



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“EFECTO DEL CLORPIRIFOS EN LA MICRO Y MACRO FAUNA
DEL SUELO”

Trabajo de investigación para optar el Grado de Bachiller en:
Ingeniería Ambiental

Presentado por:

Mey Lin Kamt Quezada (0000-0001-6095-0065)

Asesor:

Ing. Luis Gomero Osorio (0000-0002-4739-2094)

Lima – Perú

2020



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°201-2020-DACIA-DAFCA-U.CIENTÍFICA.

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lima 29 de octubre de 2020

VISTO:

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **EFFECTO DEL CLORPIRIFOS EN LA MICRO Y MACRO FAUNA DEL SUELO**, presentado por:

- **Mey Lin Kamt Quezada**

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el grado de Bachiller de **Ingeniería Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el trabajo de investigación titulado: **EFFECTO DEL CLORPIRIFOS EN LA MICRO Y MACRO FAUNA DEL SUELO** con N° de registro de la carrera: **095-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **Luis Abraham Gomero Osorio** como asesor de dicho trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese.


Documento firmado digitalmente
Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico
Carrera de Ingeniería Ambiental

EFECTO DEL CLORPIRIFOS EN LA MICRO Y MACRO FAUNA DEL SUELO

Mey Lin Kamt Quezada¹; Luis Gomero Osorio¹

¹Universidad Científica del Sur. Facultad de Ciencias Ambientales. Carrera de Ingeniería Ambiental. Panamericana Sur km 19. Lima 42
Correo electrónico: meylinkq97@gmail.com

ABSTRACT

In this bibliographic review, pesticides are defined and characterized in order to be able to define and classify Chlorpyrifos. The characterization of pesticides is given according to its composition, by its action group, by its persistence and toxicity, in the case of chlorpyrifos it is classified as a organophosphate insecticide considered as moderately toxic and its persistence in the soil varies from five days to twenty years. It has been shown that the Chlorpyrifos insecticide not only acts on its action group, but involves the organisms of its environment affecting them in a meaningful way. In addition to showing the persistence of this insecticide in the soil, affecting not only the organisms that inhabit it, but also have been evidenced in food products, this intervenes in the trophic chain and leads to human poisoning. The application of insecticides has caused the organisms to become resistant, so higher doses of this chemical input or the use of more toxic insecticides are applied in order to control the pests. In order to determine the condition in which we find the soil related to its health and fertility, it is necessary to analyze physicochemical and biological parameters, such as pH, electrical conductivity, organic matter content, texture and biomass of Soil (micro and macro). For all that is expressed, it is important to regulate the use of these chemical inputs, which is why the national and international regulations applied are presented.

Keywords: Chlorpyrifos, composition, persistence, toxicity, microfauna, macrofauna, soil, regulation.

RESUMEN

En la presente revisión bibliográfica se define y caracteriza a los plaguicidas, con el fin de poder definir y clasificar al Clorpirifos. La caracterización de los plaguicidas se da de acuerdo a su composición, por su grupo de acción, por su persistencia y su toxicidad, en el caso del Clorpirifos este se clasifica como un insecticida organofosforado considerado como moderadamente tóxico y su persistencia en el suelo varía desde cinco días a veinte años. Se ha evidenciado que el insecticida Clorpirifos no sólo actúa sobre su grupo de acción, sino que involucra a los organismos de su entorno afectándolos de manera significativa. Además de evidenciarse la persistencia de este insecticida en el suelo, afectando no sólo a los organismos que lo habitan, sino que también se han evidenciado en productos alimentarios, esto interviene

en la cadena trófica y conlleva a la intoxicación de los humanos. La aplicación de insecticidas ha causado que los organismos se vuelvan resistentes, por lo cual se aplican dosis más altas de este insumo químico o el uso de insecticidas más tóxicos para poder controlar a las plagas. Para poder determinar la condición en la que encontramos el suelo referente a su salud y fertilidad, es necesario analizar parámetros fisicoquímicos y biológicos, como lo son el pH, la conductividad eléctrica, el contenido de materia orgánica, textura y la biomasa del suelo (micro y macrofauna). Por todo lo expresado es importante la regulación del uso estos insumos químicos, por lo cual se presenta la normativa nacional e internacional aplicada.

Palabras clave: Clorpirifos, composición, persistencia, toxicidad, microfauna, macrofauna, suelo, regulación.

REVISIÓN TEÓRICA

Los sistemas de producción agrícola en el Perú han estado acompañados del uso indiscriminado de plaguicidas altamente tóxicos, en el artículo 2° del Código internacional de conducta para la gestión de plaguicidas se define a plaguicida a aquella sustancia o combinación de ellas con compuestos químicos y biológicos con la función de alejar, deshacer o controlar cualquier plaga o también aquellas que se encargan de regular el control del crecimiento de las plantas (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO, 2006).

Existen diversas formas de clasificar a un plaguicida, entre estas tenemos la clasificación por la plaga que ataca, por su composición química, por su persistencia y por su toxicidad. De acuerdo a la clasificación según la plaga que ataca se tienen a los insecticidas que son aquellos que actúan en insectos adultos o en estados inmaduros, los fungicidas son aquellos que actúan sobre hongos y levaduras, los moluscocidas son aquellos que actúan sobre moluscos como caracoles o babosas, los ovicidas son los que actúan sobre insectos y ácaros en la fase de huevo, los bactericidas son los que actúan sobre bacterias, los herbicidas son los que actúan sobre plantas, los acaricidas son los que actúan sobre ácaros, los rodenticidas cuando actúa sobre roedores como ratas, ratones, etc., y los nematocidas cuando actúa sobre nematodos (Velez, 2017).

Por su composición química tenemos a diversos grupos de familias que comprenden desde los organofosforados y organoclorados hasta los compuestos inorgánicos; tenemos a los organofosforados que a pesar de que permitieron erradicar varias plagas en la agricultura, dejaron graves efectos colaterales puesto que actúan como inhibidores de la acetilcolinesterasa, esto genera una acumulación de acetilcolina que altera el funcionamiento de transmisión de impulsos nerviosos (Espinoza y Bustos-Obregón, 2015 y Fernández, Mancipe y Fernández, 2010). Tenemos también a los organoclorados que son compuestos con alta estabilidad química

que son muy solubles en grasas, pero poco solubles en agua, estos tienen la capacidad de permanecer en el ambiente después de haber cumplido su objetivo convirtiéndose así en contaminantes (Zaragoza-Bastida, 2016). También tenemos a los carbamatos, estos pueden ser obtenidos de ésteres carbamatados, usualmente empleados como insecticidas; los provenientes del ácido tiocarbámico, empleado como fungicidas, y los carbamatos, que se utilizan como herbicidas, todos ellos son parcialmente variables atribuyéndoles un periodo reducido de persistencia ambiental y cuentan con cierta selectividad (Ramírez y Lacasaña, 2001 y Moreno, 2013). Tenemos entre otros a los piretroides, los derivados de triazinas, compuestos inorgánicos, compuestos de origen botánico entre otros.

La clasificación por su persistencia demuestra la aptitud de dicha sustancia o compuesto de mantenerse en un sustrato del ambiente en específico, posteriormente de haber ejecutado su función, según su tiempo de vida media que indica el lapso de tiempo para degradar la mitad de la sustancia o compuesto aplicado (Valencia, Ramírez y Jaramillo, 2014), clasificándolos como no persistentes donde el tiempo de vida media es de días hasta doce semanas, como moderadamente persistentes donde el tiempo de vida media es de 1 a 18 meses, como persistentes donde el tiempo de vida media es de varios meses a 20 años y como permanentes donde el tiempo de vida media es indefinido (Ramírez y Lacasaña, 2001).

La vida media de un plaguicida en el suelo refiere al tiempo requerido para su degradación, esta se determina por el tipo de organismos presentes en el suelo, el tipo de suelo, el pH, la temperatura, entre otros factores. Si la vida media y la persistencia de un plaguicida es mayor a la frecuencia de aplicación, estos van a tener mayor tendencia a acumularse tanto en el suelo como en la biota (Jáquez, González, Irigoyen y Ortega, 2013).

La clasificación según su toxicidad se basa en la dosis letal media (DL50) vía oral o dermal, que es la dosis requerida para ocasionar la muerte del 50% de los animales experimentales, agrupándolos de esta manera en 5 grupos, desde los extremadamente peligrosos hasta aquellos que normalmente no ofrecen peligro; esta clasificación fue establecida por la Organización Mundial de la Salud en 1975. (Bedmar, 2011 y OMS, 1975). Para poder determinar la dosis letal media del ingrediente activo (mg/kg vivo) (DL50) se debe identificar el estado físico del plaguicida, es decir, si se encuentra de forma líquida o sólida.

Los plaguicidas a su vez tienen diferentes modos de acción los cuales pueden clasificarse por su movilidad, por la penetración en el organismo, por su especificidad y por la superficie cubierta (De la Cruz, Bravo y Ramírez, 2010). Según la movilidad tenemos a los fumigantes que son altamente volátiles y eficaces en su fase de vapor; tenemos a los sistémicos que penetran en los tejidos vasculares de las plantas por medio del follaje o de sus raíces y que es transferido en su

estado original o cambiado a diferentes zonas de la planta; y los translaminares que penetran la cutícula y pasa a través de la lámina de la hoja.

Conforme a la penetración en el organismo tenemos por contacto que son aquellos que se absorben directamente y rápidamente por estar en contacto con el organismo; estomacal que son aquellos que actúan después de que sean ingeridos y absorbidos y que ingresan al sistema digestivo del organismo; respiratoria que son aquellos que penetran al inhalarlo y que ingresa al sistema respiratorio del organismo en forma de gas. Por su especificidad pueden ser específicos, que son aquellos que atacan únicamente a una plaga o a un grupo específico de plagas y los no específicos o de acción múltiple que son aquellos que controlan una gran variedad de plagas, no únicamente un grupo de organismos. Y por su superficie cubierta tenemos a los totales, que son aquellos que se aplican a la superficie de un cultivo en su totalidad y a los dirigidos que son aplicados directamente sobre el sector donde se ubica la plaga o de forma localizada.

Los plaguicidas son biocidas eso quiere decir que son dañinos para organismos vivos y por ende la consecuencia no solo se da en un grupo de acción, sino que puede actuar sobre otros organismos ya sean vegetales, animales e incluso el hombre (Velez, 2017); esto ha conllevado a diversos efectos que no han sido buscados como por ejemplo la persistencia de ciertos tóxicos en el ambiente, la degradación de la flora y fauna, la generación de organismos resistentes lo que ha generado el aumento de uso de plaguicidas e incluso el uso de tóxicos más potentes para poder tener un control efectivo de las plagas y la contaminación del agua (Rojas, 2016).

CLORPIRIFOS

El Clorpirifos es un insecticida clasificado por su composición química como un organofosforado utilizado masivamente en la agricultura para el manejo de plagas, empleándolos en la agricultura en diversos cultivos de significancia comercial, algunos ejemplos de ello son el maíz, cítricos, plátano, maní, alfalfa entre otros. Este insecticida ha permanecido en el mercado más de cuarenta años, registrándose actualmente por más de 98 países en todo el mundo, abarcando también las naciones más desarrolladas. Este insecticida se ha empleado en grandes cantidades e indiscriminadamente debido a que actúa sobre una gran variedad de insectos (Upegui, 2010 y Aguirre-Buitrago, Narváez-González, Bernal-Vera y Castaño-Ramírez, 2014).

Este insecticida se registró por primera vez en 1965 y se comercializó por la empresa Dow Chemical Company, vendiéndolos con los nombres Lorsban y Dursban. En el año 1995, la EPA había recibido 249 incidentes por intoxicación por Dursban por lo cual la empresa fue

sancionada por 732.000 dólares por no enviar los documentos solicitados, en el 2003 la empresa fue multada con la mayor suma con un total de 2 millones de dólares por publicidad engañosa (Aucapiña, 2016)

El Clorpirifos es un fosforotioato nombrado bajo la nomenclatura IUPAC 0,0-dietil 0-3, 5,6-tricloro-2-piridil fosforotioato (Aranzazu, Rodríguez, Vieco y Restrepo, 2012; Calderón, 2017 y Sánchez, 2012) y su aplicación puede realizarse directamente al suelo o por medio de pulverizadores. En el año 2001 en Estados Unidos se restringió el uso de Clorpirifos en los hogares, quedando prohibido su empleo en los sectores rurales esto debido a su mecanismo de inhibición de la acetilcolinesterasa, ya que este representaba un elevado impacto ambiental no sólo poniendo en riesgo la salud humana sino también la posible contaminación de aguas superficiales y subterráneas y a su población (Cocca et al., 2015).

La clasificación del Clorpirifos según su modo de acción es: no sistémico, por contacto, estomacal y respiratorio. En entornos neutros o ácidos es estable y en medios alcalinos es inestable. El pH, el cobre y otros metales aumentan la hidrólisis del Clorpirifos (De la Cruz, Bravo y Ramírez, 2010). La Organización mundial de la Salud-OMS clasifica al Clorpirifos como moderadamente peligroso, mientras que la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos-EPA lo clasifica como moderadamente tóxico De acuerdo a su persistencia en el suelo se le considera de no persistente a extremo y su movilidad en él es de inmóvil a ligera, además presenta alta bioacumulación (Agostini, 2013 y De la Cruz, Bravo y Ramírez, 2010).

La permanencia del Clorpirifos en el suelo varía de cinco hasta veinte años, esto depende de las condiciones ambientales, el tipo de suelo y la concentración (Lopera et al., 2005). Su degradación depende de la combinación de ciertos parámetros fisicoquímicos como el pH, la conductividad y el contenido de materia orgánica. La persistencia de este insecticida representa un peligro para la micro y macrofauna del suelo, su población y la posible reducción de la fertilidad del campo (Marañón, 2015).

Estudios realizados han encontrado evidencias de la presencia de residuos del Clorpirifos en la miel (Zhu et al., 2014), en frutos como el cebollín (Santoyo, 2014), en hojas y tallo del guayabo (Ettiene, 2010), en muestras de coliflor (Guilcamaigua y Chancusig, 2017) y hojas de uva (Ahmad, 2004 y Navarro, 2014), así mismo la exposición a este insecticida puede causar la inhibición de la colinesterasa en humanos (Wesseling et al., 2006). Se han evidenciado también residualidad y toxicidad en cultivos hortícolas afectando la microbiota de bacterias y hongos, eso conllevó a la afectación de la dinámica microbiana de la nutrición vegetal y la resistencia al ataque de plagas (Mena-Rodríguez et al., 2018)

SUELO

El suelo dependiendo de la perspectiva que se tenga se puede definir de diferentes formas, una de las definiciones más utilizadas es la de ser un elemento compuesto por sólidos, es decir la materia orgánica y la inorgánica, líquidos y gases que pueden ser encontrados en la superficie de la tierra y que presenta capas u horizontes que han sido producto de la meteorización de la roca madre o del material inicial (Soil Survey Staff, 1999).

Para poder analizar el suelo desde la capa superficial hasta la roca madre se procede a realizar un corte al área este es conocido como perfil del suelo, el cual nos facilita la diferenciación de los horizontes que son las capas horizontales los cuales presentan determinadas características y propiedades ya sea el color, estructura; y que por lo general continúan la tipografía del paisaje (Casanelas, Reguerin y Roquero de Laburu, 2003). Los diferentes tipos de horizontes permiten determinar cuál es la edad del suelo; además, contamos con diez horizontes principales los cuales son representados con letras en mayúsculas y sus subdivisiones con letras minúsculas (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2009):

Horizonte H. Todos estos se encuentran saturados con agua por un tiempo largo, o lo estuvieron alguna vez. Estos pueden encontrarse sobre suelos minerales o a cierta profundidad de la superficie del suelo.

Horizonte O. Consiste mayormente de materia orgánica ya sean restos de hojas, ramas, musgos, líquenes, entre otros, en descomposición. Es la capa superior en algunos suelos puesto que no todos los tienen, un caso son los suelos de pastizales y los agrícolas, debido a la constante erosión y labranza no se posee este horizonte. Este puede distinguirse en suelos de selva y tiene tres sub clasificaciones principales como hémico-Oe, fíbrico-Of y sáprico-Os.

Horizonte A. Es el horizonte mineral formado justo debajo de la capa orgánica. Es llamado comúnmente como el “suelo superficial”. Presenta características de acumulación de materia orgánica y/o presencia de una capa de arado. También se caracteriza por un color oscuro el cual se le atribuye al movimiento de la materia orgánica proveniente del horizonte O. Referente a los suelos que realizan agricultura intensiva, el horizonte A incorpora materiales característicos de la capa O, presentando un nivel de materia orgánica mayor a los otros horizontes.

Horizonte E. Es el horizonte cuya principal característica es la pérdida eluvial de arcillas de silicato, aluminio y hierro, o una combinación de estos por causa de su lixiviación; lo cual hace referencia a un lavado de estos nutrientes generado por el

movimiento de agua a lo largo del perfil del suelo. Esta situación genera que este horizonte presente un color pálido.

Horizonte B. Es el horizonte donde se acumulan los materiales lixiviados de la capa E incluyendo humus, carbonatos, yeso y óxidos de aluminio y hierro, los cuales le conceden una coloración rojiza en comparación a los horizontes contiguos.

Horizonte C. Este horizonte se considera como de transición, entre la roca madre y el suelo. La parte superior de esta capa es la porción que recibe mayor desgaste y va formando parte de los horizontes superiores.

Horizonte R. Es el horizonte que contiene a la roca madre, la cual se define como una capa de material rocoso consolidado que da paso a las propiedades del suelo del sitio en donde se encuentra. Se puede encontrar desde unos pocos centímetros de profundidad hasta 30 m por debajo de la superficie.

Horizonte I. Son cristales y cuñas de hielo, estos últimos hacen referencia a cuerpos de hielo en el suelo que crecen hasta formarse separando capas del suelo por completo. Estos no son utilizados para la asignación de horizontes de transición.

Horizonte L. Es el horizonte límnic el cual consiste de materiales límnicos que pueden depositarse en cuerpos de agua a causa de la precipitación o por acción de microorganismos acuáticos, por esta razón es común encontrar este tipo de capa en los bordes de los ríos.

Horizonte W. Hace referencia a la presencia de agua debajo del suelo. Esta se puede encontrar permanente congelada (Wf) o no (W).

Es relevante mencionar que el suelo tiene determinadas propiedades que se interactúan entre sí y que de acuerdo a su estado pueden ayudar a determinar la condición en la que lo encontramos en términos de fertilidad y salud. Esto engloba los parámetros fisicoquímicos y biológicos (United States Department of Agriculture-USDA, 1999). Entre los parámetros fisicoquímicos tenemos al potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica, la textura y la materia orgánica.

Determinar el pH es muy importante puesto que se vincula a la disponibilidad nutricional y a la presencia de aluminio libre que resulta dañino para el crecimiento del cultivo. Para esto es vital definir si la determinación de este parámetro fisicoquímico es hecha en agua. El pH tiene un rango de posibilidades presentadas en la tabla 1, cabe recalcar que estos valores son referidos al pH determinado en agua (Castellanos, 2013):

Tabla 1.- Rangos de pH

Valores del pH	Características
>9.0	Elevada presencia de niveles de sodio intercambiable, esto hace inexplorable al suelo. Presenta carbonato de sodio que afecta enormemente al desarrollo del cultivo.
8.2-9.0	Elevada presencia de sodio en el suelo, particularmente si es mayor a 8.4.
7.0-8.1	Posible presencia de carbonatos, deben revisarse los niveles de P, Fe, Zn, Mn y Cu.
6.0-6.5	Condición especial del pH, a excepción de los Andosoles.
5.5-6.0	Se presenta problemas de aluminio intercambiable.
4.5-5.5	Es muy ácido, se presenta en cantidades apreciables el aluminio intercambiable, esto provoca toxicidad para el cultivo y afecta su rendimiento.
<4.5	Se conoce como un suelo extremadamente ácido con una alta saturación de aluminio y necesita de tratamiento para poder tener una producción satisfactoria.

Nota: Elaboración propia (Fuente: Castellanos, 2013)

Determinar la conductividad eléctrica es muy importante puesto que evidencia la existencia de sales en el suelo, su unidad de medición es dS/m. El que un suelo evidencie problemas de salinidad puede causar efectos generales y específicos. Como ejemplo de efecto general tenemos a la interferencia de la capacidad de descenso del agua, es decir, exigir un mayor trabajo a la planta de extraer agua. Respecto a los efectos específicos se hace referencia a la existencia de un ion en específico ya sea cloro, boro o sodio. La conductividad eléctrica presenta un rango de posibilidades que están presentadas en la tabla 2 (Castellanos, 2013).

Tabla 2.- Rango de conductividad eléctrica

Conductividad eléctrica	Característica
<2 dS/m	Evidencia la inexistencia de sales y refiere al suelo ideal para producir cualquier cultivo.

2-4 dS/m	Evidencia un suelo ligeramente salino, esto puede afectar la productividad de cultivos sensibles.
4-6 dS/m	Evidencia un suelo moderadamente salino, en el caso de cultivos tolerantes el efecto puede ser menor, pero en el caso de los cultivos susceptibles el efecto puede ser severo.
6-8 dS/m	Evidencia de suelo salino, la productividad de los cultivos desciende, en el caso de los cultivos tolerantes es menor.
8-12 dS/m	Evidencia un suelo muy salino y la dificultad de explotar en dichas condiciones.
>12 dS/m	Evidencia un suelo extremadamente salino y normalmente no se desarrolla ningún cultivo.

Nota: Elaboración propia adaptado de Castellanos (2013)

Determinar la textura es muy importante puesto que define la cantidad de partículas según el peso, considerando como tierra fina a aquellos con un diámetro menor a 2 mm, a aquellas partículas se les conoce como “separados” y se los ha agrupado en tres grandes grupos: arena, lima y arcilla (Soil Science Division Staff, 2017). Los suelos pueden presentar textura gruesa, media y fina, la principal característica de la textura gruesa es su reducida aptitud de retener nutrientes y agua, presentando poros grandes y reducida cantidad de arcillas. En el caso de la textura media, están predispuestos a formar agregados de tamaño pequeño a medio, presentan poros de dimensión medio a fino y evidencian una moderada aptitud de retener agua y nutrientes. En el caso de la textura fina evidencia una gran cantidad de poros finos y además de una elevada aptitud para retener agua y nutrientes, estos son considerados los de mayor fertilidad (Rimski-Korsakov y Álvarez, 2016).

Determinar la materia orgánica es muy importante puesto que si se halla a niveles bajos se evidenciaría algún problema con alguna propiedad física del suelo, es decir, se puede ver afectado la dureza, la estructura, la aireación, la disponibilidad de Zn. Igualmente, esto va a depender de otros factores como la textura, el clima y el tipo de suelo (Castellanos, 2013). Por ejemplo, un suelo con altos contenido de materia orgánica presenta superior equilibrio estructural, esto genera que sean menos vulnerables a degradarse ante cualquier perturbación. (Rimski-Korsakov y Álvarez, 2016).

MICRO Y MACROFAUNA

Algunos de los factores que influyen en la cantidad de población de la fauna edáfica son las condiciones que presente el suelo y la cantidad de alimento que se encuentre disponible. Los organismos del suelo se han clasificado tróficamente, por la función que ejercen y el tipo de alimentación. Entre las poblaciones más numerosas del suelo tenemos a los colémbolos, ácaros, artrópodos, lombrices, hongos y bacterias. Cada suelo posee una biomasa formada con especies específicas; la vida en el suelo, su respiración, la movilidad de nutrientes y la humificación de la materia orgánica, dependen netamente de ella (Domínguez-Gento, Laborda, Martínez, Roselló-Oltra, 2005).

Alguno de los organismos beneficiosos que componen la macrofauna edáfica son las lombrices (oligoquetos megadrilos), estos son empleados como indicadores de la salud del suelo y simbolizan hasta el 92% de la biomasa de diversos ecosistemas. Estos generan significantes cambios en el suelo interviniendo en la dinámica de la materia orgánica, enriquecen la estructura del suelo, influyen en los ciclos biogeoquímicos, así como también en la diversidad de los niveles tróficos inferiores (Rafael et al., 2015). Se ha evidenciado la interrupción de actividades enzimáticas, un cambio en el comportamiento alimenticio, un incremento en la mortalidad individual, una disminución en la fecundidad y crecimiento debido a la sensibilidad de estos organismos frente a los plaguicidas, además de una disminución en la biomasa (Pelosi et al., 2014). Además, en organismos como *O. cyaneum* el Clorpirifos ocasiona alteraciones morfológicas en un 33% y en su biomasa, representándola como un posible bioindicador de la salud del suelo (Rafael et al., 2015).

Uno de los organismos conocido como bioindicador potencial es el ácaro, este facilita la descomposición de la materia orgánica, además de ser un organismo sensible al pH, al porcentaje de humedad y de materia orgánica, y a las prácticas agrícolas debido al uso de insecticidas; debido a sus características morfológicas pueden volverse más resistentes. En un estudio se evidenció que la residualidad del Clorpirifos es de un día sobre *Amblyseius chungas* y *Neoseiulus californicus*, el autor sugiere que una vez pase ese día se debería retirar estas especies del campo para evitar contaminarse con este agrotóxico (León, 2016). También tenemos el caso de los colémbolos dependiendo de factores como la humedad y la materia orgánica, siendo estos susceptibles a perturbaciones que se den en el medio. Otro ejemplo es el paurópodo, involucrado en la descomposición de microorganismos e hifas de hongos, este es considerado como un bioindicador puesto que es muy sensible a las prácticas agrícolas disminuyendo su población en un 70% (Socarrás, 2013).

Dentro de la macrofauna tenemos a los coleópteros como uno de los organismos más abundantes, ricos y diversos, en conjunto con los himenópteros y dípteros abarcando más de dos tercios de la artropodofauna, estos presentan sensibilidad a los cambios que produce el hombre sobre la calidad del medio, en un estudio se evidenció que el Clorpirifos resulta ser muy tóxico para una especie de coleóptera, la *S. anthracinus*, con una aplicación de 8 veces menor de la dosis recomendada, se redujo considerablemente la población, a más de la mitad, lo que altera el funcionamiento del ecosistema, ya que esta especie considerada como un organismo benéfico (Salvio, Manetti, Clemente y López, 2015).

Dentro de la microfauna tenemos a microorganismos que están conectados directamente a la producción y sostenibilidad en la agricultura, interviniendo en los ciclos biogeoquímicos de nutrientes, inmovilizando y solubilizando de minerales, degradando de xenobióticos y mineralizando los restos orgánicos (Sterren, Urich y Benintende, 2016). Cierta grupo de microorganismos han sido capaces de desarrollarse en cultivos con alta presencia de plaguicidas, en este caso el Clorpirifos. Alguno de los que pudieron identificarse son *Bacillus* sp., *Pantoea agglomerans*. Estos fueron propuestos como alternativa de remediación de suelos con alta presencia de Clorpirifos, debido a que se encontraron mayores poblaciones de estas especies en donde la residualidad de este insecticida disminuyo en enormes proporciones comparado a suelos que no presentaban estas especies (Marín y Jaramillo, 2015).

NORMATIVA LEGAL

El Servicio Nacional de Sanidad Agraria- SENASA es el encargado de controlar la utilización de plaguicidas en el Perú, además esta institución brinda un listado de plaguicidas agrícolas cuyo uso ha sido restringido y una lista de los plaguicidas que se encuentran prohibidos, además establece los requisitos para el registro de algún plaguicida químico de uso agrícola. (Guillén, 2015). Los plaguicidas que ya estén registrados están sujetos a reevaluaciones constantes de acuerdo a nuevos descubrimientos científicos que ameriten la restricción de estos o su prohibición, garantizando que la comercialización de los plaguicidas sea eficaz y eficiente, y que este signifique un riesgo manejable en el ambiente y en humanos (Cruz, 2017).

La aprobación del Reglamento de inocuidad agroalimentaria, según el Artículo 32° del Decreto Supremo N° 004-2011-AG, en donde se establece que SENASA es el encargado del Programa Nacional de Monitoreo de Contaminantes que alteren la inocuidad de los alimentos agropecuarios que puedan generar riesgos en la salud humana.

En el informe del monitoreo adicional de residuos químicos y otros contaminantes en alimentos agropecuarios del 2015 se muestra la base legal tanto internacional como nacional, el cual se

muestra continuación (Ministerio de Agricultura y riego, Servicio Nacional de Sanidad Agraria y Dirección de Insumos Agropecuarios e Inocuidad Agroalimentaria, 2016)

NORMAS NACIONALES

- Decreto Legislativo N° 1062, Ley de Inocuidad de los Alimentos y su Fe de Erratas.
- Decreto Supremo N° 034-2008-AG, Reglamento de la Ley de Inocuidad de los Alimentos.
- Decreto Supremo N° 034-2008-AG, Reglamento de la Ley de Inocuidad Agroalimentaria y su Fe de Erratas.
- Resolución Ministerial N 591-2008/MINSA, donde se aprueba la “Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano: NTS N° 071-MINSA7DIGESA-V-01.
- Resolución Jefatural N° 0207-2012-AG-SENASA, resolución que aprueba el Programa Nacional de Monitoreo de Contaminantes en alimentos agropecuarios primarios y piensos.
- Resolución Directoral N° 0041-2016-MINAGRI-SENASA-DIAIA. Se aprobó el Plan Anual de Monitoreo de residuos químicos y otros contaminantes en alimentos agropecuarios primarios y piensos, periodo abril-diciembre.
- Sistema Integrado de Gestión de Insumos Agropecuarios e Inocuidad Agroalimentaria: Base de datos.

NORMAS INTERNACIONALES:

- *Codex Alimentarius*: Base de datos sobre Límite Máximo de residuos-Plaguicidas y Medicamento Veterinarios.
- *Codex Alimentarius*: Norma General del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos. CODEX STAN 193-1995
- Reglamento (CE) N° 401/2006 de la Comisión, donde se establecen los métodos de muestreo de análisis para el control oficial del contenido de micotoxinas en los productos alimenticios.
- Reglamento (UE) N° 105/2010 de la Comisión, el cual modifica el Reglamento (CE) N° 1881/2006 por el que se fija el contenido máximo de ciertos contaminantes en los productos alimenticios por los que se refiere a la Ocratoxina A.

- Reglamento (EU) N° 165/2010 de la Comisión, el cual modifica, en lo que respecta a las aflatoxinas y el Reglamento (CE) N° 1881/2006, el cual fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios.

En el Informe del Monitoreo de residuos químicos y otros contaminantes en alimentos agropecuarios primarios del año 2016 se obtuvieron los datos presentados en la tabla 3 (SENASA, 2018):

Tabla 3: Porcentaje de muestras conformes y no conformes por tipo de alimento en el año 2016

CIUDAD	PORCENTAJE DE MUESTRAS CONFORMES Y NO CONFORMES POR TIPO DE ALIMENTO									
	ORIGEN ANIMAL					ORIGEN VEGETAL				
	CONFORME	NO CONFORMES				CONFORME	NO CONFORMES			
		MEDICAMENTOS VETERINARIOS	METALES PESADOS	MET. PESADOS Y MED. VETER.	%		PLAGUICIDAS NO REGISTRADOS	EXCEDE LMR o no tiene LMR. Codex	MICOTOXINAS	%
Arequipa	55	0	6	0	9.84	64	29	51	0	32.63
Cajamarca	33	0	18	0	35.29	30	9	24	0	31.82
Ica	16	0	7	0	30.43	92	21	41	0	21.37
La Libertad	31	0	13	0	29.55	45	3	58	0	41.56
Lambayeque	22	0	12	0	35.29	46	9	23	0	17.86
Lima	38	0	18	0	32.14	60	44	76	2	37.50
Piura	5	0	7	0	58.33	70	15	22	0	29.29
Puno	58	0	25	0	30.12	33	1	2	0	2.94
San Martín	15	0	6	0	28.57	52	7	11	0	14.75
Tacna	17	0	18	0	51.43	47	8	10	0	20.34
TOTAL	290	0	130	0	30.95	539	146	318	2	26.96

Fuente: Informe del Monitoreo de residuos químicos y otros contaminantes en alimentos agropecuarios del año 2016. Recuperado de: <https://www.senasa.gob.pe/senasa/1-informe-del-monitoreo-de-residuos-quimicos-y-otros-contaminantes-en-alimentos-agropecuarios-primarios-ano-2016/>

En la tabla 3 se puede observar que la ciudad con mayor cantidad de excedencia de los Límites máximos residuales o que no cuentan con un límite máximo residual en Codex en sus alimentos de origen vegetal es Lima, además de ser la ciudad cuyas muestras han evidenciado mayor cantidad de plaguicidas no registrados y el único que ha evidenciado presencia de micotoxinas. En el programa se evaluaron dieciséis matrices de alimentos de origen vegetal, de las cuales el tomate presentó un 39% de conformidad y un 61% de no conformidad, es decir, que presentaba residuos químicos de plaguicidas agrícolas ubicándolo en tercer lugar, también teníamos a la alcachofa con un 33% de conformidad y un 67% de no conformidad ocupando el segundo lugar

y en primer lugar se tuvo a la paprika, con un 31% de conformidad y un 69% de no conformidad, además de evidenciar presencia de micotoxinas.

A continuación, se presenta la tabla 4 de plaguicidas agrícolas restringidos y prohibidos en el Perú publicada en el Diario Oficial “El Peruano” en el 2008 mediante la Resolución directoral N° 325-2008-AG-SENASA-DIAIA:

Tabla 4: Plaguicidas restringidos en Perú

PLAGUICIDAS RESTRINGIDOS EN EL PERÚ	
Paraquat	
Metamidofos	
PLAGUICIDAS PROHIBIDOS EN EL PERÚ	
Aldicarb	Heptacloro
Aldrin	Dicloruro de etileno
Arseniato de Plomo (Arsenicales)	Captafol
Endrin	Clorobencilato
Dieldrin	Hexaclorobenceno
BHC/HCH	Pentaclorofenol
Canfecloro/Toxafeno	Clordano
2, 4,5-T	Dibromuro de etileno
DDT	Clordimeform
Parathion etílico	Compuestos de mercurio
Parathion metílico	Fosfamidon
Monocrotofos	Lindano
Binapacril	Mirex
Dinoseb	Sales de dinoseb
Endosulfan	DNOC (dinitro orto cresol)
Fluoroacetamida	Óxido de etileno

Fuente: Diario Oficial “El Peruano”. Recuperado de:

<https://busquedas.elperuano.pe/download/full/AUf92sjoKmw9xSC63b3NEw>

CONCLUSIÓN

Se ha evidenciado mediante la presente revisión bibliográfica que el Clorpirifos presenta efectos nocivos, no solo para su grupo de acción, sino que involucra a los organismos benéficos del suelo, estos ingresan a la cadena trófica y por consiguiente terminan afectando la salud humana. Otro efecto negativo del Clorpirifos se da en la salud del suelo y la fertilidad de este, lo que afecta también la productividad de productos alimentarios que son el ingreso económico neto de

los agricultores, y como se puede observar este insecticida no ha sido ni restringido, ni prohibido en el país. Además, se ha demostrado con esta revisión bibliográfica que el Clorpirifos en dosis menores a las recomendadas ha significado ser sumamente tóxico en ciertos organismos benéficos del suelo (micro y macrofauna), por lo que realizar un proyecto de investigación de los efectos directos que este cause puede apoyar a la posible restricción o prohibición de este insecticida.

BIBLIOGRAFÍA

- Agostini, G. (2013). *Ecotoxicología de anfibios en agroecosistemas del noreste de la región Pampeana* (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de la Plata, La Plata.
- Aguirre-Buitrago, J., Narváez-González, S., Bernal-Vera, M. y Castaño-Ramírez, E. (2014). Contaminación de operarios con Clorpirifos por práctica de “Embolsado” de banano (*Musa sp.*) en Urabá, Antioquía. *Revista Luna Azul*, (38), 191-217.
- Ahmad, S. (2004). *Detection of chlorpyrifos and penconazole residues in Grape leaves and fruit by Gas Chromatography / Mass Spectrometry* (Tesis de Maestría). Facultad de Estudios de Postgrado. Universidad Nacional de An-Najah. 46 p.
- Aranzazu, D., Rodríguez, B., Vieco, B. y Restrepo, L. (2012). Efecto del Clorpirifos 0,0-dietil 0-(3, 5, 6-tricloro-2-piridil fosforotioato) en machos juveniles de tilapia (*Oreochromis spp.*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25 (2), 276-291.
- Aucapiña, M. (2016). *Eficacia del Clorpirifos para el control de Polilla de quinua (*Eurysacca melanocampta*) en cultivo de quinua-Choclococha-Pomacocha-Acobamba-HVCA* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica.
- Bedmar, F. (2011). ¿Qué son los plaguicidas? *Ciencia hoy: Asociación Ciencia Hoy*, 21(122), 11-16.
- Calderón, A. (2017). *Determinación de la concentración letal media (CL₅₀) del Malatión y Clorpirifos-etil en organismos de *Capitella cf. capitata* de la bahía de Chetumal* (Tesis de pregrado). Universidad de Quintana Roo, México.
- Casanellas, J., Reguerin, M. y Roquero de Laburu, C. (2003). *Edafología: para la agricultura y el medio ambiente* (3ª. Ed.). México D.F., México: Mundi-Prensa.
- Castellanos, J. Z. (2013). *Guía para la interpretación del análisis de suelo y agua*. Recuperado de:
https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36681808/Guia_de_interpretacion_de_analisis_de_suelos_y_aguas_INTAGRI.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1542338493&Signature=6KknqU%2FfwPbIDT8Er9GfVNPI9kk%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DGuia_de_interpretacoin_de_analisis_de_su.pdf
- Cocca, C., Ventura, C., Nunez, M., Randi, A. y Venturino, A. (2015). El organofosforado Clorpirifos como disruptor estrogénico y factor de riesgo para el cáncer de mama. *Acta toxicológica argentina*, 23(3), 142-152
- Cruz, A. (2017). *Situación actual del consumo de pesticidas en el Perú* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

- De la Cruz, E., Bravo, V., y Ramírez, F. (2010). Manual de plaguicidas de Centroamérica. Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas, Universidad Nacional. Costa Rica.
- Domínguez-Gento, A., Laborda, R., Martínez, F. y Roselló-Oltra, J. (2005). Evaluación de microartrópodos en suelos de cítricos ecológicos y convencionales. Posibilidades de uso como bioindicadores. Recuperado de: <http://fci.uib.es/Servicios/libros/conferencias/seae/Evaluacion-de-microartropodos-en-suelos-de.cid221700>
- Espinoza, N.O. y Bustos-Obregón, E. (2015). Toxicidad y riesgo ambiental por efecto de insecticidas organofosforados sobre reproductor macho de lombriz de tierra (*Eisenia foetida*). *Int. J. Med. Surg. Sci.*, 2(4), 723-729.
- Ettiene, G., García, P., Bauza, R., Sandoval, L. y Medina, D. (2010). Persistencia del insecticida Clorpirifos en hojas y tallos de guayabo (*Psidium guajava* L.). *UDO Agrícola*, 10(1).
- Fernández, D. G., Mancipe, L. C., y Fernández, D. C. (2010). Intoxicación por organofosforados. *Revista Med*, 18(1), 84-92.
- Guilcamaigua, D. y Chancusig, E. (2017). Comparación de indicadores ambientales en tres casos de agricultura: tradicional, orgánica y convencional. *Antropología Cuadernos de Investigación*, (17), 71-85.
- Guillén, L. (2015). *Impacto económico de la regulación ambiental en la producción de papa. Distrito barranca. Región lima* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Jáquez, S., González, L., Irigoyen, R. y Ortega, V. (2013). Comportamiento de plaguicidas persistentes en el medio ambiente. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango. Instituto Politécnico Nacional, México.
- León, J. (2016). Poder residual de algunos plaguicidas utilizados en el Cultivo de palta (*Persea americana* Mill.) Sobre *Amblyseius chungas* y *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima
- Lopera, M., Peñuela, G., Domínguez, M. y Mejía, G. (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.
- Marañón, P. (2015). Manejo y Uso de los plaguicidas agrícolas entre los horticultores en el valle del río Chillón-Lima (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Marín, L. y Jaramillo, B. (2015). Aislamiento de bacterias degradadoras de pesticidas organofosforados encontrados en suelos y en leche bovina. *Revista chilena de nutrición*, 42(2), 179-185.
- Mena-Rodríguez, E., Ortega-Cuadros, M., Merini, L., Melo-Ríos, A. y Tofiño-Rivera, A. (2018). Efecto de agroinsumos y aceites esenciales en el suelo de hortalizas en el Caribe colombiano. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, Mosquera (Colombia), 19(1):103-124
- Ministerio de Agricultura y riego, Servicio Nacional de Sanidad Agraria y Dirección de Insumos Agropecuarios e Inocuidad Agroalimentaria (2016). Informe del monitoreo

adicional de residuos químicos y otros contaminantes agropecuarios primarios y piensos, año 2015. Recuperado de: <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2016/12/Informe-M-2015.pdf>

Moreno, D. (2013). *Desarrollo de metodologías analíticas para la determinación de residuos de carbamatos en alimentos y agua* (Tesis Doctoral). Universidad de Granada, Granada.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO (2006). Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-a0220s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2009). Guía para la descripción de suelos. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>

Organización Mundial de la Salud (1975). Empleo inocuo de plaguicidas: Clasificación de los plaguicidas por el peligro que presentan. Recuperado de: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/103380/WHA28_14_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pelosi, C., Barot, S., Capowiez, Y., Hedde, M. y Vandenbulcke, F. (2014). Pesticides and earthworms. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34 (1), pp 199-228.

Rafael, S., Salvio, C., Manetti, P., Clemente, N. y López, A. (2015). Susceptibilidad de *Octolasion cyaneum* (Annelida: oligochaeta, lumbricidae) expuesta a Clorpirifos en condiciones de laboratorio. *Ciencia del suelo*, 33(2). Recuperado de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672015000200002&script=sci_arttext&tlng=en

Ramírez, J.A. y Lacasaña, M. (2001). Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. *Arch Prev Riesgos Labor*; 4(2), 67-75.

Resolución Directoral N° 325-2008-AG-SENASA-DIAIA. (29 de febrero del 2008). En Normas Legales: N° 10160. Diario Oficial "El Peruano". Lima: Congreso de la República.

Rimski-Korsakov, H. y Álvarez, C. R (2016). Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos. Editorial Facultad de Agronomía-EFA, 59.

Rojas Rodríguez, R. (2016). *Desarrollo de métodos para la reducción de la contaminación por plaguicidas en aguas subterráneas mediante la adición de residuos orgánicos a los suelos* (Tesis Doctoral). Universidad de Sevilla, España.

Sánchez, S. (2012). *Caracterización inmunotoxicológica en un modelo murino de neurotoxicidad encefálica inducida por Clorpirifos* (Tesis de pregrado). Universidad del Tolima, Ibagué.

Santoyo, S. (2014). Determinación de residuos de plaguicidas anticolinesterásicos en suelo y en el cultivo de cebollín, en el municipio de Villamar, Michoacán (Tesis de Maestría). Instituto Politécnico Nacional, Michoacán.

Salvio, C., Manetti, P., Clemente, N. y López, A.(2015). *Scarítes anthracinus* (coleoptera: carabidae): efecto tóxico de clorpirifos y de cipermetrina en bioensayos de laboratorio. *Ciencia del suelo*, 33(1). Recuperado de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672015000100002

- Servicio Nacional de Sanidad Agraria- SENASA (2018). Informe del Monitoreo de residuos químicos y otros contaminantes en alimentos agropecuarios primarios, año 2016. Recuperado de: <https://www.senasa.gob.pe/senasa/1-informe-del-monitoreo-de-residuos-quimicos-y-otros-contaminantes-en-alimentos-agropecuarios-primarios-ano-2016/>
- Socarrás, A. (2013). Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. Pastos y Forrajes, 36(1), 5-13. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942013000100001
- Soil Science Division Staff (2017). Soil Survey Manual.
- Soil Survey Staff (1999). Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2nd edition. Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 436.
- Sterren, M., Urich, W. y Benintende, S. (2016). Residualidad de glifosato en suelos de Entre Ríos y su efecto sobre los microorganismos del suelo. *Ecología austral*, 26 (3),246-255. Recuperado de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2016000300005
- Upegui, S. (2010). *Evaluación de mezclas de compost inmaduro/suelo de Moravia, y fuentes de nutrientes, para la degradación de los pesticidas Clorpirifos, Malatión y Metil Paratión* (Tesis de Maestría). Universidad de Medellín, Medellín.
- United States Department of Agriculture-USDA (1999). Guía para la Evaluación de la calidad y salud del suelo. Recuperado de: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf
- Valencia Ospina, V. M., Ramírez Escobar, M. P. y Jaramillo Ramírez, L. C. (2014). *Identificación de alternativas para la disposición final de los envases de plaguicidas de uso agrícola* (Tesis Doctoral). Corporación Universitaria Lasallista, Antioquía.
- Velez, L. (2017). *Determinación de la característica de toxicidad por Lixiviación (TCLP) del principio activo Carbosulfan del Plaguicida de uso comercial en un suelo de cultivo de papa de Villa Pinzón, Cundinamarca* (Tesis de pregrado). Universidad Santo Tomás, Bogotá.
- Wesseling, C; Aragón, A; Rojas, M; Blanco, L; López, L; Soto, A; Fúnez, A; Ruepert, C; Miranda, J. y López, I: (2006). Efectos del Clorpirifos en la salud de trabajadores bananeros de La Lima, Honduras. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/48873124.pdf>
- Zaragoza-Bastida, A., Valladares-Carranza, B., Ortega-Santana, C., Zamora-Espinosa, J., Velázquez-Ordoñez, V. y Aparicio-Burgos, J. (2016). Repercusiones del uso de los organoclorados sobre el ambiente y salud pública. *Abanico veterinario*, 6(1), 43-55.
- Zhu, W; Schmehl, D; Mullin, C. y Frazier, J. (2014). Four common pesticides, their mixture and a formulation solvent in the hive environment have high oral toxicity to honey bee larvae. *Public Library of Science*, 9: 1-11.