa presentan alta contaminación de la miel de abejas. También se aprecia que en Suramérica y África el neonicotinoide más usado es el Imidacloprid, sustancia que también es ampliamente usada en Norteamérica, Asia y Oceanía, mientras que su uso está muy limitado en Europa, comparado con otros neonicotinoides.

Figura 10: Contaminación mundial de miel por neonicotinoides.



Fuente: (Mitchell & Mulhauser, 2017)

La cera es una sustancia altamente compleja, formada por mezclas de muchos compuestos lipofílicos, a la cual, los insecticidas pueden llegar de dos formas; de forma directa por aplicación

para exterminar una plaga que afecta a la misma o de manera indirecta en la cual los compuestos se encuentra en las plantas y son llevados por las abejas (Arribas, 2016).

Uno de los muchos insecticidas utilizados para el control de plagas en cultivos es el Imidacloprid, siendo esta una sustancia que se usa de forma indiscriminada y que es altamente tóxica para las abejas, mostrando una toxicidad letal media por exposición de 0.1 microgramos por abeja (Jiménez & Cure, 2016). Además, el plaguicida no sólo afecta de forma directa a las abejas, sino que realiza una interacción sinérgica con parásitos aumentando aún más a la mortalidad de los insectos polinizadores, ya que el plaguicida inhabilita el sistema inmunológico de las abejas que en condiciones normales se activaría protegiendo a la abeja de una infección. (Zúñiga, 2016).

El insecticida Imidacloprid es producido por múltiples empresas y se tienen registros de que en Francia su uso indiscriminado redujo en aproximadamente un tercio el número de colmenas desde 1996 hasta 2003, así mismo, redujo la producción media de miel por colmena de 75 kg a 30 kg por colmena lo que produjo una disminución en la producción nacional de miel, que pasó de 40000 toneladas a 25.000 toneladas anuales (Academic, 2010).

De acuerdo con la hoja técnica de seguridad del material CONFIDOR SC350 56X100ML BOT CO de la empresa BAYER, sustancia usada como insecticida y distribuida en Colombia; el compuesto cuyo principio activo es el Imidacloprid en una concentración de 30,5% viene en estado líquido, con olor débil característico, color blanco, densidad de aproximadamente 1,15 gramos por centímetro cúbico a 20 grados centígrados, siendo una densidad superior a la del agua sin embargo es miscible en el agua, por lo que al mezclarse con el líquido no forma capas sino una solución de menor concentración del principio activo.

En la sección 11 de dicha hoja de seguridad se encuentra la información toxicológica del producto, según la cual el insecticida no produce irritación en la piel ni irritación ocular en conejos,

no es sensibilizante en conejillos de indias y su toxicidad en ratas es de: DL50: 768 mg/kg para exposición oral aguda, DL50: > 5.000 mg/kg para exposición cutánea aguda y CL50: > 1,752 mg/l para inhalación con tiempo de exposición de cuatro horas.

En cuanto a la toxicidad crónica del Imidacloprid, dicha sustancia no es carcinogénica según estudios de alimentación de por vida en ratas y ratones, así como tampoco es una sustancia tóxica para el desarrollo en ratas y conejos y no es mutagénica o genotóxica basado en la evidencia global de una serie de pruebas in vitro e in vivo. Sin embargo, en un estudio de dos generaciones en ratas sólo a niveles de dosis tóxicos para en los animales parentales se encontró que el Imidacloprid causa toxicidad a la reproducción debido a sus propiedades tóxicas en general.

La toxicidad en peces, teniendo como objeto de ensayos la trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* arrojó una CL50: 211 mg/l con tiempo de exposición de 96 horas; la toxicidad para plantas acuáticas haciendo pruebas en *Desmodemus subspicatus* dio como resultado una CE50: > 10 mg/l con un tiempo de exposición de 72 horas; y la toxicidad en invertebrados acuáticos, teniendo como referencia la pulga acuática *Daphnia magna*, arrojó una CE50: 85 mg/l en un tiempo de exposición de 48 horas.

Al revisar los datos de la ficha de datos de seguridad de una mezcla de plaguicidas organoclorados AB N° 3 de la empresa RESTEK, se encontró que los plaguicidas organoclorados son líquidos inflamables, categoría 2; generan irritación o corrosión cutáneas, categorías 2; presentan toxicidad para la reproducción, categoría 2; tienen toxicidad específica en determinados órganos (STOT), a exposiciones repetidas categorías 2; son peligrosos para el medio ambiente acuático generando peligro crónico, categoría 2; tienen toxicidad específica en determinados órganos (STOT) a exposición única categorías 3; y se clasifica con toxicidad aguda por exposición oral, categorías 4.

Además, la mezcla de plaguicidas organoclorados AB N° 3 se etiqueta como: H225 - Líquido y vapores muy inflamables; H302 - Nocivo en caso de ingestión; H315 - Provoca irritación cutánea; H336 - Puede provocar somnolencia o vértigo; H361fd - Se sospecha que perjudica a la fertilidad; Se sospecha que daña al feto; H373 - Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas; H411 - Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Distintos insecticidas afectan de forma diferenciada a las abejas en función de su edad, teniendo el Imidacloprid un efecto negativo incluso mayor que el del glifosato; ya que los dos plaguicidas afectan la crianza el gusto y la ingesta de las abejas pero el Imidacloprid afecta incluso su aprendizaje (Mengoni, 2017); además, la exposición de los abejorros a bajas dosis del insecticida neonicotinoide Imidacloprid reduce en dos tercios la distancia que pueden llegar a volar estos insectos, y que dichos efectos podrían presentarse de forma similar en la abeja melífera (Elcacho, 2019).

El Imidacloprid y en general los insecticidas neonicotinoides son solubles en agua lo que significa que pueden ser absorbidos por las plantas llegando a todas sus partes, por lo que las abejas al entrar en contacto con las plantas ingieren el Imidacloprid, el cual produce parálisis del insecto porque bloquea su sistema nervioso central, afectando sus receptores nicotínicos e impidiendo el tránsito del neurotransmisor acetilcolina (Moliner, 2016), por lo anterior, el insecticida se puede clasificar en el grupo de neurotóxicas.

Dentro del grupo de insecticidas neurotóxicos, los neonicotinoides presentan una dosis letal 50 (DL50) de 0.13 µg/abeja, siendo la más baja al compararla con Carbamatos (0.71 µg/abeja), Organofosforados (0.58 µg/abeja), Ciclodieno OC (2.24 µg/abeja), ditiol (17.5 µg/abeja), piretroides (0.4 µg/abeja), DDT (0.4 µg/abeja), indoxacarb (1.3 µg/abeja), amitraz (50 µg/abeja);

así mismo, la DL50 de los neonicotinoides es inferior que la DL50 de los insecticidas inhibidores de la respiración (3.9 a 1044.2 $\mu\text{g}/\text{abeja}$) e inhibidores del crecimiento (9.3 a 108.1 $\mu\text{g}/\text{abeja}$) (Sánchez, 2011).

7. Conclusiones

Tras analizar diversidad de fuentes bibliográficas, que muestran estudios y evidencias alrededor de todo el mundo, se puede concluir que:

- Tan solo el 5% del producto químico Imidacloprid aplicado en cultivos, es absorbido por las plantas, por lo que la mayor parte del insecticida, es asimilado por el suelo, las aguas o se dispersa en el medioambiente, afectando negativamente a insectos benéficos como las abejas *Apis mellifera*.
- Las acciones tomadas en Colombia, para el cuidado y protección de las abejas *Apis mellifera*, mediante el control de insecticidas de uso agrícola, son precarias, sin iniciativas concisas de los entes de control ambientales y agrícolas.
- El uso del insecticida Imidacloprid en zonas de producción en Colombia, afecta negativamente a las abejas *Apis mellifera*, alterando el sistema nervioso de los insectos, propiciando parálisis, mortalidad y reduciendo sus poblaciones; su efecto nocivo permanece en el polen, la cera y la miel, pudiendo conllevar afectaciones negativas a la salud humana por ingesta de estos productos.
- Comparado con otras sustancias químicas usadas para el control de plagas en el sector agrícola, como el glifosato, el chlorothalonil y el oxifluorofeno, el insecticida neonicotinoide Imidacloprid, presenta una mayor toxicidad para las abejas, mostrando mayor letalidad a menor tiempo.
- El insecticida Imidacloprid tiene efectos agudos y crónicos en las abejas *Apis mellifera*, con tasas de mortalidad del 100% sobre los 0.1 microgramos por abeja, y generando afectaciones negativas en el comportamiento, la reproducción y el aprendizaje de los insectos.

- El insecticida Imidacloprid afecta el sistema nervioso central de las abejas *Apis mellifera*, reduciendo la concentración de neuropéptidos, alterando el comportamiento de colonias completas y propiciando el síndrome de colapso de colmenas, llegándose a perder la producción de 170 toneladas de miel en Colombia entre 2017 y 2018 debió a la pérdida de 2500 colmenas en los departamentos de Córdoba, Valle del Cauca y Meta.

8. Recomendaciones

Como último componente de este trabajo de grado y habiendo realizado una revisión tanto nacional como internacional de documentación relacionada con el uso de plaguicidas y su efecto en las abejas, me permito recomendar a las partes involucradas tanto en el manejo de los plaguicidas como el insecticida neonicotinoide Imidacloprid como en el cuidado de los insectos polinizadores, lo siguiente:

- A los agricultores, reducir el uso de insecticidas neonicotinoides como el Imidacloprid, velando por el sostenimiento a largo plazo de toda la actividad agrícola.
- A la comunidad en general, reconocer el papel esencial que desempeñan las abejas en el sustento de nuestra sociedad, avanzando en el cuidado y protección de estos insectos.
- Al estado y entes de control tanto ambiental como agrícola, legislar e invertir en pro del cuidado, preservación y promoción de las abejas y actividades apícolas en todo el territorio nacional; desde la prohibición de insecticidas como el Imidacloprid hasta formulación de proyectos productivos.
- A los investigadores, establecer medidas de manejo para prevenir, mitigar y controlar el impacto negativo de los insecticidas neonicotinoides, que sean aterrizadas a las condiciones del país, considerando las limitantes sociales, económicas y políticas.
- A todas las partes, conocer y divulgar el conocimiento existente relacionado con los efectos a corto y largo plazo relacionados con el uso indiscriminado de insecticidas neonicotinoides como el Imidacloprid

9. Bibliografía

Abbo, P. M., Kawasaki, J. K., Hamilton, M., Cook, S. C., DeGrandi - Hoffman, G., Li, W. F., . . .

Chen, Y. P. (2016). Effects of Imidacloprid and Varroa destructor on survival and health of European honey bees, *Apis mellifera*. *Insect Sci*, 24(3):467-477. doi: 10.1111/1744-7917.12335.

Academic. (2010). *Efecto del imidacloprid en las poblaciones de abejas*. Obtenido de Wikipedia Español: Recuperado de: <https://esacademic.com/dic.nsf/eswiki/404892>

Ansedo, M. (28 de Febrero de 2018). *Los insecticidas neonicotinoides son un riesgo para las abejas, según la EFSA*. Obtenido de El País: Recuperado de: https://elpais.com/elpais/2018/02/28/ciencia/1519817690_532532.html

Arciniegas, P. (26 de Agosto de 2016). *¿Por qué se están muriendo las abejas de Guasca?* Obtenido de El Tiempo: Recuperado de: <https://www.eltiempo.com/vida/ciencia/se-mueren-las-abejas-de-guasca-36937>

Arenas Suárez, N., & Martín Culma, N. (2018). Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola. *Entramado*, 12(14) p.232-240.

Arribas, A. (2016). *Residuos de agrotóxicos en cera de abeja (tesis de pregrado)*. Universidad de Valladolid: Valladolid, España.

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. (2018). *Resolución 1347 de 2018 Por la cual se emite Dictamen Técnico Ambiental para el producto formulado ALSYSTIN® SC 480, a partir del ingrediente activo TRIFLUMURON*. Bogotá D.C.: Autoridad Nacional de Licencias Ambientales.

- Balsebre, A. (2018). *Determinación de pesticidas organofosforados, halogenados y neonicotinoides, en abejas de apiarios de la V y VI región en Chile (Tesis de maestría)*. Universidad de Chile: Santiago, Chile.
- Barranco, M., Vergara, C., & Mora, A. (2015). Conocimiento actual de efecto de los insecticidas derivados de la nicotina (neonicotinoides) en las poblaciones de abejas polinizadoras. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, DOI: 10.26423/rctu.v2i3.66.
- Bazaes, A. (2016). *Estudio de la fluorescencia inducida fotoquímicamente asociada a calibración multivariada para determinar imidacloprid en muestras de miel (tesis de maestría)*. Universidad de Chile: Santiago, Chile.
- Bebillo, A. (2 de Enero de 2018). *La UE, decidida a prohibir tres insecticidas dañinos para las abejas*. Obtenido de La Vanguardia: Recuperado de:
<https://www.lavanguardia.com/natural/20180103/433984107078/abejas-neonicotinoides.html>
- Bradbear, N. (2005). *La apicultura y los medios de vida sostenibles*. Obtenido de FAO: Recuperado de: <http://www.fao.org/3/y5110s/y5110s00.htm>
- British Ecological Society. (1 de Julio de 2013). *An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides*. Obtenido de The Authors Journal of Applied Ecology: Recuperado de: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2664.12111>
- Casimiro, J. (2016). *Presencia de neonicotinoides en polen (Tesis de pregrado)*. Universidad de Valladolid: Valladolid, España.
- Coronaapicultores. (15 de Septiembre de 2013). *Principales Órganos de una Abeja*. Obtenido de Coronaapicultores blogspot: Recuperado de:

<http://coronaapicultores.blogspot.com/2013/09/principales-organos-de-una-abeja-obrera.html>

Covance Inc. (2 de Junio de 2020). *Lo que debe saber sobre los neonicotinoides y la UE.*

Obtenido de Blog de Covance: <https://es.covance.com/sdblog/2019/10/what-you-need-to-know-about-neonicotinoids-and-the-eu/>

Criado, M. (5 de Octubre de 2017). *Un estudio halla pesticidas en el 75% de muestras de miel de todo el mundo.* Obtenido de El Pais: Recuperado de:

https://elpais.com/elpais/2017/10/05/ciencia/1507209390_988942.html

Cruces, E. (2016). *Los neonicotinoides y su uso seguro en la agricultura (Tesis de pregrado).*

Universidad Nacional Agraria La Molina: Lima, Perú.

Dante, M., & Giménez, R. (2008). Efecto del imidacloprid en el control de la polilla del tomate (Tuta Absoluta Meyrick). *Idesia*, 12(26) p.65-72.

Díaz, R. (2015). *Efecto de seis plaguicidas sobre mortalidad en dos especies de abejas: Apis mellifera y Tetragonisca angustula (Hymenoptera: Apidae) (Tesis de pregrado).* Escuela Agrícola Panamericana: Zamorano, Honduras.

El Hinchou, S. (2017). *Distribución de pesticidas en sistemas de abejas, polen, cera y miel.*

Análisis por LC-MS/MS (Tesis de pregrado). Universidad de Almería: Almería, España.

Elcacho, J. (30 de Abril de 2019). *Abejorros que se cansan de volar por culpa de un moderno insecticida.* Obtenido de La Vanguardia: Recuperado de:

<https://www.lavanguardia.com/natural/20190430/461965297134/insecticida-neonicotinoide-reduce-vuelo-abejorros-abejas.html>

- Estrada, A., Berrouet, M., & Giraldo, J. (2016). Toxicidad por neonicotinoides: revisión de tema y reporte de dos casos. *Medicina U.P.B.*, 24(1): p41-46.
DOI:10.18566/medupb.v35n1.a06.
- Ettiene, G., Bauza, R., & Sandoval, D. (2018). Estudio de sorción de los insecticidas imidacloprid y tiametoxam en muestras de suelo. *Revicyluz*, 33(4) p.1-24.
- Fernández, M., Trabanino, R., Pitty, A., Cocom, M., & Cedeño, A. (2016). *Evaluación de la eficacia biológica de los insecticidas Sulfoxaflor e Imidacloprid para el control de Bemisia tabaci en el cultivo de tomate (Tesis de pregrado)*. Escuela Agrícola Panamericana: Zamorano, Honduras .
- Franco, D., & Rapuzzi, W. (30 de Abril de 2018). *Dosis sub-letales de Imidacloprid, y el estrés en la colmena*. Obtenido de Portal Apícola: Recuperado de: <http://api-cultura.com/dosis-sub-letales-de-imidacloprid-y-el-estres-en-la-colmena/>
- Greenpeace. (2013). *El declive de las abejas*. Obtenido de Greenpeace: Recuperado de: https://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/Agricultura-ecologica/el_declive_de_las_abejas.pdf
- Greenpeace. (2014). *Entran en vigor las restricciones de la Unión Europea para el uso de los insecticidas neonicotinoides, clotianidina, imidacloprid y tiametoxam*. Obtenido de Greenpeace: Recuperado de: <https://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/Agricultura-ecologica/AnalisisGreenpeaceProhibicionNeonicotinoidesUE.pdf>
- Greenpeace. (Enero de 2017). *El riesgo medioambiental de los insecticidas neonicotinoides: análisis de las investigaciones realizadas desde 2013*. Obtenido de Greenpeace: Recuperado de: [52](https://archivo-</p></div><div data-bbox=)

es.greenpeace.org/espana/Global/espana/2017/documentos/agricultura/Resumen%20ejecutivo%20en%20castellano.pdf

Grupo La Caña. (3 de Abril de 2019). *Neonicotinoides, qué son y cómo funcionan*. Obtenido de Blog Agricultor: Recuperado de: <https://www.grupolacana.com/neonicotinoides-que-son-y-como-funcionan/>

Grupo Semillas. (21 de Febrero de 2017). *Transgénicos, plaguicidas y el declive de la polinización y la producción melífera. Red por una América Libre de Transgénicos*. Obtenido de Grupo Semillas: Recuperado de: https://semillas.org.co/apc-aa-files/5d99b14191c59782eab3da99d8f95126/abejas_web.pdf

Jiménez, D., & Cure, J. (2016). Efecto letal agudo de los insecticidas en formulación comercial Imidacloprid, Spinosad y Thiocyclam hidrogenoxalato en obreras *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae). *Biología Tropical*, 64(4): 1737-1745.

Jordán, P. (2015). *Síndrome de despoblamiento de colmenas (Tesis de pregrado)*. Universidad de Zaragoza: Zaragoza, España.

Keller, E. (19 de Noviembre de 2019). *Nervous system of a honey bee illustration*. Obtenido de Eric Keller: Recuperado de: <https://www.bloopatone.com/projects/nQ20Yr?fbclid=IwAR0QV6NZib4og7K-olU91z0XLWKVNYiikUfEmfgZTR9zD7OMJRTbs4JBUs>

Loera, E., Rodríguez, Y., Sánchez, M., María, L., Pinto, V., & Luna, A. (2018). Insecticidas de diferente grupo toxicológico evaluados para el control de Trips en gladiola (*Gladiolus Glandiflorus* Hort.) en campo. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21(18) 539-546.

Macias, J., Tapia, J., Contreras, F., Guzman, E., Medina, C., & De la Mora, A. (2018). *El efecto de los agroquímicos sobre las abejas melíferas (Apis Mellifera) y su relación con el*

síndrome del colapso de las colonias. Obtenido de Universidad Michoacana de San

Nicolas de Hidalgo: Recuperado de:

<http://ricaxcan.uaz.edu.mx/jspui/bitstream/20.500.11845/974/1/memoria%20libro-ampa-2018%20con%20registro%20ISBN1.pdf>

Martín Rossi, E., & Babaleiro, F. (2018). *Antología sobre los impactos de los agrotoxicos en las abejas*. Naturaleza de derechos.

Mengoni, C. (2017). *Efecto de agroquímicos sobre el comportamiento de abejas jóvenes (Apis mellifera) (Tesis de doctorado)*. Universidad de Buenos Aires: Buenos Aires, Argentina.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. (2012). *Resolución 282 de 2012 Por la cual se reconoce la Organización de la Cadena Productiva de las Abejas y la Apicultura*. Bogotá D.C.: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia.

Mitchell, E., & Mulhauser, B. (06 de Octubre de 2017). *A worldwide survey of neonicotinoids in honey*. Obtenido de Science: Recuperado de:

<https://science.sciencemag.org/content/358/6359/109>

Moliner, D. (4 de Febrero de 2016). *El agroquímico que pone en peligro a las abejas*. Obtenido de Universitat de Valencia: Recuperado de: [https://www.uv.es/uvweb/master-](https://www.uv.es/uvweb/master-quimica/es/blog/agroquimico-pone-peligro-abejas-1285949128883/GasetaRecerca.html?id=1285956888076)

[quimica/es/blog/agroquimico-pone-peligro-abejas-](https://www.uv.es/uvweb/master-quimica/es/blog/agroquimico-pone-peligro-abejas-1285949128883/GasetaRecerca.html?id=1285956888076)

[1285949128883/GasetaRecerca.html?id=1285956888076](https://www.uv.es/uvweb/master-quimica/es/blog/agroquimico-pone-peligro-abejas-1285949128883/GasetaRecerca.html?id=1285956888076)

Montes, R. (2014). *La mortalidad de las abejas y su relevancia actual*. Obtenido de Bayer:

Recuperado de: <http://docplayer.es/8218833-La-mortalidad-de-las-abejas-y-su-relevancia-actual.html>

Muñoz, G. (2017). *eterminación de neuropéptidos en cerebro de abeja europea (Apis mellifera) mediante LC-QqQ-MS (Tesis de pregrado)*. Universidad de Almería: Almería, España.

Nates, G. (2016). *Iniciativa Colombiana de Polinizadores, Capítulo Abejas*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Noticias, NCC. (17 de Mayo de 2018). *Pesticidas neonicotinoides amenazan las abejas*.

Obtenido de Noticiero Científico y Cultural Iberoamericano: Recuperado de:

<http://noticiasncc.com/cartelera/articulos-o-noticias/05/17/justicia-europea-confirma-restriccion-pesticidas-nocivos-para-abejas/attachment/pesticidas-neonicotinoides-amenazan-abejas/>

Pettis, J., & Delaplane, K. (2010). Coordinated responses to honey bee decline in the USA.

Apidologie, DOI: 10.1051/apido/2010013. Obtenido de

<https://www.researchgate.net/figure/The-number-of-managed-honey-bee-colonies-in-millions-in-the-United-States-from-1945->

[to_fig1_43014730#:~:text=Keith%20S%20Delaplane-](https://www.researchgate.net/figure/The-number-of-managed-honey-bee-colonies-in-millions-in-the-United-States-from-1945-to_fig1_43014730#:~:text=Keith%20S%20Delaplane-)

[,The%20number%20of%20managed%20honey%20bee%20colonies%20\(in%20millions\)%20in,each%20year](https://www.researchgate.net/figure/The-number-of-managed-honey-bee-colonies-in-millions-in-the-United-States-from-1945-to_fig1_43014730#:~:text=Keith%20S%20Delaplane-,The%20number%20of%20managed%20honey%20bee%20colonies%20(in%20millions)%20in,each%20year)

Redacción Efeverde. (11 de Enero de 2017). *La abeja de territorio continental de EEUU entra en la lista de animales en peligro*. Obtenido de EEUU FAUNA: Recuperado de:

<https://www.efeverde.com/noticias/animales-peligro-abeja-territorio-continental-eeuu/>

Sampedro, J. (28 de Enero de 2014). *Hacia un mundo sin abejas*. Obtenido de El País:

Recuperado de:

https://elpais.com/sociedad/2014/06/27/actualidad/1403882291_329326.html

Sánchez, F. (2011). Insecticides Mode of Action in Relation to Their Toxicity to Non-Target

Organisms. *Journal of Environmental & oJ Analytical Toxicology*, DOI: 10.4172/2161-0525.S4-002.

- Sanchez, F., & Goka, K. (20 de Mayo de 2016). *Impacts of Pesticides on Honey Bees*. Obtenido de Open access peer-reviewed chapter: Recuperado de:
<https://www.intechopen.com/books/beekeeping-and-bee-conservation-advances-in-research/impacts-of-pesticides-on-honey-bees>
- Semana. (08 de Mayo de 2019). *La apicultura crece en Colombia*. Obtenido de Revista Semana: Recuperado de: <https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/en-colombia-no-desaparecen-las-abejas-crece-su-produccion/44098>
- Silva Garnica, D., Arcos Dorado, A., & Gómez D., J. (2008). *Guía ambiental apícola*. Bogotá: Alexander von Humboldt.
- Turaglio, M. (2015). *Degradación de imidacloprid en cultivo de lechuga y reducción de residuos por medio de lavado (Tesis de pregrado)*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria: Mendoza, Argentina.
- Vásquez, R., Ortega, N., Martínez, R., & Maldonado, W. (2012). *Manual técnico de apicultura abeja (Apis mellifera)*. CORPOICA.
- Von Rothkirch, J., & Rodríguez, M. (22 de Noviembre de 2016). *Fluctuaciones en las colonias de abejas: ¿un fenómeno causado por plaguicidas?* Obtenido de CropLife Latin America: Recuperado de: <https://www.croplifela.org/es/actualidad/articulos/fluctuaciones-en-las-colonias-de-abejas-un-fenomeno-causado-por-plaguicidas>
- Wild, A., & Morin, A. (2019). *ABEJA*. Obtenido de National Geographic: Recuperado de: <https://www.nationalgeographic.com.es/animales/abeja>
- Zúñiga, C. (2016). *La interacción parásito-pesticida (imidacloprid) tiene efecto sinérgico en la mortalidad de abejas melíferas (Tesis de maestría)*. Universidad Andrés Bello: Santiago, Chile.