	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 1 de 7

FECHA	martes, 18 de abril de 2017
--------------	-----------------------------

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad

SEDE/SECCIONAL/EXTENSIÓN	Sede Fusagasugá
---------------------------------	-----------------

DOCUMENTO	Trabajo De Grado
------------------	------------------


FACULTAD	Ciencias Agropecuarias
-----------------	------------------------

NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
---	----------

PROGRAMA ACADÉMICO	Zootecnia
---------------------------	-----------

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	NO. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
MARTIN CULMA	NAZLY YOLIETH	1069747455

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 2 de 7

Director(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
SOLARTE CABRERA	VICTOR MANUEL


TÍTULO DEL DOCUMENTO
EVALUACIÓN Y EFECTOS DE LOS PESTICIDAS EN LAS ABEJAS: SITUACIÓN ACTUAL Y NORMATIVIDAD EN COLOMBIA

SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TITULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
ZOOTECNISTA

AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS (Opcional)
29/03/2017	70

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLES: (Usar como mínimo 6 descriptores)	
ESPAÑOL	INGLES
1. ABEJAS NATIVAS	1. WILD BEES
2. APICULTURA	2. APICULTURE
3. APOIDEA	3. APOIDEA
4. LETALIDAD	4. LETALITY
5. TOXICIDAD	5. TOXICITY
6. PESTICIDAS	6. PESTICIDES

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 3 de 7

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS: (Máximo 250 palabras – 1530 caracteres):


El uso de pesticidas es una práctica ampliamente utilizada en el mundo. No obstante, debido a su alta toxicidad puede deteriorar la salud de los cultivos y afectar de manera indirecta o directa la biodiversidad terrestre y la calidad de los recursos. La aplicación de pesticidas ha generado la disminución de las colonias de abejas en un 40% a nivel mundial. Lo cual es preocupante, debido a que las abejas son consideradas las más importantes polinizadoras de la naturaleza, por lo tanto, las más vulnerables a los efectos adversos de los pesticidas. Las temáticas tratadas incluyen: clasificación de los pesticidas, efecto de diversos pesticidas en el medio ambiente, efectos en las abejas y normatividad vigente en Colombia, Estados Unidos y Europa.

The pesticide use is a wide practice commonly used across worldwide. Nevertheless, its high toxicity may disturb crops and also impair indirectly or directly affect terrestrial biodiversity and resource quality. Pesticide application has reduced bee colonies by 40% globally. This concerning situation, is enhanced to the fact that bees are considered the most important pollinators in nature, therefore, the most vulnerable to the adverse effects of pesticides. The topics covered included: classification of pesticides, effect of various pesticides on the environment, effects in bees and current regulations in Colombia, United States and Europe

AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 4 de 7


usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado un alianza, son:

Marque con una "x":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La conservación de los ejemplares necesarios en la Biblioteca.	x	
2. La consulta física o electrónica según corresponda.	x	
3. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	x	
4. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	x	
5. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	x	
6. La inclusión en el Repositorio Institucional.	x	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 5 de 7

demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:


Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

SI ___ NO _x_.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 6 de 7

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.


d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAR113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 7 de 8

“Condiciones de uso de estricto cumplimiento” de los recursos publicados en Repositorio Institucional, cuyo texto completo se puede consultar en biblioteca.unicundi.edu.co

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons : Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Título Trabajo de Grado o Documento.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. EVALUACIÓN Y EFECTOS DE LOS PESTICIDAS EN LAS ABEJAS: SITUACIÓN ACTUAL Y NORMATIVIDAD EN COLOMBIA	TEXTO

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA
Martin Celma Nazly Yolieth	Nazly Yolieth MC

**EXPOSICIÓN Y EFECTOS DE LOS PESTICIDAS EN LAS ABEJAS: SITUACIÓN
ACTUAL Y NORMATIVIDAD EN COLOMBIA**

NAZLY YOLIETH MARTIN CULMA

CÓDIGO: 150212127

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
FUSAGASUGÁ

2017

**EXPOSICIÓN Y EFECTOS DE LOS PESTICIDAS EN LAS ABEJAS: SITUACIÓN
ACTUAL Y NORMATIVIDAD EN COLOMBIA**

NAZLY YOLIETH MARTIN CULMA

CÓDIGO: 150212127

Propuesta de trabajo de grado opción monografía como requisito parcial para la obtención
del título de Zootecnista

Director

Víctor Manuel Solarte Cabrera

M Sc, Estudiante Doctorado

Universidad Nacional de Colombia

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTEENIA
FUSAGASUGÁ

2017

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. OBJETIVOS.....	5
1.1. OBJETIVO GENERAL	5
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	5
2. METODOLOGÍA	6
3. RESULTADOS.....	8
3.1. CLASIFICACIÓN DE LOS PESTICIDAS SEGÚN SU MODO DE ACCIÓN	8
3.2 CLASES QUÍMICAS	9
3.2.1 Organoclorados.....	9
3. 2. 2. Organofosforados	10
4. 2. 3. Clorpirifós.....	10
3. 2. 4. Glifosato	10
3.2.5. Carbamatos	11
3.2.6. Piretroides.....	12
3.3. PROBLEMA GENERAL DE LOS PESTICIDAS	13
3.4. TOXICIDAD DE PESTICIDAS SOBRE ORGANISMOS VIVOS	13
3.5. VALORACIÓN ECONOMICA DE LA PÉRDIDA DE LOS POLINIZADORES ...	18
3.6. PESTICIDAS QUÍMICOS EN COLOMBIA	19
3.7. EFECTO DE LOS PESTICIDAS EN LAS ABEJAS.....	19

3.8. NORMATIVIDAD.....	24
3.8.1. Regulación colombiana referente al uso de pesticidas.	24
3.8.2. Regulación Estadounidense referente al uso de pesticidas.....	29
3.8.3. Regulación de la Unión Europea (UE) respecto al uso de pesticidas.....	32
5. DISCUSIÓN.....	50
6. CONCLUSIONES	51
7. RECOMENDACIONES	53
REFERENCIAS	54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clases químicas y características generales de algunos pesticidas sintéticos.	9
Tabla 2. Efecto de diversos pesticidas en organismos vivos.....	16
Tabla 3. Normatividad colombiana con respecto al uso de pesticidas.....	25
Tabla 4. Lista de pesticidas prohibidos en Colombia.	28
Tabla 5. Regulación Estadounidense referente al uso de pesticidas.	29
Tabla 6. Funciones del Departamento de Agricultura de Texas.	31
Tabla 7. Bloques de estrategia de la UE con respecto al manejo de pesticidas.	33
Tabla 8. Comparación del manejo de pesticidas entre Colombia, EE. UU. y la UE.	38
Tabla 9. Ingredientes activos comúnmente usados en Colombia y sus efectos en las abejas	41
Tabla 10. Clasificación de los artículos consultados de acuerdo al efecto nocivo en abejas.	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de los resultados de la revisión bibliográfica de la exposición de abejas a los pesticidas. Se identificaron tres subsecciones: Matrices de estudio, Población objetivo y Tipo de exposición.....	7
Figura 2. Estructura química de los organoclorados (DDT). Tomado de Rocha & García (2008).....	9
Figura 3. Estructura química de los organofosfatos (Clorpirifós). Tomado de Rocha & García (2008).....	10
Figura 4. Estructura química de los carbamatos (Carbaril). Tomado de Rocha & García (2008).	12
Figura 5. Estructura química de los piretroides (Cipermetrina). Tomado de Rocha & García (2008).....	12

RESUMEN

El objetivo de esta monografía fue evidenciar los aspectos fundamentales de los pesticidas relacionados con sus efectos en las abejas y el medio ambiente. Así, mediante una revisión bibliográfica, se realizó un análisis del efecto de los pesticidas en el medio ambiente especialmente en las abejas. El uso de pesticidas es una práctica ampliamente utilizada en el mundo para erradicar plagas, hongos y patógenos. No obstante, debido a su alta toxicidad puede deteriorar la salud de los cultivos y afectar de manera indirecta o directa la biodiversidad terrestre y la calidad de los recursos. La aplicación de pesticidas ha generado la disminución de las colonias de abejas en un 40% a nivel mundial. Lo cual es preocupante, debido a que las abejas son consideradas las más importantes polinizadoras de la naturaleza, por lo tanto, las más vulnerables a los efectos adversos de los pesticidas. Las temáticas tratadas incluyen: clasificación de los pesticidas, efecto de diversos pesticidas en el medio ambiente, efectos en las abejas y normatividad vigente en Colombia, Estados Unidos y Europa. En conclusión, los estudios revisados evidencian el efecto nocivo del uso de los pesticidas para la biodiversidad terrestre y la salud de los consumidores de los productos contaminados con éstos.

Palabras Clave: Apoidea, letalidad, toxicidad, pesticidas, apicultura.

ABSTRACT

The aim of this survey was to review main features of pesticides related to their effects in bees and environment. Thus, literature review was made to analyze the pesticides in the environmental sources also focused in bees as pollinator insects. The pesticide use is a wide practice commonly used across worldwide to eradicate pests, fungi and pathogens. Nevertheless, its high toxicity may disturb crops and also impair indirectly or directly affect terrestrial biodiversity and resource quality. Pesticide application has reduced bee colonies by 40% globally. This concerning situation, is enhanced to the fact that bees are considered the most important pollinators in nature, therefore, the most vulnerable to the adverse effects of pesticides. The topics covered included: classification of pesticides, effect of various pesticides on the environment, effects in bees and current regulations in Colombia, United States and Europe. In conclusion, this survey support the negative effect due to the use of pesticides for terrestrial biodiversity and the health of consumers of products contaminated with them.

Keywords: Apoidea, lethality, toxicity, pesticide and apiculture.

INTRODUCCIÓN

Se propone realizar una revisión de literatura sobre los efectos de los pesticidas en las abejas y el medio ambiente, y su relación con la degradación ambiental y también examinar la normatividad actual. Esta monografía provee las bases teóricas y estado del arte en cuanto al efecto de pesticidas en Colombia, debido a la carencia de conocimiento en lo referente a los efectos de su aplicación en el medio natural.

Las abejas son los mayores polinizadores de la naturaleza. Su labor va desde polinizar plantas silvestres en ecosistema terrestres hasta cultivos, es decir que son fundamentales para la biodiversidad y la producción masiva de alimentos agrícolas. Diversos estudios económicos han demostrado el gran impacto que la polinización ha tenido en los cultivos, reflejado en un aumento de la productividad y la rentabilidad de los mismos. El 75% de las frutas, verduras, plantas que producen semillas y los cultivos globales dependen, al menos en parte, de la polinización por medio de insectos especialmente de las abejas (Cutler *et al.*, 2014). Adicionalmente como resultado de esta interacción las abejas forman diferentes productos como son la miel, el propóleo, el polen y la cera (Brown & Paxton, 2009). Para que exista un proceso eficiente de polinización, debe existir una óptima calidad del medio ambiente por lo tanto una alteración de este puede romper el equilibrio de las poblaciones disminuyéndolas significativamente. Esta realidad se ha visto afectada por varios factores, entre los que se destacan: la utilización de cultivos genéticamente modificados resistentes al glifosato, la pérdida de biodiversidad genética, reinas débiles, la variación climática extrema, los residuos de acaricidas en la colmena y el amplio y excesivo uso de los pesticidas en su medio ambiente natural.

Actualmente, la agricultura tecnificada es dependiente de los agroquímicos para potenciar el crecimiento y protección de sus cultivos; estos agentes químicos van desde fertilizantes hasta

pesticidas sintéticos altamente tóxicos. Estos compuestos se clasifican en organofosfatos, carbamatos, piretrinas, piretroides sintéticos y organoclorados (CONICET, 2009). En Colombia, los más utilizados son los organofosforados y organoclorados. Los del primer grupo son generalmente más nocivos en términos de toxicidad aguda (Asselborn *et al.* 2000). Las malas prácticas de manejo de los pesticidas han ocasionado un deterioro de los recursos naturales y la calidad de vida de las personas (Lopera *et al.*, 2005). *Apis mellifera* puede ser considerado como un bioindicador de la contaminación del medio ambiente debido a su vulnerabilidad a dichos tóxicos (Balayiannis & Balayiannis, 2008). Las alteraciones del medio se manifiestan en las colonias principalmente por una alta mortalidad, efectos subletales y una acumulación significativa en sus productos de sustancias químicas nocivas como lo son los pesticidas; éstos, a su vez, son recolectados del aire y las flores por las abejas, y en la cadena productiva llegan hasta el consumidor final (Ghini *et al.*, 2004); así, se puede afirmar que se presenta un importante riesgo para la salud humana y para la población de la colmena (Choudhary & Sharma, 2008). La extensiva distribución de los diferentes grupos de pesticidas ha causado graves problemas en la industria apícola (Bortolotti *et al.*, 2003). En los últimos años, muchos apicultores de Europa y los países de América se han visto perjudicados por las altas tasas de mortalidad de abejas generalmente de la especie *Apis mellifera*, pero los efectos sobre el resto de la Superfamilia *Apoidea* no son conocidos (Bortolotti *et al.*, 2003). Por lo anterior, es relevante hacer una revisión de literatura acerca de los efectos de la exposición y letalidad de los pesticidas en abejas de dicha categoría taxonómica.

Las abejas, a pesar de su importante labor biológica han disminuido su población significativamente. En EE.UU. el número de colonias se ha reducido en un 45%: pasó de tener 42 millones a 24 millones de colmenas de abejas en el transcurso de 60 años. Pero éste no es un hecho

aislado, es una tendencia global y continúa a la baja. Según Johnson *et al.* (2010), esto es atribuible a la exposición prolongada de las abejas a los pesticidas y plaguicidas, por lo tanto las colonias más afectadas son las que se encuentran en zonas de cultivo agrícola (Chauzat *et al.*, 2009).

El continuo uso de organoclorados, carbamatos, organofosforados y piretroides no sólo ha desencadenado la muerte masiva de abejas sino también una alteración del medio que incluye una contaminación de aire, suelo y agua, y en algunos casos su uso irresponsable ha llevado a la resistencia de plagas (Johnson *et al.*, 2010). En las abejas la interacción con el pesticida no sólo ocasiona su muerte, sino que cantidades traza producen efectos subletales, entre los que se destacan: alteración en la producción de aminos biogénicos que están relacionadas con la formación de memoria en la abeja y la sensibilidad sensorial (Mc Cabe, 2010), los residuos en el aire de los pesticidas hacen que la abeja detecte difícilmente el olor del néctar a la vez de que se reduce la sensibilidad a la sacarosa (Herbert *et al.*, 2014). La exposición a estos productos compromete la capacidad de las obreras para llevar a cabo tareas de coordinación (Chauzat *et al.*, 2009), genera desorientación aguda en las abejas (Mc Cabe, 2010) afectando el rendimiento de colonias (Chauzat *et al.*, 2009) y conlleva al debilitamiento de las colmenas. En un estudio realizado por Whitehorn *et al.*, (2012), se trataron colonias con neonicotinoides que están clasificados como organofosforados; las abejas del experimento tuvieron un crecimiento significativamente reducido y sufrieron una reducción del 85% en la producción de nuevas reinas en comparación con las colonias control. Otros efectos subletales son el acortamiento de la vida, las mutaciones en la descendencia, pérdida de peso, alteraciones en las tasas de fecundidad, cambios en el comportamiento de oviposición, efecto nocivo en los tiempos de desarrollo, supresión del sistema inmune (Schneider *et al.*, 2009; Sánchez *et al.*, 2016) e incluso la muerte de la abeja.

La disminución en la población de abejas es una problemática mundial que afecta no sólo la rentabilidad y productividad del sector agrícola y la cadena productiva apícola, sino que también a la seguridad alimentaria de todas las personas. Para esto se debe tener en cuenta que 52 de los 115 principales productos alimentarios mundiales dependen de la abeja para la polinización de los cultivos frutales o de semilla; a nivel mundial. En términos económicos, el valor de la polinización por insectos para el año 2010 fue estimado en US\$ 212 mil millones (€ 153 mil millones). Dicha cifra representa alrededor del 9,5% del valor total de la producción agrícola (Van Engelsdorp & Meixner, 2010). En Colombia, para el año 2013 la superficie agrícola total fue de 43 millones de hectáreas de superficie; siendo utilizada para pastoreo 17 millones y en tierras de cultivo 4,5 millones de hectáreas (OCDE, 2015). En estas áreas cultivadas las abejas cumplen un papel fundamental como agentes polinizadores. Los pesticidas se pueden encontrar en el aire, suelo, agua o sedimentos (Chauzat *et al.*, 2009). Las abejas pueden estar expuestas a dichas sustancias por dos vías: Primero, exposición oral por medio del contacto de su probóscide con el polen, el néctar y las gotas de agua exudadas por las plantas. Segundo, por contacto físico, en el que los residuos se encuentran en los productos de la abeja, causando un potencial riesgo para la salud humana (Choudhary & Sharma, 2008; Schneider *et al.*, 2012).

Es fundamental investigar a profundidad acerca de los efectos nocivos y la toxicidad de los pesticidas para poder buscar sistemas productivos más eficientes, que tengan un menor impacto en el medio ambiente a la vez de que protejan la salud del consumidor. Por todo lo anterior, se torna de gran importancia generar una revisión soportada en una recopilación de información actualizada que nos provea una base segura para tomar decisiones acertadas con respecto del uso de pesticidas, concretamente asociada a sus efectos en las abejas.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar una revisión de la situación actual y normatividad acerca de la exposición y efecto de los pesticidas en las abejas (*Hymenoptera: Apoidea*).

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Revisar la normatividad nacional e internacional con respecto al uso de pesticidas.
- Revisar el estado del arte entorno al uso de pesticidas y sus efectos sobre las abejas (*Hymenoptera: Apoidea*).
- Analizar la asociación entre valoración económica de la polinización y pérdida de polinizadores.

2. METODOLOGÍA

Criterios para búsqueda de información desde bases de datos

La presente revisión se basó en la declaración Prisma (Urrutia y Bonfill, 2010). Se seleccionaron reportes que describieran el efecto letal y subletal de los pesticidas en plantas, insectos y mamíferos las abejas. La exposición de abejas a uno o varios pesticidas. Publicaciones acerca de métodos analíticos para identificar y cuantificar la residualidad de pesticidas en productos apícolas. Los estudios sobre la interacción entre pesticidas y otros factores estresantes, tales como enfermedades, depredadores o parásitos, también se incluyeron en la revisión (Figura 1).

Se incluyeron artículos científicos originales, revisión, tesis de grado, informes técnicos, leyes y decretos. Se realizó una búsqueda en las siguientes bases de datos: ScienceDirect, JSTOR, Springerlink, Scielo. Se incluyeron las siguientes palabras clave; para la palabra abejas (bees), AND/OR efecto de pesticidas (effect of pesticides) AND/ OR efectos subletales (sublethal effects) AND/OR toxicidad de pesticidas (Toxicity of pesticides) AND/OR valor de la polinización (value of the pollinization) AND/OR efecto subletal de pesticidas (sublethal effect of pesticides) (Figura 1). Se excluyeron proyectos de pregrado, capítulos de libros y resúmenes de conferencias.

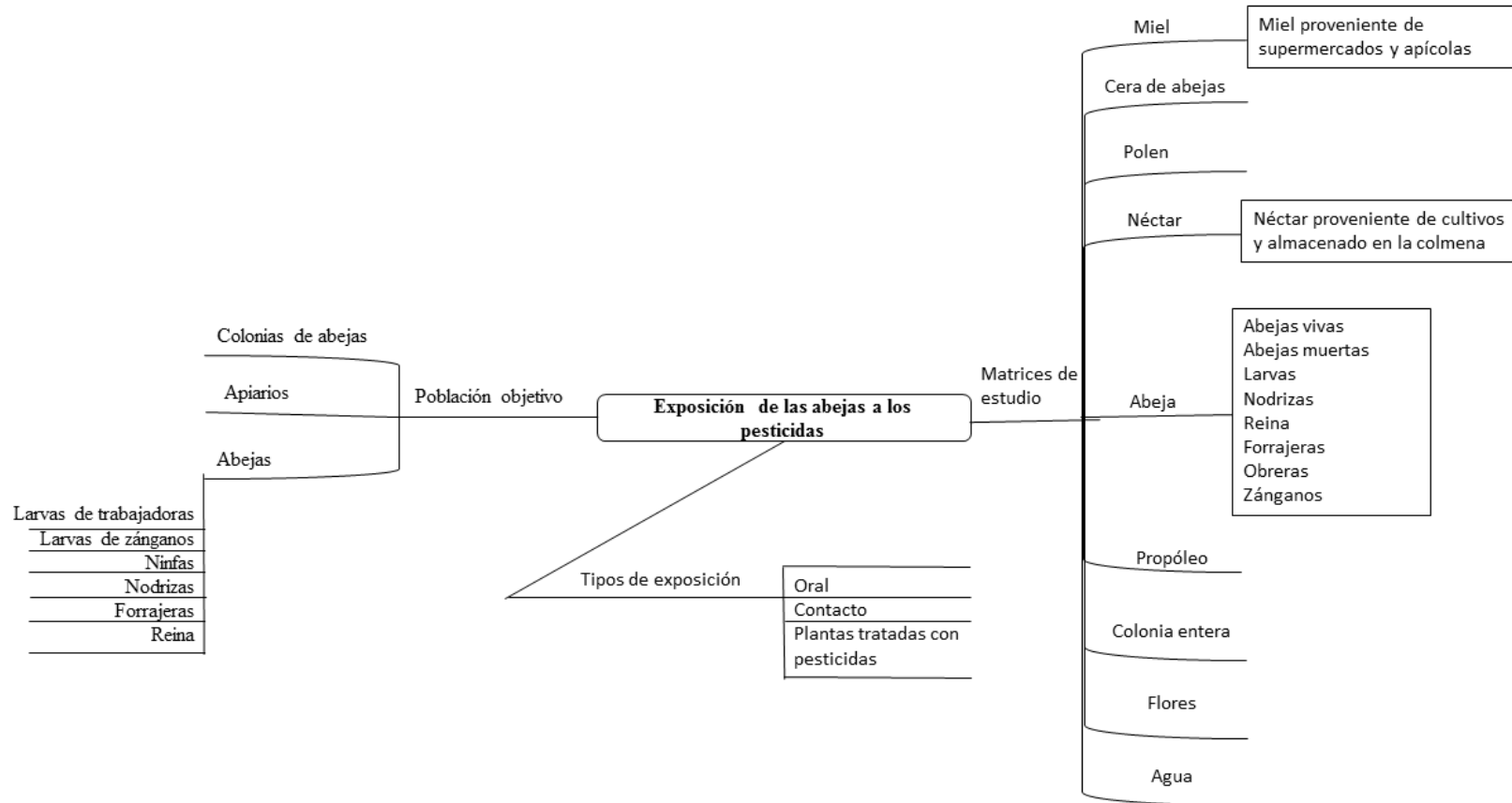


Figura 1. Clasificación de los resultados de la revisión bibliográfica de la exposición de abejas a los pesticidas. Se identificaron tres subsecciones: Matrices de estudio, Población objetivo y Tipo de exposición.

3. RESULTADOS

Un total de 1069 artículos fueron identificados después de las consultas en base de datos. Los años 2014 y 2016 fueron los años con más publicaciones con un total de 382 y 369 respectivamente. Las revistas en las que se encontraron el mayor número de publicaciones fueron Journal of Chromatography con 192, Agriculture, Ecosystems & Environment con 154, Pesticide Biochemistry and Physiology con 131, Chemosphere con 110 y Crop Protection con 98. Los experimentos científicos *in vivo* estaban orientados a identificar el efecto de los pesticidas en la cognición, el comportamiento o la mortalidad, y la interacción entre diferentes pesticidas y patógenos. Se incluyeron investigaciones *in situ* para determinar residualidad de pesticidas en diferentes productos apícolas.

Los pesticidas más estudiados con respecto a sus efectos en las abejas y residualidad son los neonicotinoides, especialmente imidacloprid, tiametoxam, y clothianidina, cumafós y Fluvalinato. En total, más de 50 plaguicidas diferentes han sido analizados (Benuszak *et al.*, 2017).

3.1. CLASIFICACIÓN DE LOS PESTICIDAS SEGÚN SU MODO DE ACCIÓN

Los pesticidas son sustancias usualmente utilizadas en el sector agropecuario. Estos se clasifican en organofosfatos, piretrinas, carbamatos, piretroides sintéticos y organoclorados (Tabla 1). Los dos primeros pesticidas son inhibidores de la enzima acetilcolinesterasa y los demás afectan los canales iónicos de las neuronas (canales de sodio); estos canales están regulados por voltaje y transmiten los impulsos nerviosos a través de potenciales de acción que se transmiten a través de las dendritas y axones (Rocha & Garcia. 2008).

Tabla 1. Clases químicas y características generales de algunos pesticidas sintéticos.

CLASE QUÍMICA	EJEMPLO	MODO DE ACCIÓN
Organoclorados	DDT	Afecta el cierre de los canales de sodio de las neuronas
Organofosfatos	Clorpirifós	Inhibidor de acetilcolinesterasa. Afectan irreversiblemente el sistema nervioso
Carbamatos	Carbaril	Inhibidor de acetilcolinesterasa. Afectan irreversiblemente el sistema nervioso
Piretroides	Cipermetrina	Bloqueo de los canales iónicos neuronales afecta el sistema nervioso

Tomado de Rocha & Garcia (2008).

3.2 CLASES QUÍMICAS

3.2.1 Organoclorados: Los plaguicidas organoclorados son insecticidas cuya estructura química corresponde, generalmente, a la de hidrocarburos clorados aromáticos, aunque algunos de ellos contienen otros elementos, como oxígeno y azufre (Figura 2). Se caracterizan por su alta neurotoxicidad y son liposolubles (Ibarluzea *et al.*, 2010), se acumulan en los lípidos de los organismos vivos y poseen una alta residualidad en el suelo; esto hace que lleguen fácilmente a la cadena alimentaria y se biomagnifiquen (Miguel *et al.*, 2010). Actualmente la mayor parte de estos compuestos están prohibidos debido a su lenta biodegradación y la formación a partir de estos de disolventes clorados y de derivados organoclorados (Flix, 2003).

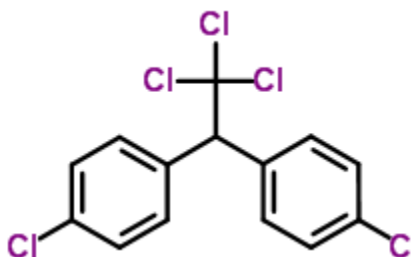


Figura 2. Estructura química de los organoclorados (DDT). Tomado de Rocha & García (2008).

3. 2. 2. Organofosforados: Los organofosforados fueron descubiertos en 1930 como agentes plaguicidas, inicialmente sintetizados a partir de fosfato trietil y en 1940 se intentó buscarle usos farmacológicos, pero no se llegó a estudios *in vivo*, en general por presentar funciones éster, son poco solubles en agua pero se disuelven fácilmente en los lípidos, razón por la cual afectan significativamente a los seres vivos (Obiols, 1999), inhibiendo la enzima acetilcolinesterasa, cuya función es hidrolizar la acetilcolina, modulando así los impulsos nerviosos. Actualmente se obtienen a partir de los organofosforados diferentes tipos de compuestos (Restrepo & Guerrero, 1978). En Colombia los pesticidas organofosforados más utilizados son el clorpirifós y el glifosato.

4. **2. 3. Clorpirifós:** El clorpirifós ha sido catalogado como un compuesto tóxico para la fauna terrestre y acuática, y para las personas (Figura 3). Además, dicho plaguicida puede almacenarse en el suelo desde 5 días hasta 20 años dependiendo de su concentración, el tipo de suelo y las condiciones ambientales existentes (Idrovo, 2004), pero sus efectos se manifiestan principalmente como subletales (CONICET, 2009).

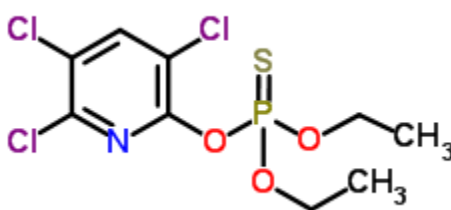


Figura 3. Estructura química de los organofosforados (Clorpirifós). Tomado de Rocha & García (2008).

3. 2. 4. Glifosato: El glifosato es ligeramente tóxico y ligeramente persistente de 14 a 22 días en el medio y afecta la calidad del agua y a los organismos asociados, modificando con esto la

estructura y funcionalidad de los ecosistemas acuáticos, a la vez que se han encontrado efectos adversos en los organismos terrestres (Salazar & Aldana, 2011). El glifosato afecta en particular a las plantas vasculares, específicamente al metabolismo de las auxinas interfiriendo en la síntesis del ácido 3-indolacético, importante como promotor de crecimiento en las plantas. Por consiguiente, el glifosato afecta a los organismos que posean esta vía metabólica, ya sean blancos o no del herbicida. El glifosato, tiende a acumularse en el suelo, debido a su afinidad con las partículas de tierra, aunque, también muestra pérdidas por lixiviación las cuales posteriormente llegan a los medios acuíferos. Este pesticida tiene la capacidad de localizarse en el tejido vegetal de la raíz, en el suelo y puede movilizarse por competencia con el fósforo, lo cual podría representar una ruta de transferencia adicional del herbicida hacia otras plantas no blanco (CONICET, 2009).

3.2.5. Carbamatos: Los pesticidas carbamatos son ampliamente utilizados en la agricultura actual y ocasionan una alta contaminación de las aguas subterráneas y superficiales (Hao *et al.*, 2015), el suelo, las plantas, los alimentos y poseen una alta residualidad en el medio (Figura 4). Su descomposición puede tardar entre 4 semanas a varios meses (Soloneski *et al.*, 2015), usualmente se utilizan en los cultivos de repollo, papa, cítricos, café y otros (Hao *et al.*, 2015). Estos también son reconocidos por su gran poder biocida e inhiben la actividad de la enzima acetilcolinesterasa –AChE– (Bini *et al.*, 2016). Actualmente se usan como herbicidas, pesticidas, bactericidas, y agentes antivirales (Kim & Lee, 2016).

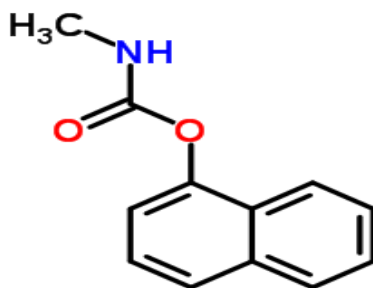


Figura 4. Estructura química de los carbamatos (Carbaril). Tomado de Rocha & García (2008).

3.2.6. Piretroides: Los piretroides son compuestos sintéticos basados estructuralmente de la molécula de piretrina y químicamente se diferencian porque están compuestos por el grupo α -ciano en su molécula (Figura 5). Su acción metabólica consiste en alterar la apertura y cierre de los canales de sodio dentro de la célula nerviosa, dejando al final este canal constantemente abierto, lo que altera la transmisión de señales eléctricas de las células neuronales. Estos compuestos sintéticos se usan comúnmente para el control de insectos vectores de enfermedades debido a su baja toxicidad en los mamíferos (Rinkevich *et al.*, 2015). En EE.UU. para el año 2012, se aplicaban en más de 1 millón de hectáreas de frutales (Ingram *et al.*, 2015).

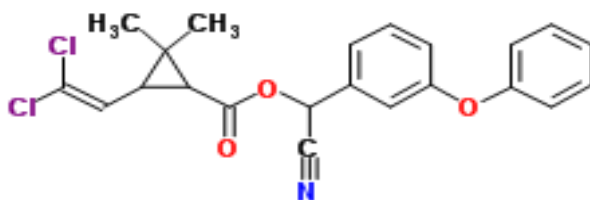


Figura 5. Estructura química de los piretroides (Cipermetrina). Tomado de Rocha & García (2008).

3.3. PROBLEMA GENERAL DE LOS PESTICIDAS

En diversos estudios científicos se ha demostrado la toxicidad de los pesticidas, los cuales generan diferentes tipos de efectos en organismos vivos entre los que se encuentran los letales y subletales. Adicionalmente, debido a los residuos y persistencia de estos en el medio ambiente contribuyen a la contaminación del agua, suelo y aire.

En Colombia, los pesticidas más utilizados son los organofosforados, entre los que se encuentran insecticidas como el fenitrothion, que ha demostrado tener una acumulación en plantas acuáticas, especialmente en las algas (Lal *et al.*, 1987). En un estudio realizado por Mesa *et al.*, (2005) se encontró una concentración de 0,25 µg/g de clorpirifós en los suelos del departamento de Antioquia, lo cual representa un riesgo para los organismos del suelo. Se encontró que concentraciones bajas de 9,37 mg/l de Clorpirifós ejercen un efecto inhibitorio en el crecimiento de algas y concentraciones superiores a 150 mg/l inhiben totalmente el crecimiento de la microalga verde *Selenastrum capricornutum*. Las células de las algas que han sido expuestas a dosis elevadas de Clorpirifós presentan cambios en la morfología, aumento significativo de tamaño, abundantes gránulos citoplasmáticos y una marcada despigmentación (Asselborn *et al.*, 2000). Existen estudios donde se detectan plaguicidas residuales en muestras de suelo, agua, alimentos, fluidos biológicos y tejidos. En alimentos se han encontrado diferentes pesticidas en granos de cereales, nopal, camarón, aceites vegetales, tomate, uva, entre otro (Salazar & Aldana, 2011).

3.4. TOXICIDAD DE PESTICIDAS SOBRE ORGANISMOS VIVOS

Se ha reportado el efecto de los pesticidas en los organismos vivos entre los que se señala que el glifosato en conejos causa irritación de mucosas, alteraciones en la producción de enzimas aumentando la concentración de fosfatasa alcalina y aminotransferasa, enzimas marcadoras de

daño hepático. En Argentina, se realizó un estudio por Salazar y Aldana (2011) sobre el efecto del glifosato en larvas de especies autóctonas, los resultados indican toxicidad del formulado, generando mortalidad, malformaciones en distintas partes del cuerpo. En los seres humanos se señalan múltiples daños asociados con los plaguicidas usados en los programas de erradicación; los más descritos son problemas respiratorios, gastrointestinales, alérgicos, dermatológicos, neurológicos, psicológicos (Salazar & Aldana, 2011) (Tabla 2). La población está expuesta al glifosato por medio de las fumigaciones aéreas, y esta exposición ocasiona efectos adversos sobre la salud (Idrovo, 2004). La exposición a los pesticidas en seres humanos también se relaciona con problemas endocrinos, trastornos reproductivos y la aparición de diversos tipos de cáncer (Ghisari *et al.*, 2015). Se ha demostrado que la aplicación de dosis normales de glifosato afecta el crecimiento de las lombrices de tierra (*Aporrectodea caliginosa*) y dosis superiores a las permitidas ocasionan una reducción en la supervivencia de los anfibios (Salazar & Aldana, 2011). El glifosato puede ser absorbido por las plantas y concentrarse en las partes de éstas que son usadas como alimento y favorece el crecimiento de hongos patogénicos, aumentando la presencia de hongos del género *Fusarium* (Salazar & Aldana, 2011). Cuando el glifosato llega a las aguas reduce el micro y nano fitoplancton y aumenta en 4,5 veces la población de las cianobacterias relacionadas con la putrefacción de la materia orgánica, a la vez, cambia la composición de pigmentos del fitoplancton y el espectro de absorción (Salazar & Aldana, 2011). Con respecto al clorpirifós hay escasos estudios sobre el efecto del este en la flora y fauna.

En los artrópodos, se han realizado estudios que han mostrado los diferentes efectos de los pesticidas sobre los insectos entre los que se destacan las relaciones de interacción huésped-parasito: los pesticidas reducen la reacción inmune del huésped siendo así más fácilmente parasitado como se demostró en *Drosophila melanogaster*; cuando fue expuesta a las larvas de

Leptopilina boulardi que tienden a parasitarla (Desneux *et al.*, 2007). Otro parámetro a menudo reportado en asociación con los efectos de los plaguicidas sobre el desarrollo del insecto es la tasa de desarrollo: en himenópteros hay un retraso en el desarrollo de las larvas que podría conducir a una amenaza a las poblaciones de las colonias (Desneux *et al.*, 2007). Los pesticidas tienen principalmente los 2 efectos subletales en los artrópodos: la alteración en su fisiología y comportamiento, y disminución en el desarrollo del insecto. En el primer efecto está la disminución del desarrollo de los tejidos neurales alterando negativamente el sistema colinérgico de los insectos, que está relacionado con las funciones cognoscitivas como el aumento del comportamiento de aseo provocado por la irritación de los quimiorreceptores situados en la superficie del cuerpo del insecto (Desneux *et al.*, 2007). La navegación también se ve afectada debido a que esta depende por completo de las transmisiones nerviosas (CONICET, 2009). El insecticida Endosulfán actúa bloqueando los canales de cloruro en las células ópticas postsinápticas, causando excitabilidad, temblores y convulsiones (Benamú *et al.*, 2007), aumentando su vulnerabilidad a los depredadores. La reproducción también se ve afectada: la Acetamiprid reduce la eclosión de huevos entre 34% y 100%, además de crear una disrupción en etapas tempranas de desarrollo embrionario (Fogel *et al.*, 2013) (Tabla 2). El segundo efecto es una disminución en el desarrollo de los insectos, sea por efectos indirectos como la destrucción del hábitat y el daño a los lugares de anidación, la oviposición y sitios de apareamiento, como por efectos directos: mortalidad (Desneux *et al.*, 2007).

Tabla 2. Efecto de diversos pesticidas en organismos vivos.

Pesticida	Efecto	Organismo vivo
Acetamiprid	Reducción de la eclosión de huevos de un 34 a un 100%, además de crear una disrupción en etapas tempranas de desarrollo embrionario (Fogel <i>et al.</i> , 2013).	Insectos
Clorpirifós	Reducción de la reacción inmune del huésped siendo así más fácilmente parasitado (Desneux <i>et al.</i> , 2007).	Mosca de la fruta (<i>Drosophila melanogaster</i>)
Clorpirifós	Retraso en el desarrollo de las larvas (Desneux <i>et al.</i> , 2007).	Himenópteros
Clorpirifós	Inhibición en el crecimiento en concentraciones superiores a 150 (Asselborn <i>et al.</i> , 2000).	Microalga verde (<i>Selenastrum capricornutum</i>)
Clorpirifós	Alteración en la fisiología y comportamiento, y disminución en el desarrollo (Desneux <i>et al.</i> , 2007).	Artrópodos
Endosulfan	Bloqueo de los canales de cloruro en las células ópticas postsinápticas, causando excitabilidad, temblores y convulsiones (Benamú <i>et al.</i> , 2007).	Insectos
Fenitrotión	Acumulación en Plantas acuáticas (Mesa <i>et al.</i> , 2005).	Especialmente algas y Plantas vasculares
Glifosato	Alteración del metabolismo de las auxinas interfiriendo en la síntesis del ácido 3-indolacético (CONICET, 2009).	Plantas vasculares
Glifosato	Irritación de mucosas, alteraciones en la producción de enzimas aumentando la concentración de fosfatasa alcalina, y aminotransferasa, enzimas marcadoras de daño hepático (Salazar & Aldana, 2011).	Conejos
Glifosato	Reducción del crecimiento mediante aplicación de dosis normales (Salazar & Aldana, 2011).	Lombrices de tierra (<i>Aporrectodea caliginosa</i>)
Glifosato	Reducción en la supervivencia en dosis superiores a las recomendadas (Salazar & Aldana, 2011).	Anfibios (ranas y renacuajos)
Glifosato	favorece el crecimiento de hongos patogénicos, aumentando la presencia de hongos del genero <i>Fusarium</i> (Salazar & Aldana, 2011).	Plantas terrestres

Glifosato	Reducción del micro y nano fitoplancton y aumenta en 4,5 veces la población de las cianobacterias relacionadas con putrefacción de materia orgánica (Salazar & Aldana, 2011).	Biodiversidad acuática
-----------	---	------------------------

3.5. VALORACIÓN ECONOMICA DE LA PÉRDIDA DE LOS POLINIZADORES

La polinización se da a través de varios medios como son el viento, la gravedad y animales, los dos últimos son esenciales para la reproducción de las plantas con flores (Hanley *et al.*, 2013). La polinización a través de los animales representa un 80% de la polinización total, dentro de los animales que realizan actividades polinizadoras se encuentran: los pájaros, los murciélagos e insectos principalmente (Hanley *et al.*, 2013). Entre los insectos que comúnmente realizan actividades polinizadoras encontramos a las abejas, en gran parte de los países del mundo la labor la realizan los abejorros, megachílidos, las abejas nativas y *Apis mellifera*, entre otras, de forma controlada (polinización asistida por el apicultor) o natural (Hanley *et al.*, 2013). Se ha estimado que entre el 89 y el 99% de todas las especies de plantas con flores en las selvas tropicales del trópico bajo son polinizadas principalmente por las abejas y un tercio de los alimentos que se consumen en los países tropicales es proveniente de plantas polinizadas por insectos (Klein *et al.*, 2003). En el continente Europeo los cultivos dependen principalmente de las abejas como agentes polínicos para aumentar sus rendimientos (Klein *et al.*, 2003). En EE. UU., en el año de 1976 se estimaba que entre el 15 al 30% de los alimentos consumidos por los estadounidenses eran provenientes del resultado directo e indirecto de la polinización. Para 1989 se calculó este servicio por un valor de US\$ 9.300 millones (Losey & Vaughan, 2006), en 1992 se estimó entre US\$ 1,6 y \$ 5,7 mil millones (Southwick & Southwick, 1992), mientras que en el 2000 se estimó en un valor de US\$ 14.600 millones (VanEngelsdorp & Meixner, 2010). En la Unión Europea, la polinización de cultivos de fresa para el año 2009 se cuantificó en US\$ 2.900 millones y a nivel mundial el valor de la polinización por insectos ha sido estimado en US\$ 212 mil millones (€ 153 mil millones). Esta cifra representa alrededor del 9,5% del valor total de la producción agrícola (Van Engelsdorp & Meixner, 2010). La contribución por parte de la polinización realizada por

abejas nativas varía según la localización geográfica, la disponibilidad de hábitat natural y el uso de plaguicidas (Losey & Vaughan, 2006) aunque no se ha calculado su valor comercial. A medida que aumenta la población se hacen necesarios sistemas más eficientes para mejorar el rendimiento de los cultivos. La polinización es una práctica que amerita una reglamentación internacional clara debido a la disminución de la polinización natural e intensificación de los sistemas agrícolas intensivos (Klatt *et al.*, 2013).

3.6. PESTICIDAS QUÍMICOS EN COLOMBIA

Los estudios en Colombia sobre residualidad de pesticidas, letalidad y efectos subletales en abejas son muy escasos. En un estudio realizado por Rodríguez (2011) en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Magdalena y Santander, se observó que 32 de las 61 muestras de miel analizadas (52,5%) presentaron residuos de pesticidas, los cuales corresponden principalmente a organofosforados (47,5%) y organoclorados (9,8%). Únicamente 5 muestras de miel (8,2%) presentaron más de un plaguicida, en las cuales 3 (4,9%) contenían 3 plaguicidas, 1 (1,6%) contenía 4 plaguicidas y 1 (1,6%) contenía 5 plaguicidas. Lo anterior indica un exceso en el uso de pesticidas organofosforados, especialmente de clorpirifós, que se encontró de forma residual en el 36,1% de las mieles analizadas, esto reduce la inocuidad del alimento, poniendo en riesgo la salud del consumidor y la colmena (Rodríguez, 2011).

3.7. EFECTO DE LOS PESTICIDAS EN LAS ABEJAS

Las abejas tiene un bajo número de genes que codifican enzimas de desintoxicación, esto hace que sean altamente sensibles a los pesticidas en comparación con otros insectos (Calatayud *et al.*, 2016) y la disminución significativa de abejas es un indicador de la toxicidad de los plaguicidas

(Johnson *et al.*, 2010). En *Apis mellifera* se han realizado diversos estudios sobre el efecto directo y efectos subletales de los pesticidas; el efecto directo es el envenenamiento de la abeja y los efectos secundarios o subletales son evidentes después de una exposición prolongada a los pesticidas y pueden afectar en las diferentes etapas de la vida, especialmente en la etapa larval. Estos efectos van desde cambios en la fisiología celular, supresión del sistema inmunológico, disminución del aprendizaje, alteración del comportamiento (VanEngelsdorp & Meixner, 2010) y termorregulación (Tosi *et al.*, 2016).

En la fisiología celular se ve afectada la síntesis, el transporte, la acción, o la eliminación de las moléculas naturales tales como hormonas o enzimas que son responsables de mantener el desarrollo (Chauzat *et al.*, 2009). Puede interferir con el desarrollo particularmente cuando la exposición se produce durante la fase larvaria; podrían producirse efectos negativos sobre las reinas, los zánganos, y las larvas en desarrollo (Shafiq-ur *et al.*, 2012). En la fase larvaria, un desarrollo tardío y disminución de la longevidad en abejas adultas puede generar cambios prematuros en los roles de la colmena y la actividad de forrajeo. Además, el tiempo de desarrollo larval más largo proporciona una ventaja reproductiva de los parásitos como el ácaro *Varroa destructor* (Wu *et al.*, 2011). En un estudio realizado por Gregorc & Ellis, (2011) se utilizaron los pesticidas clorpirifós, imidacloprida, miclobutanil, simazina, glifosato y fluvalinato comúnmente utilizado en el control varroasis en colonias de abejas melíferas; se detectó la muerte celular mediante la fragmentación del ADN y la exposición de fosfatidilserina asociado a la muerte celular en el intestino medio. Así mismo, en las larvas tratadas con simazina y clorpirifós se presentaron niveles similares de mortalidad con 77% y 65%, los pesticidas miclobutanil y glifosato con un 69% y la imidacloprida con un 61% de mortalidad (Gregorc & Ellis, 2011). El glifosato está relacionado con la mortalidad de larvas y una disminución en el número de abejas y larvas; el

pesticida clorpirifós tiene un efecto neuro-oxidativo, aumentando la formación de malondialdehído que es indicador de estrés oxidativo como resultado del daño celular (Shafiq-ur *et al.*, 2012).

El efecto supresor del sistema inmune se da por la alteración de los mecanismos inmunes (Chauzat *et al.*, 2009), el desarrollo del aprendizaje y el comportamiento son actividades complementarias, relacionadas directamente con la capacidad de la abeja para realizar un proceso adecuado de memoria a corto, mediano y largo plazo, el cual es fundamental para la detección de alimento y el retorno a la colmena. El imidacloprid y los microsporidios tienen un efecto interactivo, relacionado con la supresión del sistema inmune que se ve reflejado en una mayor incidencia del patógeno microsporidio *Nosema ceranae*, en el intestino medio de la abeja (Alaux *et al.*, 2010).

Los procesos de aprendizaje dependen de una alta funcionalidad de los sistemas nerviosos sensoriales e integradores que en particular tienen una gran importancia en la abeja (reconocimiento de flores y nido, la orientación espacial). Por lo tanto, el impacto de los pesticidas neurotóxicos en estos procesos ha sido ampliamente estudiado e identificado (Desneux *et al.*, 2007). El hallazgo de trazas de imidacloprid en la cera de abejas sugiere una relación con la desorientación de las mismas (Pareja *et al.*, 2011). En un estudio realizado por Bortolotti *et al.*, (2003), se utilizaron treinta abejas alimentadas con una solución de sacarosa con imidacloprid en concentraciones 100 ppb (partes por billón), 500 ppb y 1000 ppb se encontró una disminución del aprendizaje y alteración del comportamiento que se relacionan con la pérdida de orientación y la capacidad de las abejas para volver a la colmena. La exposición al glifosato causa una menor sensibilidad a la recompensa y una reducción de la dinámica de adquisición de polen y néctar. Los organofosforados cumafos inhiben la acetilcolinesterasa y su combinación perjudica el

aprendizaje y memoria olfativa (Williamson & Wright, 2013). También se ha demostrado que la utilización de piretroides como el esfenvalerato, el lambda cihalotrin, la permetrina y el fluvalinato están relacionados con la pérdida de movimiento y coordinación de las abejas ocasionando parálisis y convulsiones (Ingram *et al.*, 2015). Los pesticidas interfieren con el comportamiento alimentario repeliendo la abeja o reduciendo su capacidad olfativa (Desneux *et al.*, 2007). Así, el uso de altas dosis de permetrina en las abejas ha demostrado una alteración de su comportamiento social, viéndose una disminución en las interacciones entre abejas (Ingram *et al.*, 2015). El glifosato promueve un aumento en los umbrales de respuesta al azúcar y expresado mediante un porcentaje menor de detección del olor, los neonicotinoides afectan los comportamientos implicados en búsqueda de alimento de las abejas (Herbert *et al.*, 2014). Se ha comprobado que el uso de neonicotinoides (imidacloprid, clothianidin, thiacloprid) interfieren con los diferentes componentes de la navegación, esto dificulta el regreso a la colmena en las abejas forrajeras (Fischer *et al.* 2014). Los pesticidas alojados en los recursos florales llegan de forma directa a las principales vías neuronales de las abejas, interrumpiendo los sistemas cerebrales necesarios para el aprendizaje, la memoria y la navegación generando un factor de estrés en las abejas que compromete las funciones cognitivas (Klein *et al.*, 2017).

En un estudio realizado por Eiri *et al.*, (2016) se realizó un experimento en el cual se suministró imidacloprid (0,21 ng/ abeja), a abejas pecoreadoras, y se determinó que el consumo de imidacloprid disminuye entre un 10,5 y 4,5 veces la danza de la abeja, lo cual dificulta en las obreras la comunicación del lugar donde se encuentra el alimento, lo cual afecta negativamente la supervivencia de la colmena. En conclusión, las trazas de pesticidas afectan los procesos de aprendizaje y de memoria en las abejas.

El tiametoxam es un pesticida que produce una reacción agonista en los receptores nicotínicos de acetilcolina. En dosis de 0,2, 1 y 2 ng/abeja, se presenta un aumento en la temperatura del tórax de las abejas entre 1 y 2 horas posteriores a la exposición, y al día siguiente a esta exposición una reducción de la temperatura. Esta alteración en la temperatura corporal repercute en una actividad de forrajeo más baja, disminuyendo la fortaleza de la colonia debido a una menor recolección de alimento (Tosi *et al.*, 2016).

No obstante, una dosis diaria de 5 ng de atrazina o glifosato o jarabe contaminado con cadmio (0,03 ppm) no modificó la supervivencia de las abejas. Contrariamente el consumo de estos herbicidas con hierro en el jarabe disminuye significativamente la supervivencia de las abejas (Jumarie *et al.*, 2016), siendo necesario realizar más investigaciones para comprender el efecto de estos pesticidas en las abejas.

En abejas nativas son escasos los estudios sobre toxicidad y posibles efectos subletales generados por pesticidas, sin embargo, se ha documentado reducción en el número total de descendientes, así como una reducción en la densidad y anidación (Hladik *et al.*, 2016). La exposición a fungicidas aumenta la susceptibilidad al parásito *Nosema* y a los ácaros, se observó que las abejas que consumían polen contaminado con piraclostrobina, eran tres veces más propensas a infectarse de *Nosema* (Hladik *et al.*, 2016). Respecto al efecto de los neocotinoides, las abejas cortadoras de alfalfa (*Megachile rotundata*) y las abejas de las orquídeas azules (*Osmia lingnaria*) son más susceptibles a los insecticidas neonicotinóides (clothianidina e imidacloprid) que las abejas mellíferas. También se ha evidenciado una reducción en la densidad de abejas nativas, anidación de abejas solitarias y crecimiento de colonias de abejorros (Hladik *et al.*, 2016). El fungicida chlorothalonil, afecta al abejorro oriental (*Bombus impatiens*) reduciendo el tamaño de su cuerpo (Hladik *et al.*, 2016). A gran escala una reducción en las poblaciones de abejas nativas

tendría un gran efecto negativo sobre la producción de alimentos y la biodiversidad vegetal (Hladik *et al.*, 2016).

La amplia distribución de los pesticidas en el mundo ha hecho que cada vez sea mayor el contenido de residuos traza de éstos en los productos apícolas, lo cual significa un riesgo para la salud del consumidor y de la abeja por los efectos agudos y crónicos que pueden ocasionar en los organismos vivos. En un estudio realizado por Choudhary & Sharma (2008) en Himachal Pradesh en India, se analizaron residuos de pesticidas en la miel de 51 muestras y se encontró que 35,29% de las muestras contenían residuos organoclorados sintéticos, el γ -HCH fue encontrado en el 17,64% de las muestras, seguido de contaminantes de DDT en un 13,72%. En un estudio realizado en Francia se encontraron nueve residuos de plaguicidas en un solo periodo de muestreo y en una misma colmena de estos residuos ocho se encontraron en la cera de abejas (Chauzat *et al.*, 2009). En la comunidad de Valencia se hizo un tamizaje con 58 pesticidas para determinar cuál es la residualidad de cada uno en las muestras de miel y el clorpirifós fue el más frecuente, tanto en porcentaje de concentración como en el número de casos positivos (Calatayud *et al.*, 2016).

3.8. NORMATIVIDAD

3.8.1. Regulación colombiana referente al uso de pesticidas.

Existen en Colombia una normatividad orientada a la regulación del uso de pesticidas, en la cual se contempla el manejo y uso de pesticidas en Colombia (Tabla 3).

El ICA se encarga de la aprobación o prohibición de los pesticidas que puedan llegar a tener un efecto tóxico peligroso en los seres vivos y medio ambiente. Los pesticidas que están prohibidos en Colombia según el ICA se detallan en la Tabla 4.

Tabla 3. Normatividad colombiana con respecto al uso de pesticidas

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	<ul style="list-style-type: none"> - Disposición final de residuos tóxicos (Ley 1252, 2008) - Producción de pesticidas y la importación de los mismos (Decreto 1443, 2004) - Reglamentan los residuos de pesticidas (Resolución 693, 2007) - Prevención y control de la contaminación ambiental por el manejo de plaguicidas y desechos o residuos peligrosos provenientes de los mismos (Resolución 1254, 2006) - Estudio de Impacto Ambiental para la importación de pesticidas de tipo biológico (Resolución 1278, 2006) - Guía ambiental para el subsector de plaguicidas (Resolución 1023, 2005) - Prevención y control de la contaminación ambiental por el manejo de plaguicidas (Resolución 1443, 2004) - Dictamen técnico-ambiental en el proceso de registro de plaguicidas (Resolución 1442, 2008 Deroga resolución 662 de 2003) - Disposiciones sobre la industria, comercio y aplicación de bioinsumos y productos afines, de abonos, fertilizantes, enmiendas, acondicionadores de suelo y productos afines, plaguicidas químicos, reguladores fisiológicos, coadyuvantes de uso agrícola y productos afines (Resolución 3079,1995)
Decisión Andina	<ul style="list-style-type: none"> - Registro y control de plaguicidas químicos de uso agrícola (Decisión Andina 684, 2008) - Registro y control de plaguicidas químicos de uso agrícola (Decisión Andina 436, 1998) - Manual técnico de la norma andina para plaguicidas químicos de uso agrícola (Norma Andina Resolución 630, 2002)
Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	<ul style="list-style-type: none"> - Disposiciones sobre el registro y ampliación de uso de plaguicidas químicos de uso agrícola en cultivos ornamentales (Resolución 1891, 2008) - Proceso de revaluación de plaguicidas químicos de uso agrícola (Resolución 2915, 2008) - Obligaciones y responsabilidades en el manejo de insumos agrícolas (Resolución 789, 2007) - Manual de procedimientos de regulación y control de plaguicidas químicos de uso agrícola (Resolución 1756, 2006)

	<ul style="list-style-type: none"> - Registro y control de plaguicidas químicos de uso agrícola (Resolución 1794, 2004) - Se restringen los usos del Paration y Metilparation en la agricultura (Resolución 2471, 1991) - Prohíbe la venta y uso de productos organoclorados (Resolución 209, 1978) - Reglamenta el uso y aplicación de productos agroquímicos (Resolución 1657, 1976) - Establece tolerancias permisibles de residuos de plaguicidas en hojas de tabaco destinado al consumo local e internacional (Resolución 1487, 1974) - Control y vigilancia del cumplimiento de las garantías expresadas en los registros de los productos químicos de uso agrícola (Resolución 1614, 1970) - Reglamentación de los requisitos de calidad que deben cumplir los fertilizantes foliares y las pruebas de eficiencia requeridas para el licenciamiento de los mismos (Resolución 1735, 1970) - Cumplimiento al Decreto 843 del 26 mayo 1969 en lo pertinente a la aplicación de productos agroquímicos (Resolución 895, 1969)
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	<ul style="list-style-type: none"> - Se reglamenta la Decisión Andina 436 de 1998 para el registro y control de plaguicidas químicos de uso agrícola (Decreto 2404, 2005) - Registro y control de plaguicidas químicos de uso agrícola (Decreto 502, 2003) - Disposiciones respecto al uso, comercialización y aplicación de algunos productos organoclorados (Decreto 305, 1988) - Control de la industria y comercio de los abonos o fertilizantes, enmiendas, acondicionadores del suelo, alimentos para animales, plaguicidas de uso agrícola (Decreto 843, 1969) - Vigilancia a algunos productos agroquímicos (Resolución 128, 2006) - Manejo y uso de los Plaguicidas a base de la sustancia denominada genéricamente Chlordimeform y sus sales (Resolución 6461, 1978)
Presidencia de la República de Colombia	<ul style="list-style-type: none"> - Reglamenta parcialmente la Ley 23 de 1973, el Decreto - ley 2811, 1974 y la ley 09 de 1979, en lo relativo al uso, comercialización y aplicación del D.D.T. (Decreto 704, 1986)

	<ul style="list-style-type: none"> - Creación del Consejo de industria y comercio de medicamentos, cosméticos, alimentos, plaguicidas y demás productos que incidan en la salud individual o colectiva. (Decreto 355, 1975)
Ministerio de la Protección Social	<ul style="list-style-type: none"> - Medidas sanitarias relacionadas con el uso de pesticidas (Ley 9, 1979) - Protección y control de la calidad de agua con respecto a la aplicación de plaguicidas (Decreto 1575, 2007)
Ministerio de Salud	<ul style="list-style-type: none"> - Reglamentación sobre uso y manejo de plaguicidas (Decreto 1843, 1991) - Otorgación de registros de productos plaguicidas para uso en salud pública (Resolución 1141, 2002) - Por la cual se crea el Comité de Plaguicidas Genéricos (Resolución 1551, 2001) - Autoriza el uso de unos productos plaguicidas genéricos (Resolución 1592, 2001) - Restricción del uso de endosulfan (Resolución 1669, 1997) - Prohibición la importación, fabricación, comercialización y uso de lindano (Resolución 4166, 1997) - Restricción del uso de sustancias plaguicidas a base de Bromuro de Metilo (Resolución 2152, 1996)
Normas Técnicas Colombianas (NTC)	<ul style="list-style-type: none"> - Plaguicidas agrícolas. Definiciones y clasificación (NTC 134, 2006) - Calidad del agua. Determinación de plaguicidas organoclorados (NTC 4895, 2000) - Contenido neto de plaguicidas para uso agropecuario (NTC 4613, 1999) - Guía para la disposición de desechos de plaguicidas (NTC 3584, 1994) - Productos químicos para uso agropecuario. Plaguicidas. Carbofurán y sus formulaciones (NTC 2591, 1989) - Uso del plaguicida dimetoato (NTC 2438, 1988) - Productos químicos para uso agrícola. Plaguicidas. Monocrotofos (NTC 208, 1985) - Productos químicos para uso agrícola. Plaguicidas. Atrazina (NTC 1975, 1984) - Plaguicidas. Herbicidas orgánicos. Ácidos 2,4. Diclorofenoxiacetico técnico (NTC 319, 1969) - Plaguicidas. Metil paration al 80 por 100 en solución de Xileno (NTC 348, 1969)

Tabla 4. Lista de pesticidas prohibidos en Colombia.

Tipo químico o ingrediente activo	Categoría de toxicidad (O, I, II o III)	Clase
Aldrin	O	Insecticida
Clordano	I	Insecticida
Clordimeform	I	Insecticida y acaricida
Dicofol	III	Insecticida y acaricida
DDT	II	Insecticida
Dieldrin	O	Insecticida
Dinoseb	O	Herbicida
Ditane M-22		Fungicida
Dodecacloro	O	Insecticida
Endosulfan	II	Insecticida
Epoxido	I	Insecticida
Heptacloro	O	Insecticida
Isobenzan	I	Insecticida
lindano	II	Insecticida
Manzate	IV	Fungicida
Paraquat	IA	Herbicida
Parathion	I	Insecticida
Tebuconazol	II	Fungicida
Toxapheno	O	Insecticida
Zineb	IV	Fungicida

I: Sumamente tóxico

II: Moderadamente tóxico

III: Ligeramente tóxico

IV: Menos tóxico

O: Obsoleto

3.8.2. Regulación Estadounidense referente al uso de pesticidas.

La EPA es una agencia del gobierno federal de Estados Unidos que se encarga de proteger y prevenir daños al medio ambiente y a las personas y se le ha asignado también la función de regular el uso de pesticidas y tiene de forma general (Tabla 5).

Tabla 5. Regulación Estadounidense referente al uso de pesticidas.

Funciones de la EPA	<ul style="list-style-type: none"> - Registro de pesticidas - Revisar etiquetas para verificar su exactitud y seguridad. - Desarrollar materiales de capacitación de aplicadores de pesticidas - Hacer cumplir las leyes y reglamentos federales sobre pesticidas (Delaplane, 1996). - Protección de abejas y otros polinizadores de los pesticidas.
Condiciones para el registro de un pesticida	<ul style="list-style-type: none"> - Registro en la EPA - Pruebas científicas para cada pesticida. - Pruebas de uso de cada pesticida. - Los costos de la investigación deben ser aportados por la compañía o registrante. - El solicitante de registro debe proporcionar datos sobre la toxicidad de un pesticida, sus riesgos para los seres humanos y sus efectos sobre el medio ambiente (Delaplane, 1996).

En el año 2004, el gobierno de los EE.UU estableció la siguiente normatividad en un documento denominado “Summary of the federal and state pesticide laws and regulations for licensed pest control operators” resumido a continuación.

Ley Federal de Insecticidas, Fungicidas y Rodenticidas (FIFRA)

- Prohíbe el uso de cualquier plaguicida registrado de una manera inconsistente con las instrucciones de la etiqueta.
- Exige que los pesticidas sean clasificados para uso general o de uso restringido.

- Estipulan que los plaguicidas de la categoría restringida sólo pueden ser utilizados por o bajo la supervisión directa de aplicadores certificados o bajo otras restricciones reguladoras que el administrador de la EPA pueda requerir.
- Establece categorías generales del aplicador certificado: aplicador privado y aplicador comercial.
- Impone sanciones (multas y penas de cárcel) por violaciones a la FIFRA.
- Provee a los estados la autoridad para regular la venta o uso de cualquier pesticida federal registrado en ese estado

Estándares de certificación para los aplicadores de pesticidas

La EPA estableció estándares mínimos de competencia para la certificación de aplicadores de plaguicidas. Este reglamento, 40CFR171 "Certificación de aplicadores de Pesticidas", permite a los estados y tribus indígenas con planes aprobados por la EPA administrar programas de certificación dentro de sus límites.

Clasificación de los plaguicidas

- Deben ser clasificados por la EPA, como uso general o restringido, regidos bajo la ley estatal.

Sanciones

- Para los aplicadores que violen alguna disposición de la FIFRA puede ser sancionado con una penalidad de no más de US\$ 5,000 por cada ofensa (US\$ 1,000 para los aplicadores privados). Antes de que la agencia imponga una multa, usted tiene el derecho de solicitar una audiencia.
- En general, cualquier aplicador que viola a sabiendas alguna disposición de FIFRA será multado no más de US\$ 25,000 o un año en prisión (US\$ 1,000 y / o 30 días en prisión para aplicadores privados).

TDA (Texas Department of Agriculture)

El Departamento de Agricultura de Texas (Del inglés, TDA) es responsable de la protección de la salud, seguridad y bienestar de los empleados de control de plagas y del público en general de los peligros y consecuencias de las actividades de control de plagas (Tabla 6).

Tabla 6. Funciones del Departamento de Agricultura de Texas.

Funciones	<ul style="list-style-type: none"> - Asegurar que todos los pesticidas se utilizan de acuerdo con las etiquetas registradas y el etiquetado - Regular todo el uso de plaguicidas dentro de Tennessee - Emite certificación para usos de plaguicidas de uso restringido y aplica las regulaciones relacionadas con la seguridad, la manipulación, la aplicación y la eliminación - Aplica las regulaciones relacionadas con la seguridad, la manipulación, la aplicación y la eliminación de pesticidas - Establece calificaciones y administra exámenes para que los individuos se conviertan en aplicadores comerciales y aplicadores de licencias (operadores de control de plagas con licencia)
Categorías de certificación de aplicador comercial	<p>C1 - Agricultura, C2 - Control de plagas forestales, C3 - Ornamentales y césped, C4 - Tratamiento de semillas, C5 - Control de plagas acuáticas, C6 - Derecho de vía, C7 - Control Científico, Control Científico y Tecnológico, Control Científico y Tecnológico, Control Científico y Tecnológico, Control Científico y Tecnológico, C11 - C16 - Tratamiento de Línea de Alcantarillado.</p> <p>Los aplicadores aéreos que aplican pesticidas a los cultivos de campo estarían certificados en C1 - Agricultura. Capacitación y oportunidades de examen para la certificación de aplicadores comerciales</p>

Evaluación del riesgo ambiental con respecto del uso de pesticidas

En los EE. UU., esta determinación se realiza por medio de un cálculo de la concentración ambiental estimada (EEC). Estas concentraciones se calculan a partir del suelo, agua, sedimento y aire, y la validación se realiza a través de tres niveles de prueba. La exposición de toxicidad, se calcula también para determinar el riesgo en los organismos y si es aceptable o no (Damalas & Eleftherohorinos, 2011).

3.8.3. Regulación de la Unión Europea (UE) respecto al uso de pesticidas

La siguiente es la regulación de la UE con respecto al uso de pesticidas en los países miembro.

Bloques de estrategia

La comisión europea en el año 2007 determinó los siguientes bloques de estrategia para regular así el uso e implementación de pesticidas y son presentados en la tabla 7.

Tabla 7. Bloques de estrategia de la UE con respecto al manejo de pesticidas.

Establecimiento de planes de acción nacionales para reducir los peligros, los riesgos y la dependencia de los plaguicidas	En esta estrategia se obliga a los países miembros a establecer planes de acción (PNA); a). Éstos deben agrupar las medidas establecidas para aplicar la legislación comunitaria relativa a los plaguicidas y b). Deben establecer objetivos individuales con medidas y calendarios para alcanzarlos. Al mismo tiempo, contribuirán a adaptar la Estrategia a las situaciones específicas de los Estados miembros mediante la fijación de sus propios objetivos.
Participación de las partes interesadas	Los propios estados miembros determinarán las modalidades de participación pública y el nivel en que se organizará y esta participación se debe dar de forma eficaz.
Creación de un sistema de sensibilización y capacitación de usuarios profesionales de pesticidas, distribuidores y asesores	Los usuarios y asesores deben tener conocimiento de los riesgos que conllevan el uso de pesticidas, por lo tanto, cada estado miembro debe de certificar a los profesionales, y a todos los que tengan relación con la asesoría, uso o aplicación de pesticidas.
Inspección obligatoria del equipo de aplicación	El buen mantenimiento del equipo de aplicación reduce los efectos nocivos de los pesticidas en la salud de los operarios y en el medio ambiente, es esencial para garantizar un uso eficiente de los pesticidas y esta operación debe ser revisada periódicamente
Prohibición de aspersiones aéreas	Las aspersiones aéreas causan graves daños a la salud humana y al medio ambiente, por esta razón deben ser reguladas y solamente se debe utilizar en caso de que no exista otro medio de aplicación de los pesticidas, siempre considerando el costo beneficio en comparación con otros métodos de aplicación, y esta práctica estará prohibida salvo algunas excepciones.

Protección del medio acuático

Por medio de la aplicación de medidas que protejan a las aguas superficiales y subterráneas, para esto, los estados miembros deben establecer programas para reducir la contaminación de las cuencas hídricas, como son los equipos para reducir la dispersión de pesticidas.

Definición de zonas con uso reducido o nulo de plaguicidas

Se deben garantizar zonas con uso restringido o prohibido de productos fitosanitarios, por parte de cada uno de los estados miembro de la UE y en áreas públicas debe estar completamente prohibido.

Almacenamiento y manipulación de plaguicidas, sus envases y productos no utilizados

Debe existir una gestión de este tipo de elementos para que no causen daños en el medio ambiente, estos pesticidas vencidos o prohibidos y los envases vacíos deben recogerse de manera controlada para que no se almacenen descuidadamente antes de la gestión de los residuos.

Implementación de los principios de Manejo Integrado de Plagas (MIP) por parte de los usuarios profesionales que manejan pesticidas

Los pesticidas deben utilizarse únicamente cuando no existan otras formas de controlar y mitigar los daños causados por las plagas. Por lo tanto, se debe dar más estímulo a las técnicas de control de plagas que hacen poco o ningún uso de pesticidas.

Medición del progreso en la reducción del riesgo mediante indicadores apropiados

Por medio de la utilización de marcadores que realmente demuestran la reducción con respecto al uso de pesticidas entre y dentro de cada estado miembro. La OCDE está desarrollando indicadores de riesgo para el agua y el suelo en un proyecto llamado HAIR.

Establecimiento de un sistema de intercambio de información a nivel comunitario

Con el fin de mantener un enfoque comunitario coherente, se creará un "Grupo de Expertos sobre Estrategias Temáticas". Servirá de foro consultivo y elaborará directrices sobre las mejores prácticas. También supervisará la aplicación de la estrategia temática mediante:

-
- El intercambio de datos e información por los Estados miembros sobre los progresos realizados y sobre los incidentes que tengan consecuencias para la salud de los profesionales, los usuarios privados o el medio ambiente;
 - Armonización de las directrices técnicas;
 - Establecimiento de un conjunto de indicadores para medir el progreso y establecer objetivos cuantitativos de reducción del riesgo.

Mejora de los sistemas de recogida de información sobre distribución y utilización

Es fundamental tener un sistema de recopilación de datos, para así contar con datos confiables en lo que respecta al riesgo.

En 2011, otras organizaciones europeas diseñaron una política para proteger a los polinizadores de los cultivos especialmente las abejas y fue la siguiente:

Aprobación de sustancias activas

Está a cargo del Comité Permanente de la Cadena Alimentaria y Sanidad Animal (SCFCAH), un organismo compuesto por expertos designados por los Estados miembros de la UE.

Funciones:

- Conceder la aprobación total o condicional para la colocación de un producto plaguicida en el mercado

- Tiene la obligación de denegar la comercialización de cualquier producto que no cumpla con la aprobación.

- Renovar certificaciones en un periodo máximo de 10 años.

Aprobación del producto fitosanitario

Una vez que la UE haya aprobado una sustancia activa, los datos deberán presentarse a nivel de los Estados miembros para justificar su uso como ingrediente de un producto fitosanitario.

Regulación de la Unión Europea referente al uso de neocotinoides en abejas.

En la UE, la EFSA se encarga de controlar el uso neocotinoides en abejas.

Prohibiciones

- Restricción de los usos de clothianidin, thiamethoxam and imidacloprid.

- Adoptar medidas específicas de reducción del riesgo para las abejas.

- limitar la utilización de los productos de protección de plantas que contengan estas sustancias activas a usuarios profesionales.

-Los productos de protección que contienen clothianidin, thiamethoxam o imidacloprid han sido prohibidos para cultivos atractivos para las abejas y para los cereales. La prohibición no se aplica a los usos en los invernaderos y en los cereales de invierno. Sobre la base del principio de precaución, los tratamientos foliares También se han prohibido los productos de protección que contienen estas sustancias activas, con la excepción de los usos en invernaderos y los usos después de la floración.

Debido a las diferentes legislaciones y jurisdicciones internacionales en la reglamentación y normatividad respecto al uso de pesticidas en las actividades agrícolas, se realizó una comparación entre el sistema norteamericano, europeo y el colombiano (Tabla 8).

En Colombia se utilizan una gran cantidad de pesticidas aprobados y encontrados en los registros nacionales (ICA, 2016), los cuales pueden llegar a tener efectos nocivos sobre los polinizadores, y que según Riedl *et al.*, (2006) representan variados efectos en las abejas y estas consecuencias se especifican en la tabla 9.

Tabla 8. Comparación del manejo de pesticidas entre Colombia, EE. UU. y la UE.

Características	Colombia	EE UU.	UE	Diferencias
Entidad a cargo del uso, aplicación y regulación de pesticidas	<ul style="list-style-type: none"> -Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial -Decisión Andina -Instituto Colombiano - Agropecuario (ICA) -Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural -Presidencia de la República de Colombia -Ministerio de la Protección Social -Ministerio de Salud -Normas Técnicas Colombianas (NTC) 	<ul style="list-style-type: none"> -EPA -TDA 	<ul style="list-style-type: none"> -EFSA -ELO -ECPA 	En Estados Unidos y la Unión Europea hay organizaciones estatales especializadas para la regulación del uso y aplicación de pesticidas en cambio en Colombia esta función está distribuida entre varios entes, lo cual impide que exista una mayor organización y control
Certificaciones para el uso de pesticidas	El gobierno no da certificaciones para la aplicación ni capacita con respecto al uso de pesticidas	Hay capacitación con respecto al uso de pesticidas por parte de la EPA	Hay capacitación con respecto al uso de pesticidas por parte de la EFSA	La falta de capacitación de las personas que manejan pesticidas en nuestro país los expone a grandes riesgos para la salud de la comunidad, la propia y ocasionar daños ambientales
Sanciones	No hay ninguna sanción al mal uso y aplicación de los pesticidas	FIFRA sanciona con una multa máxima de 5000 dólares y la segunda vez que se cometa se sanciona con una multa	Pérdida de la certificación	La falta de sanciones y regulación por parte del gobierno colombiano, hace que las personas puedan usar los pesticidas y destruir el medio ambiente y la salud de otro sin

Características	Colombia	EE UU.	UE	Diferencias
		máxima de 25000 dólares o 30 días en prisión para aplicadores privados		tener que asumir ninguna responsabilidad
Sistema de verificación de cumplimiento de las normas	En Colombia hay varios entes a cargo de este control	En Estados Unidos cada estado tiene su propia normatividad, pero la EPA verifica que se cumpla en cada estado y tiene sus propias normas con respecto a sanciones y otros aspectos normativos	En la Unión Europea, la EFSA, tiene su propio reglamento y los países parte de esta, están obligados a cumplir el acuerdo, o si no recibirán sanciones.	En Colombia nadie verifica a todos los entes que se deben encargar de la aplicación y uso de los pesticidas dentro del territorio nacional.
Forma de medir el riesgo producido por los pesticidas	No hay ninguna forma de medir el efecto nocivo y riesgo de los pesticidas en el medio ambiente	Se realiza por medio de un cálculo de la concentración ambiental estimada (EEC). Y se calcula también la exposición de toxicidad en organismos	La OCDE está desarrollando indicadores de riesgo para el agua y el suelo en un proyecto llamado HAIR.	En Colombia al no existir ninguna forma establecida, estandarizada y normativa para tener un control del riesgo de los pesticidas a través de mediciones, se hace imposible poder medir su efecto nocivo real en el medio ambiente y por consiguiente saber que efectos podría acarrear en el futuro.
Entidad encargada de la protección de	Ninguna	EPA	EFSA	En Colombia al no existir ninguna ley que proteja a los polinizadores, se colocan en

Características	Colombia	EE UU.	UE	Diferencias
abejas y polinizadores				riesgo las comunidades de abejas, por lo tanto, la producción futura de los cultivos agrícolas.

Tabla 9. Ingredientes activos comúnmente usados en Colombia y sus efectos en las abejas

Tipo químico o ingrediente activo	Toxicidad (I, II o III)	Clase	Residualidad	Efecto en las abejas
Abamectina	II	Insecticida o acaricida	Altamente tóxico para abejas TR: 8 horas TRE: 1-3 días	TRE en abejorros, TR corto en abejas de la hoja de alfalfa y abejas alcalinas en 0,025lb ia/acre
Acefato	III	Insecticida	Altamente tóxico para abejas TRE: < 3 días	Incompatible con abejorros, TRE en abejas de la alfalfa cortadoras de hojas y en abejas alcalinas
Acequinocyl	II	Insecticida y acaricida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	
Acetaprimid	II	Insecticida	Tóxico para abejas TRE: 2 días	TRE en abejas de la alfalfa, cortadoras de hojas y alcalinas TRE en abejorros
Alfa cipermetrina	IB	Insecticida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	Es desconocida su capacidad residual
Fosetyl aluminio	III	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	
Azoxistrobina	II	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	
Betaciflurin	III	Insecticida	Altamente tóxico para abejas TR: >1 día	
Bifentrin	IB	Insecticida	Altamente tóxico para abeja TRE: >1 día	TRE en abejas cortadoras de alfalfa y TR de 4-6 horas

Tipo químico o ingrediente activo	Toxicidad (I, II o III)	Clase	Residualidad	Efecto en las abejas
			TR: 4-6 horas	Incompatible con abejorros
Boscalid	III	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	
Buprofezin	II	Insecticida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	
Polisulfuro de calcio	III	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	
Captan	II	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	TRE de hasta 7 días en las abejas de albañil En pruebas de laboratorio en las crías de las abejas
Chlorantraniliprole	III	Insecticida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	
Chlorfenapyr	II	Insecticida	Tóxico para abejas TRE: < 8 horas TR:< 4 horas	TRE en abejas cortadoras de alfalfa Puede afectar el comportamiento de forrajeo No es compatible con abejorros
Chlorothalonil	II	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	Encapsulamiento del polen dentro del propóleo Contaminación de cera de abejas
Chlorpyrifos	II	Insecticida	Altamente tóxico para abejas TRE: 4-6 días en concentraciones emulsificadas TR: <2 horas	TRE de 7 días para abejas cortadoras de alfalfa TRE de 6 día para la abeja alcalina Contaminante común de la cera de abejas Incompatible con abejorros

Tipo químico o ingrediente activo	Toxicidad (I, II o III)	Clase	Residualidad	Efecto en las abejas
Cinamaldehído	II	Insecticida y acaricida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	
Cipermetrina	II	Insecticida	TRE: < 3 días TR: < 2 horas	Incompatible con abejorros
Cyromazine	III	Insecticida	TRE: > 1 día TR: < 2 horas	TRE para abejas cortadoras de alfalfa y abejas alcalinas TR corto para abejorros
Dicloran	II	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	
Difenoconazol	III	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	Efectos potenciales en el aprendizaje de las abejas
Diflubenzuron	II	Insecticida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	En laboratorio alteraciones en el desarrollo de larvas Toxico para abejorros y abejas cortadoras de alfalfa
Dimetoato	II	Insecticida	Altamente tóxico para abejas. TRE: < 3 días	TRE en las abejas cortadoras de hojas de alfalfa No colocar las abejas al menos 1 semana después Incompatible con abejorros
Dinotefuran	III	Insecticida	Altamente tóxico para abejas TRE 39 horas	Posible toxicidad en abejas de la miel Incompatible con abejorros
Dodine	II	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	

Tipo químico o ingrediente activo	Toxicidad (I, II o III)	Clase	Residualidad	Efecto en las abejas
Benzoato de emamectina	III	Insecticida	Altamente tóxico para abejas TRE: < 24 horas	TRE de 1 día para abejorros
Etiozazole	III	Insecticida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta TRE: 3 días	TRE de 3 días en abejorros
Fipronil	II	Insecticida	Altamente tóxico para abejas. TRE: 7- 28 días. TR: < 8 horas.	TRE > 1 a un día para abejas cortadoras de la alfalfa. Incompatible con abejorros.
Flonicamid	III	Insecticida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	Corta TR en abejas cortadoras de alfalfa y abejas alcalinas Corta TR en abejorros Se necesitan más investigaciones para poder determinar sus efectos en las abejas de la miel
Flubendiamide	III	Insecticida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	Posibles efectos en el desarrollo larval de las abejas
Flutriafol	II	Insecticida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	
Formetanato	IB	Insecticida	Tóxico para abejas TRE: <14 horas TR: < 8 horas	TRE superior a 14 horas para abejas cortadoras de alfalfa y 9 horas para abejas alcalinas Incompatible con abejorros
Gamma cyhalothrina	II	Insecticida	Altamente tóxico para abejas RTE: >1 día	TRE > 1 día para abejas cortadoras de alfalfa

Tipo químico o ingrediente activo	Toxicidad (I, II o III)	Clase	Residualidad	Efecto en las abejas
Hidróxido de cobre	II	Fungicida	Tóxico para abejas	
Imidacloprid	II	Insecticida	Altamente tóxico para abejas TRE: > 1 día TR: < 8 horas	Es usualmente utilizado como un insecticida sistemático, encontrado en polen y néctar de plantas Los abejorros son más sensibles que abejas de la miel Incompatible con abejorros
Iprodione	II	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	Se ha demostrado alteración del desarrollo de la abeja en la etapa larval
Kresosim metil	II	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	
Lambdahalotrina	II	Insecticida	Altamente tóxico para abejas TRE: > 1 días TRE: > 7 días (encapsulado)	TRE superior a 1 día en abejas cortadoras de alfalfa Puede ser tóxico cuando se mezcla con propiconazol Incompatible con abejorros
Malathion	II	Insecticida	Altamente tóxico para abejas TRE: 5.5 días en concentraciones ≤ 8 fl oz ia/acre TRE: 2 días en un estado finamente molido combinado con agentes humectantes TR: 3 horas en compuesto emulsificado	TRE superior a 7 días en abejas cortadoras de alfalfa y abejas alcalinas Incompatible con abejorros

Tipo químico o ingrediente activo	Toxicidad (I, II o III)	Clase	Residualidad	Efecto en las abejas
Mancozeb	III	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	
Mandipropamid	III	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	
Metalaxyl	II	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	
Metaldehído	III	Insecticida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	
Methomil	II	Insecticida	TRE: 1.5 días TR: 2 horas	TRE de más de 15 horas en abejas cortadoras de alfalfa y 1 día de TRE en abejas alcalinas, dependiendo de la tasa de aplicación TRE de 3 días para abejorros Es más peligroso para las abejas en clima húmedo
Methoxifenozone	III	Insecticida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	
Metrafenona	III	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	
Myclobutanil	II	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	No afecta los abejorros

Tipo químico o ingrediente activo	Toxicidad (I, II o III)	Clase	Residualidad	Efecto en las abejas
Novaluron	II	Insecticida	Tóxico para abejas TRE: 3 días	TRE de 3 días en abejorros Efectos en la eclosión de huevos y el desarrollo de larvas en abejas cortadoras de alfalfa Efectos sobre el desarrollo de la cría y resistencia de las colonias en las abejas melíferas
Paraquat	IA	Herbicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	Estudios sugieren efectos en las abejas de la miel Está relacionado con la pérdida de colonias
Penthiopyrad	III	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	
Permetrina	II	Insecticida	Altamente tóxico para abejas TRE: 0.5 a 2 días TRE: > 5 días	TRE de 3 días para abejas cortadoras de alfalfa. Incompatible con abejorros
Propiconazol	II	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	Las abejas del género <i>Osmia</i> son más sensibles que las abejas de la miel Si se combina con lambda-cyhalothrin, puede incrementar su toxicidad
Pyraclostrobin	III	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	
Pyrimethanil	III	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	
Spinetoram	III	Insecticida	Tóxico para abejas TR: 3 horas	

Tipo químico o ingrediente activo	Toxicidad (I, II o III)	Clase	Residualidad	Efecto en las abejas
Spinosad	III	Insecticida	Tóxico para abejas TRE: 1 día TR: 3 horas	TRE mayor a un día para abejas cortadoras de alfalfa y TR de 3 horas para abejas alcalinas
Spirodiclofen	III	Acaricida	Tóxico para abejas	Tóxico para las larvas de abejas de la miel a través de la contaminación directa de polen y néctar Incompatible con los abejorros
Spiromesifen	III	Insecticida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	Potencialmente peligroso para larvas de abejas
Spirotetramat	III	Insecticida	Tóxico para abejas TRE: 1 día	TRE de un día en abejorros Prácticamente no tóxico para las abejas adultas, pero los residuos de este en polen y néctar son potencialmente tóxicos para las larvas
Sulfoxaflor	III	Insecticida	Altamente tóxico para abejas TR: 3 horas	
Tebuconazole	II	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta TRE: 2 días	TRE de 2 días para abejorros
Thiamethoxam	II	Insecticida	Altamente tóxico para abejas TRE: 7-14 días	Ha sido encontrado en polen y néctar Los abejorros son más sensibles a los neocotinoides que las abejas de la miel Incompatible con abejorros
Thiodicarb	II	Insecticida	Tóxico para abejas	TRE inferior a 8 horas para abejas cortadoras de alfalfa y abejas alcalinas

Tipo químico o ingrediente activo	Toxicidad (I, II o III)	Clase	Residualidad	Efecto en las abejas
			TRE: >8 horas TR: < 2 horas	
Triadimefon	II	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	
Triflumizole	II	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	Puede incrementar la toxicidad de ciertos neonicotinoides
Cypermethrin	II	Insecticida	Altamente tóxico para abejas. TRE: > 1 día	
Ziram	II	Fungicida	Ninguna advertencia de seguridad registrada en la etiqueta	Estudios realizados sugieren su relación con problemas en el desarrollo larval

ia: Ingrediente activo

TR: Toxicidad Residual

TRE: Toxicidad Residual Extendida

5. DISCUSIÓN

La exposición de abejas a los pesticidas es un tema de interés actual debido a los problemas que se han asociado a su uso encontrándose más de 300 publicaciones científicas anuales en los últimos años (Tabla 10).

El uso masivo de pesticidas en el mundo ha generado una preocupación con respecto al destino y los efectos de los productos químicos sobre los polinizadores y la residualidad de estos en los productos de consumo humano. La UE y los EE. UU. han impuesto normas y entidades orientadas a la protección de polinizadores salvaguardando a la vez la inocuidad de los alimentos. En la UE las entidades encargadas son EFSA, ELO y ECPA y en Estados Unidos son la EPA y el TDA, la normatividad impuesta por estas entidades está dirigida a un adecuado uso de los pesticidas. En Colombia el control del uso de pesticidas está distribuida entre más de 10 entidades lo que dificulta el seguimiento adecuado a las normas.

Tabla 10. Clasificación de los artículos consultados de acuerdo al efecto nocivo en abejas.

	Ítem	Número de artículos relacionados con el ítem	Referencias
Efecto de los pesticidas	Trazas en la miel	4	Choudhary y Sharma, 2008; Chauzat <i>et al.</i> , 2009; Calatayudet <i>al.</i> , 2016; Rodriguez, 2011.
	Trazas en la Cera de abejas	2	Pareja <i>et al.</i> , 2011; Chauzat <i>et al.</i> , 2009
	Trazas en el Polen de abejas	4	Choudhary & Sharma, 2008; Schneider <i>et al.</i> , 2012; Williamson & Wright, 2013; Hladik <i>et al.</i> , 2016;
	Reproducción	2	Fogel <i>et al.</i> , 2013; Gregorc & Ellis, 2011.

Sistema nervioso	5	Ingram <i>et al.</i> , 2015; Fischer <i>et al.</i> , 2014, Eiri & Nieh 2012; Herbert <i>et al.</i> , 2014; Mc Cabe, 2010
Sistema inmune	7	Chauzat <i>et al.</i> , 2009; Alaux <i>et al.</i> , 2010; Schneider <i>et al.</i> , 2009; Sánchez <i>et al.</i> , 2016; Desneux <i>et al.</i> , 2007; VanEngelsdorp & Meixner, 2010; Wu <i>et al.</i> , 2011.
Desarrollo	11	Schneider <i>et al.</i> , 2009; Sánchez <i>et al.</i> , 2016; Desneux <i>et al.</i> , 2007; Fogel <i>et al.</i> , 2013; Chauzat <i>et al.</i> , 2009; Shafiq-ur <i>et al.</i> , 2012; Rehman <i>et al.</i> , 2012; Gregorc & Ellis 2011 ; Meixner <i>et al.</i> , 2010; Whitehorn <i>et al.</i> , 2012; Tosi <i>et al.</i> , 2016
Valor de la polinización	7	Hanley <i>et al.</i> , 2015; Klein <i>et al.</i> , 2003; Losey & Vaughan 2006; Southwick and Southwick, 1992; Losey & Vaughan 2006; Meixner <i>et al.</i> , 2010; Klatt <i>et al.</i> , 2013

6. CONCLUSIONES

Es importante realizar un control de los pesticidas y la concientización de su efecto nocivo para las abejas, los efectos en la polinización por la pérdida de las mismas, y se profundiza en los efectos subletales de la exposición a los pesticidas como son los daños reproductivos, al sistema nervioso, sensibilidad al néctar, la aparición de mutaciones, la alteración de los procesos de aprendizaje y memoria, de coordinación, el desarrollo tardío (especialmente en larvas), la supresión del sistema inmune (facilitando el ataque de parásitos) y la alteración de la temperatura corporal de la abeja, además de la contaminación de los productos apícolas con residuos de pesticidas, con los cuales las abejas tienen contacto en el medio ambiente. Todo esto conlleva a un debilitamiento de las

colmenas y la subsecuente muerte de estas importantes polinizadoras. La disminución de las colonias en más de un 50% a nivel global, ha tenido un efecto directo en la economía de las producciones agrícolas, debido a la disminución de los procesos de polinización, lo que se refleja en millonarias pérdidas para los productores agrícolas del mundo. Ambientalmente, hay una pérdida de la biodiversidad vegetal y de la población de especies silvestres y productoras especializadas. En Latinoamérica, hay escasos estudios, los cuales se basan en la residualidad de los pesticidas en los productos apícolas especialmente la miel, pero estudios acerca de los efectos subletales ninguno conocido. En Colombia se han venido adelantando estudios como la tesis de maestría de Rodríguez (2011), y a nivel colectivo, en este año se ha empezado con iniciativas como el “colectivo para la defensa de las abejas y los polinizadores en Colombia”, por medio de esta iniciativa, se busca concientizar mediante la utilización de evidencias científicas internacionales y nacionales, acerca de los efectos nocivos de los pesticidas en las abejas, además se busca fortalecer las políticas públicas, con respecto a la protección de polinizadores y apicultores afectados por el uso irresponsable de pesticidas cerca producciones apícolas. Todo esto con el fin de promover la conservación y protección de las abejas en el país, así como las especies vegetales nativas que se benefician o dependen de la polinización de abejas nativas.

A nivel mundial, especialmente en la UE y EE. UU., se ha realizado una estricta normatividad con respecto al uso de pesticidas, su aprobación de uso y de los consecuentes efectos de estos tanto en niveles permitidos por la norma, como también por encima de la normatividad permitida, todo esto con el fin de evaluar su impacto sobre el medio ambiente y las personas. Estas normas abarcan desde una licencia para el uso de pesticidas y capacitación a aplicadores, diversos ensayos científicos que comprueben el efecto de estos en los recursos, biodiversidad y seres humanos, la delimitación de zonas libres de pesticidas y la incentivación de la agricultura orgánica como una

forma de producción sostenible, y por último multas a quienes infrinjan la norma, además de la existencia de entes especializados en la protección y conservación de los polinizadores. En Colombia la ley no se cumple con respecto al control y uso de pesticidas, no existe una regulación clara y en la mayoría de casos una nula capacitación a los aplicadores, quienes muchas veces no están conscientes de los efectos adversos de la mala aplicación y contacto directo con los pesticidas, además de que no hay una regulación en la venta de pesticidas, siendo fácil comprar pesticidas altamente tóxicos, tampoco se evalúa el impacto real de estos en el medio ambiente, ni la protección de los polinizadores como parte esencial de la biodiversidad y la sostenibilidad de los cultivos agrícolas.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda profundizar en más investigaciones relacionadas con el efecto letal y subletales de los pesticidas para saber con exactitud su afectación en las especies de abejas ya sean *Apis mellifera*, de las tribus Meliponini o Bombini, andrénidos, colétidos, halíctidos, megachílidos y melítidos, a la vez en investigaciones orientadas a demostrar la importancia del control del uso de los pesticidas para prevenir su llegada a los subproductos de las abejas.

En Colombia, sería de utilidad la definición de una entidad encargada de forma exclusiva para el control del uso de agroquímicos y aplicación de los mismos, esto facilitaría el cumplimiento de las leyes, protegiendo así a los polinizadores, el medio ambiente y la salud humana. Asegurando así la conservación de las especies y la seguridad alimentaria de todas las personas.

Es fundamental no solo investigar pesticidas de una sola formulación sino también las formulaciones combinadas con otros metabolitos, para saber con exactitud acerca de sus efectos en la salud de la colmena.

REFERENCIAS

- Alaux, C., Brunet, J. L., Dussaubat, C., Mondet, F., Tchamitchan, S., Cousin, M., ... & Le Conte, Y. (2010). Interactions between *Nosema* microspores and a neonicotinoid weaken honeybees (*Apis mellifera*). *Environmental microbiology*, 12(3), 774-782.
- Asselborn, V. M., Zalocar de Domonitrov, Y., & Parody, E. (2000). Efectos del insecticida organofosforado clorpirifos sobre el crecimiento y morfología de *Selenastrum capricornutum* Printz (Chlorophyta). *Universidad Nacional Del Nordeste, Comunicaciones Científicas Y Tecnológicas*, 50, 4.
- Balayiannis, G., & Balayiannis, P. (2008). Bee honey as an environmental bioindicator of pesticides' occurrence in six agricultural areas of Greece. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 55(3), 462-470.
- Benamú, M. A., Schneider, M. I., Pineda, S., Sanchez, N. E., & Gonzalez, A. (2007). Sublethal effects of two neurotoxic insecticides on *Araneus pratensis* (Araneae: Araneidae). *Comm. in Agric. & Appl Biol. Sciences*, 72(3), 557-9.
- Benuszak, J., Laurent, M., & Chauzat, M. P. (2017). The exposure of honey bees (*Apis mellifera*; Hymenoptera: Apidae) to pesticides: Room for improvement in research. *Science of The Total Environment*.
- Bini, I., Annabi, A., Jallouli, M., & Marzouki, S. (2016). Carbamates pesticides induced immunotoxicity and carcinogenicity in human: A review. *J of Applied Biomedicine*, 14(2), 85-90.
- Bortolotti, L., Montanari, R., Marcelino, J., Medrzycki, P., Maini, S., & Porrini, C. (2003). Effects of sub-lethal imidacloprid doses on the homing rate and foraging activity of honey bees. *Bulletin of Insectology*, 56(1), 63-67.
- Brown, M. J. F. F., & Paxton, R. J. (2009). The conservation of bees: a global perspective. *Apidologie*, 40(3), 410-416.
- Calatayud, P., Calatayud, F., Simó, E., Suarez Varela, M. M., & Picó, Y. (2016). Influence of pesticide use in fruit orchards during blooming on honeybee mortality in 4 experimental apiaries. *Science of the Total Environment*, 541, 33-41.
- Chauzat, M.-P., Carpentier, P., Martel, A.-C., Bougeard, S., Cougoule, N., Porta, P., ... Faucon, J.-P. (2009). Influence of pesticide residues on honey bee (Hymenoptera: Apidae) colony health in France. *Environmental Entomology*, 38(3), 514-23.

- Choudhary, A., & Sharma, D. C. (2008). Pesticide residues in honey samples from Himachal Pradesh (India). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 80(5), 417–422.
- Comisión Europea. (2007). EU Policy for a Sustainable Use of Pesticides.
- CONICET. 2009. Evaluación de la Información Científica vinculada al glifosato en su incidencia sobre la salud humana y el ambiente.
- Cutler, C. G., Purdy, J., Giesy, J. P., & Solomon, K. R. (2014). *Risk to Pollinators from the Use of Chlorpyrifos in the United States. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* Vol. 231.
- Damalas, C. A., & Eleftherohorinos, I. G. (2011). Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *International journal of environmental research and public health*, 8(5), 1402-1419.
- Desneux, N., Decourtye, A., & Delpuech, J.-M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*, 52, 81–106.
- Eiri, D. M., & Nieh, J. C. (2016). A nicotinic acetylcholine receptor agonist affects honey bee sucrose responsiveness and decreases waggle dancing. *The Journal of experimental biology*, 219(Pt 13).
- European Landowners' Organization (ELO) & the European Crop Protection Association (ECPA). (2010). Pesticides and biodiversity agricultural productivity and biodiversity conservation.
- Fischer, J., Müller, T., Spatz, A. K., Greggers, U., Gruenewald, B., & Menzel, R. (2014). Neonicotinoids interfere with specific components of navigation in honeybees. *PLoS One*, 9(3), e91364.
- Flix, D. (2003). Cambios en las concentraciones de compuestos organoclorados. *Gaceta Sanitaria*, 17(4), 309–311.
- Fogel, M. N., Schneider, M. I., Desneux, N., González, B., & Ronco, A. E. (2013). Impact of the neonicotinoid acetamiprid on immature stages of the predator *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae). *Ecotoxicology*, 22(6), 1063–1071.
- Gobierno de los Estados Unidos de América. (2004). Summary of the federal and state pesticide laws and regulations for licensed pest control operators.
- Hanley, N., Ellis, C., & Breeze, T. (2013). Accounting for the value of pollination services, 1–16.

- Ghini, S., Fernández, M., Picó, Y., Marín, R., Fini, F., Mañes, J., & Girotti, S. (2004). Occurrence and distribution of pesticides in the province of Bologna, Italy, using honeybees as bioindicators. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 47(4), 479–488.
- Gregorc, A., & Ellis, J. D. (2011). Cell death localization in situ in laboratory reared honey bee (*Apis mellifera* L.) larvae treated with pesticides. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 99(2), 200–207.
- Ghisari, M., Long, M., Tabbo, A., & Bonefeld-Jørgensen, E. C. (2015). Effects of currently used pesticides and their mixtures on the function of thyroid hormone and aryl hydrocarbon receptor in cell culture. *Toxicology and applied pharmacology*, 284(3), 292–303.
- Hao, L., Liu, X., Wang, J., Wang, C., Wu, Q., & Wang, Z. (2015). Talanta Use of ZIF-8-derived Herbert, L. H., Vazquez, D. E., Arenas, A., & Farina, W. M. (2014). Effects of field-realistic doses of glyphosate on honeybee appetitive behaviour. *The Journal of Experimental Biology*, 39.
- Hladik, M. L., Vandever, M., & Smalling, K. L. (2016). Exposure of native bees foraging in an agricultural landscape to current-use pesticides. *Science of the Total Environment*, 542, 469–477.
- ICA. 2016. Registros nacionales de diciembre 27 del 2016.
- Idrovo, A. J. (2004). Plaguicidas usados en la fumigación de cultivos ilícitos y salud humana: una cuestión de ciencia o política? *Rev. Salud Pública*, 6(2), 199–211.
- Ibarluzea, M., Gon, F., Jose, J., Etxeandia, A., & Rodri, C. (2010). Plaguicidas organoclorados en población general adulta de Bizkaia. *Gaceta Sanitaria*, 24(4), 274–281.
- Ingram, E. M., Augustin, J., Ellis, M. D., & Siegfried, B. D. (2015). Evaluating sub-lethal effects of orchard-applied pyrethroids using video-tracking software to quantify honey bee behaviors. *Chemosphere*, 135, 272–277.
- Johnson, R. M., Ellis, M. D., Mullin, C. A., & Frazier, M. (2010). Review article Pesticides and honey bee toxicity – USA. *Apidologie*, 41, 312–331.
- Jumarie, C., Aras, P., & Boily, M. (2017). Mixtures of herbicides and metals affect the redox system of honey bees. *Chemosphere*, 168, 163–170.
- Kim, H., & Lee, A. (2016). One-pot synthesis of carbamates and thiocarbamates from Boc-protected amines. *Tetrahedron Letters*, 57(44), 4890–4892.

- Klatt, B. K., Holzschuh, A., Westphal, C., Clough, Y., Smit, I., Pawelzik, E., & Tschardtke, T. (2013). Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. *Proceedings. Biological Sciences / The Royal Society*, 281, 7.
- Klein, A. M., Steffan-Dewenter, I., & Tschardtke, T. (2003). Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). *American Journal of Botany*, 90(1), 153–157.
- Klein, S., Cabirol, A., Devaud, J. M., Barron, A. B., & Lihoreau, M. (2017). Why Bees Are So Vulnerable to Environmental Stressors. *Trends in Ecology & Evolution*.
- Lal, S., Lal, R., & Saxena, D. M. (1987). Bioconcentration and metabolism of DDT, fenitrothion and chlorpyrifos by the blue-green algae *Anabaena* sp. and *Aulosira fertilissima*. *Environmental Pollution*, 46(3), 187-196.
- Lopera, M. M., Peñuela, G. A., Domínguez, M. C., & Mejía, G. M. (2005). Evaluación de la degradación del plaguicida clorpirifos en muestras de suelo utilizando el hongo *Phanerochaete chrysosporium*. *Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España Y Portuga*, 33, 58–69.
- Losey, J. E., & Vaughan, M. (2006). The economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience Magazine*, 56(4), 311–323.
- Mc Cabe, S. I. (2010). Biología del comportamiento en abejas recolectoras de néctar: un estudio comparado entre abejas meliponas y melíferas. In *Universidad de Buenos Aires, facultad de ciencias exactas y Naturales departamento de biodiversidad y biología experimental* (p. 141).
- Mesa, M. M. L., Mesa, G. A. P., Gual, M. C. D., & Zapata, G. M. M. (2005). Evaluación de la degradación del plaguicida clorpirifos en muestras de suelo utilizando el hongo *Phanerochaete chrysosporium*. *Revista Facultad De Ingeniería Universidad De Antioquia*, (33), 58-69.
- Miguel, B., Aliberch, R. M. M., Buxo, A. E., Gallego, E. D. F., Guzman, C., Rodri, C. C., & Castrodeza, J. (2010). GS a primera vista. *Gaceta Sanitaria*, 24(4), 9–11.
- Obiols Quinto, J. (1999). NTP 512: Plaguicidas organofosforados (I): Aspectos generales y toxicocinética. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*, (I).
- OCDE. (2015). Revisión de la OCDE de las políticas Agrícolas: Colombia 2015. *Revisiones Sobre Políticas Agrícolas*, 27.

- Pareja, L., Colazzo, M., Pérez-Parada, A., Niell, S., Carrasco-Letelier, L., Besil, N., ... & Heinzen, H. (2011). Detection of pesticides in active and depopulated beehives in Uruguay. *International journal of environmental research and public health*, 8(10), 3844-3858.
- Restrepo, M., & Guerrero, E. (1978). Los plaguicidas organofosforados revision de sus aspectos medicos. *Acta Medica Colombiana*, 4(1), 23-47.
- Republica de Colombia. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2008). Ley 1252. Por la cual se da una disposición final de residuos tóxicos.
- Republica de Colombia. Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible. (2004). Decreto 1443. Por la cual se da una regulacion a la producción de pesticidas y la importación de los mismos.
- Republica de Colombia. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2007). Resolución 1278. Por la cual se da una reglamentación a los residuos de pesticidas.
- Republica de Colombia. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2006). Resolución 69343. Por la cual se da una hace un estudio de impacto Ambiental para la importación de pesticidas de tipo biológico.
- Republica de Colombia. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2005). Resolución 1023. Por la cual se da guía ambiental para el subsector de plaguicidas.
- Republica de Colombia. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2004). Resolución 1443. Por la cual se hace un plan de prevención y control de la contaminación ambiental por el manejo de plaguicidas.
- Republica de Colombia. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2008). Resolución 1442. Por la cual se da un dictamen técnico-ambiental en el proceso de registro de plaguicidas.
- Republica de Colombia. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (1995). Resolución 3079. Por la cual se da disposiciones sobre la industria, comercio y aplicación de bioinsumos y productos afines, de abonos, fertilizantes, enmiendas, acondicionadores de suelo y productos afines, plaguicidas químicos, reguladores fisiológicos, coadyuvantes de uso agrícola y productos afines.
- Republica de Colombia. (1998). Decisión Andina 684.
- Republica de Colombia. (2002). Decisión Andina 436.
- Republica de Colombia. Norma Andina. (2002). Manual técnico de la norma andina para plaguicidas químicos de uso agrícola.

- Republica de Colombia. ICA. (2008). Resolución 1891. Se disponen las normas acerca del registro y uso de plaguicidas químicos en cultivos ornamentales.
- Republica de Colombia. ICA. (2008). Resolución 2915. Se plantea el proceso de revaluación de plaguicidas químicos de uso agrícola.
- Republica de Colombia. ICA. (2007). Resolución 789. Se dictaminan las obligaciones y responsabilidades en el manejo de insumos agrícolas.
- Republica de Colombia. ICA. (2006). Resolución 789. Manual de procedimientos de regulación y control de plaguicidas químicos de uso agrícola.
- Republica de Colombia. ICA. (1991). Resolución 2471. Restringe los usos del Paration y Metilparation en la agricultura.
- Republica de Colombia. ICA. (1978). Resolución 209. Prohíbe la venta y uso de productos organoclorados.
- Republica de Colombia. ICA. (1976). Resolución 1657. Mediante la cual se reglamenta el uso y aplicación de productos agroquímicos.
- Republica de Colombia. ICA. (1974). Resolución. 1487. Mediante la cual se establecen tolerancias permisibles de residuos de plaguicidas en hojas de tabaco destinado al consumo local e internacional.
- Republica de Colombia. ICA. (1974). Resolución 1487. Mediante la cual se establecen tolerancias permisibles de residuos de plaguicidas en hojas de tabaco destinado al consumo local e internacional.
- Republica de Colombia. ICA. (1970). Resolución 1735. Mediante la cual se reglamentación de los requisitos de calidad que deben cumplir los fertilizantes foliares y las pruebas de eficiencia requeridas para el licenciamiento de los mismos.
- Republica de Colombia. ICA. (1969). Resolución 895. Mediante la cual reglamenta el cumplimiento al Decreto 843 del 26 mayo 1969 en lo pertinente a la aplicación de productos agroquímicos.
- Republica de Colombia. MADR. (2005). Decreto 2404. Mediante la cual se reglamenta la Decisión Andina 436 de 1998 para el registro y control de plaguicidas químicos de uso agrícola.
- Republica de Colombia. MADR. (1988). Decreto 305. Mediante la cual se dictan disposiciones respecto al uso, comercialización y aplicación de algunos productos organoclorados.

- Republica de Colombia. MADR. (1969). Decreto 843. Mediante la cual se controla la industria y comercio de los abonos o fertilizantes, enmiendas, acondicionadores del suelo, alimentos para animales, plaguicidas de uso agrícola.
- Republica de Colombia. MADR. (2006). Decreto 128. Mediante la cual se dispone a dar Vigilancia a algunos productos agroquímicos.
- Republica de Colombia. MADR. (2006). Resolución 6461. Mediante la cual se dispone el manejo y uso de los Plaguicidas a base de la sustancia denominada genéricamente Chlordimeform y sus sales.
- Republica de Colombia. Presidencia de la Republica. (1986). Decreto 704. Mediante la cual se reglamenta parcialmente la Ley 23 de 1973, el Decreto - ley 2811, 1974 y la ley 09 de 1979, en lo relativo al uso, comercialización y aplicación del D.D.T.
- Republica de Colombia. Presidencia de la Republica. (1975). Decreto 335. Mediante la cual se da la creación del Consejo de industria y comercio de medicamentos, cosméticos, alimentos, plaguicidas y demás productos que incidan en la salud individual o colectiva.
- Republica de Colombia. Minprotección. (1979). Ley 9. Mediante la cual se dictan Medidas sanitarias relacionadas con el uso de pesticidas.
- Republica de Colombia. Minprotección. (1991). Decreto 1575. Mediante la cual se da protección y control de la calidad de agua con respecto a la aplicación de plaguicidas.
- Republica de Colombia. Ministerio de Salud. (1991). Decreto 1843. Mediante la cual se reglamentación sobre uso y manejo de plaguicidas.
- Republica de Colombia. Ministerio de Salud. (2002). Decreto 1141. Mediante la cual se otorgan de registros de productos plaguicidas para uso en salud pública.
- Republica de Colombia. Ministerio de Salud. (2001). Decreto 1551. Mediante la cual se crea el Comité de Plaguicidas genéricos.
- Republica de Colombia. Ministerio de Salud. (2001). Decreto 1592. Mediante la cual se autoriza el uso de unos productos plaguicidas genéricos.
- Republica de Colombia. Ministerio de Salud. (1997). Decreto 1669. Mediante la cual se regula el uso de endosulfan.
- Republica de Colombia. Ministerio de Salud. (1997). Resolución 4166. Mediante la cual se prohíbe la importación, fabricación, comercialización y uso de lindano.

- Republica de Colombia. Ministerio de Salud. (1996). Resolución 2152. Mediante la cual se restringe el uso de sustancias plaguicidas a base de Bromuro de Metilo.
- Republica de Colombia. (2006). NTC 143. Plaguicidas agrícolas. Definiciones y clasificación.
- Republica de Colombia. (2000). NTC 4895. calidad del agua. Determinación de plaguicidas organoclorados.
- Republica de Colombia. (1999). NTC 4695. Contenido neto de plaguicidas para uso agropecuario.
- Republica de Colombia. (1994). NTC 3585. Guía para la disposición de desechos de plaguicidas.
- Republica de Colombia. (1989). NTC 2591. Productos químicos para uso agropecuario. Plaguicidas. Carbofurán y sus formulaciones.
- Republica de Colombia. (1988). NTC 2438. Uso del plaguicida dimetoato.
- Republica de Colombia. (1985). NTC 208. Productos químicos para uso agrícola. Plaguicidas. Monocrotofos.
- Republica de Colombia. (1969). NTC 319. Plaguicidas. Herbicidas orgánicos. Ácidos 2,4. Diclorofenoxiacetico técnico.
- Republica de Colombia. (1969). NTC 348. Plaguicidas. Metil paration al 80 por 100 en solución de Xileno.
- Rinkevich, F. D., Du, Y., Tolinski, J., Ueda, A., Wu, C., Zhorov, B. S., & Dong, K. (2015). Neurotoxicology Distinct roles of the DmNa v and DSC1 channels in the action of DDT and pyrethroids. *Neurotoxicology*, 47, 99–106.
- Rocha, E., Garcia, F. (2008). Insecticidas clásicos y biopesticidas modernos: Avances en el entendimiento de su mecanismo de acción. *Biotecnología*, 12(1), 50-62.
- Rodríguez López, D. (2011). Evaluación de la presencia de residuos de plaguicidas en miel de abejas provenientes de los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Magdalena y Santander (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).
- Salazar, N. J., & Aldana, M. L. (2011). Herbicida Glifosato : Usos , Toxicidad Y Regulación. *Revista de Ciencias Biologicas T de La Salud de La Universidad de Sonora*, 11, 23–28.
- Sánchez Bayo, F., Goulson, D., Pennacchio, F., Nazzi, F., Goka, K., & Desneux, N. (2016). Are bee diseases linked to pesticides? — A brief review. *Environment International*, 89–90, 7–11.
- Schneider, C. W., Tautz, J., Grünewald, B., & Fuchs, S. (2012). RFID tracking of sublethal effects of two neonicotinoid insecticides on the foraging behavior of *Apis mellifera*. *PLoS ONE*, 7(1), 9.

- Schneider I, Sanchez N, Pineda S, Chi H, Ronco A. (2009). Impact of glyphosate on the development, fertility and demography of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): ecological approach. *Chemosphere* 76:1451–1455.
- Shafiq-ur, R., Rehman, S., & Waliullah M, I. S. (2012). Chlorpyrifos-induced neuro-oxidative damage in bee. *Toxicology and Environmental Health Sciences*, 4(1), 30–36.
- Soloneski, S., Kujawski, M., Scuto, A., & Larramendy, M. L. (2015). Toxicology in Vitro Carbamates : A study on genotoxic , cytotoxic , and apoptotic effects induced in Chinese hamster ovary (CHO-K1) cells. *TOXICOLOGY IN VITRO*, 29(5), 834–844.
- Southwick, E. E., & Southwick, L. (1992). Estimating the Economic Value of Honey Bees (Hymenoptera: Apidae) as Agricultural Pollinators in the United States. *Journal of Economic Entomology*, 85(3), 621–633.
- Tosi, S., Démares, F. J., Nicolson, S. W., Medrzycki, P., Pirk, C. W., & Human, H. (2016). Effects of a neonicotinoid pesticide on thermoregulation of African honey bees (*Apis mellifera scutellata*). *Journal of Insect Physiology*, 93, 56-63.
- Urrutia G, Bonfill X. 2010. PRISMA declaration: a proposal to improve the publication of systematic reviews and meta-analyses. *Med. clinica* 135:507.
- VanEngelsdorp, D., & Meixner, M. D. (2010). A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103(SUPPL. 1), 580–595.
- Whitehorn, P. enelope R., O'Connor, S., Wackers, F. L., & Goulson, D. (2012). Neonicotinoid Pesticide Reduces Bumble Bee Colony Growth and Queen Production. *Science*, 336(6079), 351–352.
- Williamson, S. M., & Wright, G. A. (2013). Exposure to multiple cholinergic pesticides impairs olfactory learning and memory in honeybees. *The Journal of Experimental Biology*, 216(10), 1799–1807.
- Wu, J. Y., Anelli, C. M., & Sheppard, W. S. (2011). Sub-lethal effects of pesticide residues in brood comb on worker honey bee (*apis mellifera*) development and longevity. *PLoS ONE*, 6(2).