

LOMBRIZ CALIFORNIANA *Eisenia foetida* (SAVIGNY,1826) COMO BIOINDICADOR DE  
LA CONCENTRACIÓN LETAL 50 (CL50) DE DIFERENTES PLAGUICIDAS: UNA  
REVISIÓN



BRILLITH TATIANA GUZMÁN DAZA  
ESTFANY KATERIN NAKAJIMA IPUZ



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL  
VILLAVICENCIO

2020

LOMBRIZ CALIFORNIANA *Eisenia foetida* (SAVIGNY,1826) COMO BIOINDICADOR DE  
LA CONCENTRACIÓN LETAL 50 (CL50) DE DIFERENTES PLAGUICIDAS: UNA  
REVISIÓN

BRILLITH TATIANA GUZMÁN DAZA  
ESTFANY KATERIN NAKAJIMA IPUZ

Artículo de reflexión Co-terminal presentado como requisito para optar al título de Ingeniero  
Ambiental

Asesor  
JAIR ESTEBAN BURGOS CONTENTO  
Ingeniero Ambiental

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL  
VILLAVICENCIO

2020

## Resumen

La aplicación de plaguicidas en actividad agronómica es muy importante para el control de plagas. Sin embargo, estos plaguicidas podrían estar generando un alto riesgo ambiental causando daños colaterales a la biota del suelo. Para verificar esta hipótesis, fue necesario, mediante pruebas de ecotoxicología, analizar la lombriz de tierra *Eisenia Foetida* en el laboratorio. Se eligió esta lombriz de tierra porque tiene contacto directo con el suelo y brinda importantes servicios ecosistémicos para la sostenibilidad del agroecosistema. Haciendo uso de datos obtenidos de forma sistemática, el presente artículo de revisión tiene como objetivo investigar la relevancia de los efectos de los plaguicidas en la biota del suelo, estudios realizados en diferentes países del mundo como China, India, Estados Unidos, Brasil, entre otros, evaluar la concentración letal 50 (CL50) de diferentes plaguicidas utilizando la metodología propuesta por la OCDE, en la que se manejan dos tipos de pruebas toxicológicas ambientales: i) por contacto y; ii) suelo artificial. Estas pruebas se diferencian por el tiempo de exposición y la facilidad de manejo. Dentro de los efectos directos sobre *E. foetida* se encuentran la pérdida de peso, el cambio de color, la disminución del crecimiento, la disminución de la biomasa y la fertilidad. Finalmente se concluye sobre la necesidad de determinar el uso adecuado de plaguicidas para evitar la contaminación por malas prácticas agrícolas.

**Palabras clave:** CL50, *Eisenia foetida*, plaguicida, suelo

## Abstract

The application of pesticides in agronomic activity is very important to control pests. However, these pesticides could be generating a high environmental hazard causing collateral damages to the soil biota. To verify this hypothesis, it was necessary, through ecotoxicology tests, to analyze the earthworm *Eisenia Foetida* in the laboratory. This earthworm was chosen because it has direct contact with the soil and provides important ecosystem services for the sustainability of the agroecosystem. Making use of data obtained in a systematic way, the present review article aims to investigate the relevance of the effects of pesticides on soil biota, studies carried out in different countries of the world such as China, India, USA, Brazil, among others, to evaluate the lethal

concentration 50 (LC50) of different pesticides using the methodology proposed by the OECD, in which two types of environmental toxicological tests are handled: i) by contact and; ii) artificial soil. These tests differ by the exposure time and the ease of handling it. Within the direct effects on *E. Foetida* are weight loss, color change, growth decrease, decrease in biomass and fertility. It is finally concluded on the need to determine the appropriate use of pesticides to avoid contamination by bad agricultural practices.

**Key words:** LC50, *Eisenia foetida*, pesticide, soil.

**Lombriz californiana *Eisenia foetida* (Savigny,1826) como bioindicador de la concentración letal 50 (CL50) de diferentes plaguicidas: Una revisión**

Autores: Guzmán B<sup>1</sup> & Nakajima E<sup>2</sup>.

Coautor: Burgos J<sup>3</sup> Facultad de Ingeniería Ambiental.

## 1. Introducción

El crecimiento poblacional ha provocado un aumento de la demanda de productos agrícolas, de modo que la agricultura se enfrenta a grandes retos al suplir con la necesidad de garantizar la seguridad alimentaria el cual se da en la medida que las personas tienen acceso social, físico y económico a alimento suficiente (Sundar & Mohan, 2019). Por lo tanto, para aumentar el rendimiento anual de los cultivos, se han empleado varias estrategias efectivas. Sin embargo, la pérdida debida a diversas entidades biológicas conocidas colectivamente como plagas se ha convertido en un obstáculo importante para lograr el objetivo requerido, de igual manera las enfermedades de las plantas ocasionan en los productores pérdidas para sus cultivos.

Por ello, la agricultura se ha intensificado dando lugar al uso como aplicación de un conjunto de químicos como fertilizantes, semillas alteradas llamadas transgénicas y plaguicidas con el único propósito de proteger los cultivos, lo ha convertido a estos últimos elementos indispensables para

---

<sup>1</sup> Estudiantes de Ingeniería Ambiental Universidad Santo Tomás.  
Villavicencio. Correos electrónicos: brillithguzman@usantotomas.edu.co

<sup>2</sup> estfanynakajima@usantotomas.edu.co

<sup>3</sup> Ingeniero Ambiental. Universidad Santo Tomás, Bogotá. Maestrante en Gestión y Ordenamiento de Cuencas.  
Correo: jairburgos@usantotomas.edu.co

la agricultura moderna (Ortega, 2009). El uso extensivo de pesticidas ha creado una preocupación en general, debido a que presentan efectos negativos como la contaminación del suelo, esta contaminación se puede determinar por parámetros físicos, químicos y microbiológicos siendo este último sensible a cambios, ya que los químicos imposibilitan la degradación natural del suelo disminuyendo la cantidad de microorganismos encargados del proceso natural (Santric et al., 2016).

Los plaguicidas se dividen según la plaga a la que atacan como lo son los fungicidas, rodenticidas, herbicidas, nematicidas e insecticidas, por otra parte, se dividen conforme su naturaleza química, el cual son 12 grupos diferentes (*Tabla 1*)

Tabla 1

*Clasificación de los plaguicidas*

<b>Grupo</b>	<b>Plaguicida</b>
Compuestos Organoclorados	DDT, Metoxicloro, Clordano, Dicofol, BHC/ HCH, Aldrin, Endosulfan, Heptacloro, Metoxicloro, Clordano, Dicofol
Carbamatos	Paration, Malation, Monocrotofós, Clorpirifos, Quinalfos, Forato, Diazinon, Fenitrotión, Acefato, Dimetoato, Fentiión, Isofenfos, Fosfamidón, Temefos, Triazophos
Piretroides	Aldicarb, Oxamilo, Carbarilo, Carbofuran, Carbosulfán, Metomilo, Metiocarb, Propoxur, Primidicarb
Neonicotinoides	Aletrinas, Deltametrina, Resmetrina, Cipermetrina, Permetrina, Fenvalerato, Piretro
Compuestos De Organoestaño	Acetamiprid, Imidacloprid, Nitenpiram, Tiametoxan
Compuestos Organomercuriales	Acetato de Trifenilestaño, Cloruro de Trivenilestaño, Hidróxido de Tricilohexilestaño; Azociclotina
Fungicidas Ditiocarbamados	Cloruro de Etilmercúrico, Bromuro de Fenil Mercurio
Compuestos De Benzimidazol	Zineb, Maneb, Mancozeb, Ziram
Compuestos De Clorfenoxi	Benomil, Carbendazim, Tiofanato de Metilo
Dipiridilios	2,4-D, TCDD, DCPA, 2,4,5-T, 2,4-DB, MCPA, MCPP
Diversos	Paraquat, Diquat
	DNOC, Bromoxilo, Simazina, Triazamato

*Nota:* Clasificación de los plaguicidas de acuerdo con su estructura química. (Rodríguez Eugenio, McLaughlin, & Pennock, 2019).

El residuo de estos herbicidas se transporta por medio de la escorrentía, infiltración,

movimiento de la tierra o por dispersión (*Figura 1*), llegando de una u otra manera a tener contacto con el ser humano, que a menudo trae efectos negativos sobre la degradación del suelo, que con el tiempo tienden volverse inertes imposibilitando la siembra de nuevos cultivos en la zona (Amezquita, Rao, Rivera, Corrales, & Bernal, 2013).



Figura 1. Comportamiento de los plaguicidas en el medio ambiente. Fuente: (Rodríguez Eugenio, McLaughlin, & Pennock, 2019)

En diferentes partes del mundo se han desarrollado diferentes metodologías y estudios para determinar los efectos tóxicos y nocivos de sustancias usando bioensayos como herramientas para el campo de la toxicología ambiental que contribuyen para identificar los efectos nocivos que causan diferentes tipos de agentes externos presentes en los ecosistemas sobre los seres vivos que habitan allí (Espinosa, 2013). Existen pruebas mediante indicadores como la concentración letal 50 (CL50) que permite conocer con mayor exactitud el grado de toxicidad de un compuesto tomando como indicador la muerte de un sustrato biológico en un periodo de tiempo expuesto al plaguicida, uno de estos indicadores es la lombriz roja californiana *E. foetida* (Savigny, 1826) (Giménez, Penna, & Odello, 2004). Estas lombrices presentan la capacidad de regular activamente las propiedades del suelo de acuerdo con las características donde se encuentra y la dinámica de la materia orgánica, así mismo recicla nutrientes teniendo una relación directa con el suelo, por ello hace parte de los macro descomponedores del suelo (Cabrera, 2012)

Las pruebas de laboratorio son de vital importancia para determinar el grado de toxicidad de un químico, en este caso los plaguicidas, el cual generan un impacto al medio ambiente y al ser humano, por lo tanto estas pruebas de laboratorio lo realizan en servir como datos básicos para evaluar el riesgo ecológico de actividades agrícolas tales como la aplicación de dosis inapropiadas y para preparar un informe de inventario sobre tierras agrícolas contaminadas (Abiiramy , Vinitha , Sangeetha , & Monisha , 2018). Las lombrices de tierra al tener contacto directo con el suelo son los más indicados para llevar a cabo estas pruebas eco toxicológicas ya que se enfrentan a las condiciones propias de los cultivos.

Según la según la Food Agriculture Organization (FAO) de las Naciones Unidas, el consumo mundial de plaguicidas supera los 3.000 millones de kilos, 0,62 kilos por hectárea, de los cuales Colombia aproximadamente consume 74 millones de Kilos, 1,62 kilos por hectárea (FAO, 2014). Cifra considerable para que los residuos de estas sustancias pueden infiltrasen al suelo durante años a causa de algunas características como persistencia, vida media y toxicidad, entre otras, lo cual pueden destruir los componentes de este recurso y llevarlo a su destrucción, afectando la calidad del mismo (Arroyave & Correa Restrepo, 2009).

Donde la mayor parte los productores colombianos, 70% adquieren los plaguicidas de acuerdo con la disponibilidad de recursos financieros y técnicos; y estos productos se aplican conforme a las prácticas culturales de la región que se caracterizan por un uso excesivo, frecuencia de aplicación y cambios en las dosis. Como resultado del uso ineficiente y no seguro de estas sustancias químicas, se presentan una serie de posibles amenazas, tanto para la salud humana como para la calidad del medio ambiente (Cubides, 2009). De igual manera igual manera, en los países en vía de desarrollo el uso del herbicidas como el glifosato u otros plaguicidas se ha convertido en un problema global, en los suelos de la altillanura colombiana pueden verse afectados ya que algunos herbicidas poseen la característica de enlazarse fuertemente a las arcillas del suelo lo que es difícil desplazarlo, siendo perjudicial para microorganismos, lombrices y microantropodos, generando impactos negativos sobre los cultivos (Mendoza , Peña , & Franco , 2001).

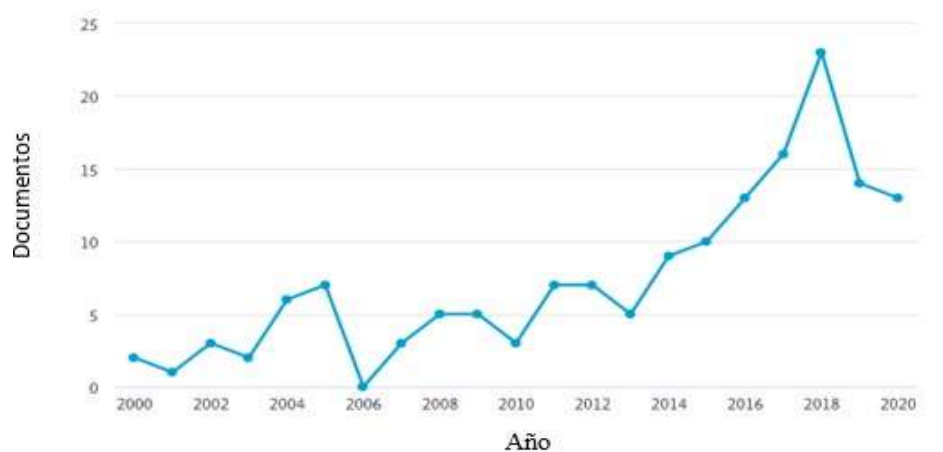
Razón por la cual estos informes ayudan a la población involucrada con el uso, manejo de diferentes plaguicidas, ya que proporcionara información de carácter científico que es útil para analizar y tener una visión más global acerca del nivel de toxicidad en que se encuentra estos productos de muy fácil acceso en el mercado (Madeley, 2002). El presente estudio hace un revisión bibliográfica exhaustiva con análisis crítico pretendiendo responder la pregunta problemática ¿

Qué incidencia tienen los niveles de toxicidad de diferentes plaguicidas sobre la especie *E. foetida* (Savigny,1826) frente a la calidad del suelo?.

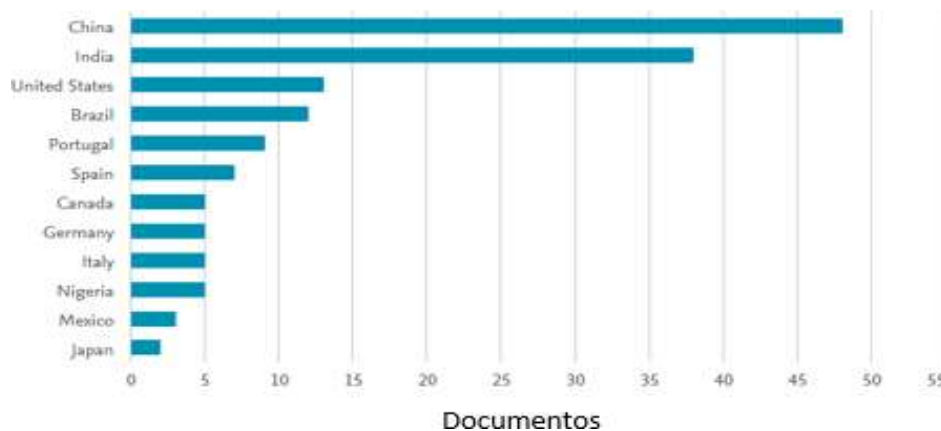
## 2. Método: Búsqueda bibliográfica

El presente artículo de revisión tiene como fin realizar una investigación teórico- descriptiva de los efectos toxico ambientales de plaguicidas sobre el suelo por medio de la Lombriz Californiana *E. foetida*, en el cual se lleva a cabo la recopilación, organización y análisis de datos en relación de estudios previos como artículos, libros, investigaciones, entre otros (*Tabla 2*).

Se llevó a cabo la búsqueda bibliográfica en la página Crai de la Universidad Santo Tomas, el cual se revisó en las herramientas de investigación ScienceDirect, Scopus y Web of science. La revisión de la literatura fue importante limitar los documentos a los últimos 20 años ya que en los últimos 10 años no se encontraba suficiente información para comparar, utilizando la ecuación de búsqueda *Eisenia foetida* and LC50 and (pesticide or fungicide or herbicide or insecticide) and soil, el cual dio como resultado alrededor de 154 documentos organizados en la (*Grafica 1*), de igual manera la (*Grafica 2*) representa los artículos presentados por 15 países, siendo China el de mayor número de documentos publicados entre ese lapso de tiempo en comparación de los otros.



*Grafica 1* Documentos por año. Adaptado de: (Scopus , 2020)



Grafica 2 Documentos por país o territorio. Adaptado de: (Scopus , 2020)

Las publicaciones con mayor similitud con el tema del trabajo fueron relevantes para la revisión, estos se organizaron según el título, el año de publicación, el resumen y su contenido en total, estos sesgos nos permitieron seleccionar alrededor de 22 referencias. Para la organización de los documentos recopilados se creó una base de datos en un archivo Excel (*Anexo 1*), organizando por columnas ítems: Nombre del artículo, autor, año de publicación, nombre de la revista, palabras clave, tipo de plaguicida. Luego de esto, se llevó a cabo el análisis de datos identificando los plaguicidas de mayor relevancia, identificando similitud entre cada una de las metodologías utilizadas y lo efectos presentados. Por último, se realizó la síntesis y redacción de los artículos.

Tabla 2

Metodología utilizada en relación con el proceso en pro de la construcción del artículo de revisión

Metodología	
	1. Determinar pregunta problema y objetivos (importante para guiar la investigación)
	2. Búsqueda bibliográfica (en plataformas virtuales de la crai Usta)
	3. Selección de documentos (Sesgo de los documentos por palabras clave)
	4. Análisis de documentos (clasificación, selección y verificación de documentos)
	5. Síntesis de información (ordenamiento, comparación y condensación de la información)
	6. Redacción (organizar de manera básica el artículo conforme al siguiente contenido; introducción, metodología, desarrollo y discusión, conclusiones, finalmente bibliografía).

Nota: Metodolo;

### 3. Desarrollo y discusión

La revisión se divide en tres partes: i) pruebas toxicológicas ambientales, ii) CL50 de diferentes plaguicidas sobre la Lombriz californiana *E. foetida* y, iii) Uso de plaguicidas en Colombia.

#### 3.1. Pruebas toxicológicas ambientales

En los diferentes estudios llevados a cabo acerca del efecto de los plaguicidas en la lombriz californiana, se ha evidenciado que son realizados en condiciones de laboratorio y muy pocos en campo (*Anexo I*). Independientemente del entorno en que se realice el estudio, se deduce que la disponibilidad de los productos químicos presentes en los suelos depende considerablemente a las propiedades del suelo (Weeks & Gestel, 2004). Ejemplo de ello es la toxicidad, que está determinada tanto por el pH como por el contenido de materia orgánica. De igual manera los investigadores del Instituto de Biología y Ecología, Facultad de Ciencias de la Universidad de Kragujev- Serbia, observaron una reducción del 50% en las actividades que comúnmente realiza la lombriz de tierra *E. foetida* cuando el insecticida organofosforado Fenititryon se incorporó al suelo y una reducción del 90% cuando este se aplicó en la superficie del suelo (Milanovic, Milutinovic, & Stojanovic, 2014). Por otra parte, los parámetros ambientales pueden intervenir en la sensibilidad de las lombrices de tierra a causa de los plaguicidas, ya que estas presentan un corto periodo de una generación a otra, hábitos sedentarios y alta densidad, permitiendo una respuesta rápida a los cambios del medio ambiente (Cabrera , 2012). En entornos de estudio en campo, las condiciones climáticas y el método de muestreo influyen en la exposición a las lombrices de tierra, así como en la eficiencia del muestreo (Frampton , Jansch, & J Sc, 2006).

Al contrastar los estudios es importante señalar que las técnicas utilizadas para agregar los plaguicidas y la duración de la exposición no siempre se asemejan, pues varían de un estudio a otro, dando como resultado que la concentración letal 50 (CL50) de los diferentes plaguicidas estudiados son tóxicos o muy tóxicos para la lombriz de tierra *E. foetida*, variando el peso y el crecimiento. Lo anterior se concluye mediante la realización de pruebas toxicológicas ambientales agudas las cuales pueden ser primero por contacto con papel filtro, caracterizada por ser una de las más fáciles de realizar, la cual es utilizada como preliminar para determinar las concentraciones a las que se debe llevar a cabo la prueba en el suelo por un tiempo estimado de 48 a 72 horas y; segundo, la prueba con suelo artificial en la cual aplican una serie de concentraciones del plaguicida

en cuestión con al menos 99% de pureza, en un tiempo estimado de 14 días determinando pH y humedad (Cuevas Dias, Ferrera Cerrato, Roldán Martín, & Rodríguez Vásquez, 2012). El compuesto químico aplicado afecta al organismo por medio de la ingesta o contacto con este, acumulándose en los tejidos, contribuyendo a un problema más grande debido a la gran población de animales que se alimentan de ella, por ende, también lo son para el suelo, debido a que las lombrices de tierra tienen un rol importante en el suelo y también contribuyen en mayor medida a la calidad del mismo, de igual manera, la capa superficial terrestre se ve afectada por el contacto directo de los contaminantes ya que altera las propiedades físicas, químicas y biológicas (Cabrera, 2012).

En relación con los plaguicidas, con base en la información recolectada de diferentes autores se evidenció que por medio del método de toxicidad de suelo y toxicidad de contacto se realizaron las pruebas para calcular la concentración letal 50(CI50) de los diferentes plaguicidas ampliamente utilizados en todo el mundo (Espinosa, 2013). Estos llevan a cabo la metodología dictaminada por la Organisation for Economic Cooperation and Development (en adelante OCDE) que consiste en las pruebas previamente mencionadas sobre papel filtro y suelo artificial (*Tabla 3*).

Tabla 3

*Comparación test de pruebas toxicológicas en papel filtro y suelo artificial.*

*La Eisenia foetida debe tener una edad adulta con clitelo y peso individual entre 300 a 600 mg*

<b>Prueba de papel filtro (OECD,2016)</b>	<b>Prueba de suelo artificial (Yanhua et al., 2012)</b>
El químico es disuelto en agua u otro disolvente (1000 mg/l)	10% de turba de esfagnos molido (<0,5 mm), 20% de arcilla de caolinita (> 50% de caolinita) y 70% de arena fina.750g del peso medio
Se pipetea 1ml de solución en cada vial y se evapora hasta sequedad bajo un chorro lento de aire comprimido filtrado	Cinco concentraciones en una serie geométrica
La lombriz debe mantenerse en papel filtro húmedo durante 3 horas antes del vaciado de estómagos	Mezcla del suelo con agua desionizada y para solubilizar solo se debe utilizar agentes que se volatilicen fácilmente
Las pruebas son realizadas en la oscuridad durante 48 horas	La cantidad de agua evaporada debe reemplazarse, 10 lombrices por cada prueba
Temperatura de 20°C +2°C	14 días 4 repeticiones, 20°C +2°C
Evaluación adicional de 72 horas	Evaluación de mortalidad a los 7 y 14 días

*Nota:* pruebas toxicológicas ambientales usando como bioindicador *E. foetida* (Guideline, OECD., 2004) (Yanhua et al., 2012). Clitelo: hinchazón en la piel de la lombriz en tiempo de reproducción, puede ser de color blanco, rojizo o naranja ubicado entre los anillos 32 y 37 (Duran & Henriquez, 2009)

En la prueba papel filtro se obtuvo 0–100% de mortalidad de la lombriz de tierra y con ello se estableció la relación concentración-mortalidad, las lombrices de tierra fueron expuestas al menos cinco concentraciones diferentes en una serie geométrica y un control para cada químico durante 48 días, registrando así la mortalidad de las lombrices (Yanhua et al., 2010). La prueba sobre el suelo artificial compuesta, según la reproducción de lombrices de tierra para análisis de productos químicos de las concentraciones aplicadas, el de mayor toxicidad en la lombriz californiana es el Endosulfan con  $0,002 \text{ mg kg}^{-1}$ , seguido la cipermetrina  $0,054 \text{ mg kg}^{-1}$  y monocrotofos  $39,75 \text{ mg kg}^{-1}$  (Gupta , Chakravorty, & Kaviraj, 2011). Considerando las dos pruebas anteriores, es posible determinar que se deben realizar nuevas investigaciones de toxicología ambiental en el suelo no solo con la especie *E. foetida*, sino con otros macroinvertebrados que hacen parte de la biota, debido que en los estudios que se han analizado llevan a cabo una sola prueba con una especie como bioindicador, teniendo vacíos para obtener comparaciones y resultados más precisos acerca de la afectación de los plaguicidas al incorporarse al suelo.

### **3.2. CL50 de diferentes plaguicidas sobre la Lombriz californiana *E. foetida***

Se pudo observar que el plaguicida de mayor toxicidad presentada es el clothianidin supertoxico para la lombriz de tierra *E. foetida* con un valor de CL50 de  $0,28 (0,24-0,35) \mu\text{g cm}^{-2}$ , los insecticidas organofosforados pyridaphenthion y carbamato de insecticida carbaryl fueron extremadamente tóxicos con valores de CL50 de  $3,84 (2,87-6,18)$  y  $4,21 (2,69-5,57) \mu\text{g cm}^{-2}$ , respectivamente (*Tabla 4 y Grafica 3*). De acuerdo con lo anterior es posible que los productos químicos perjudicaran no solo a las especies objeto, sino que también a los organismos no objeto en las diferentes áreas adyacentes a estos, pues los resultados en la anterior investigación indican que el peligro ambiental causado por un insecticida a un organismo del suelo puede evaluarse adecuadamente solo cuando se compara con la cantidad del insecticida aplicado en el campo agrícola (Pelosi et al., 2014). En las áreas agrícolas de gran parte del mundo hay una creciente preocupación por la contaminación del suelo a causa del uso generalizado de insecticidas como los antes mencionados (Giménez, Penna, & Odello, 2004). Con los resultados obtenidos de las investigaciones realizadas se puede establecer que los estudios llevados a cabo por los diferentes autores tiene en cuenta las concentraciones aplicadas por los agricultores o la casa comercial, no obstante ha tenido varios inconvenientes debido que las concentraciones manejadas varían de una

zona a la otra y a los problemas fitosanitarios que se presentan en los cultivos, por ende es indispensable que a la hora de tener una CL50 de referencia tengan más cercanía con los agricultores o se evalúen de acuerdo a la zona de estudio, dado que las dosis aplicadas van ligadas a los límites máximos permisibles emitidos por las instituciones de agricultura y ambiente, aunque gran parte estos no se ven reflejados en la realidad.

Se observa (Tabla 5) que en el intervalo de siete días, el insecticida neonicotinoide clothianidina mostró la toxicidad intrínseca más alta con un valor de CL50 de  $7 \text{ mgkg}^{-1}$ , mientras que los otros insecticidas mostraron toxicidades relativamente bajas para la lombriz de tierra *E. foetida* con valores de CL50 que van desde 152,2 a  $582,8 \text{ mgkg}^{-1}$ . En cuestión de resultados para los intervalos de 14 días comparando los nueve insecticidas en prueba, se evidenció que el insecticida neonicotinoide clothianidina tiene la CL50 más alta valor de  $6,06 \text{ mgkg}^{-1}$ . Con ello se puede deducir que se encontró una relación razonable entre los resultados de las pruebas de toxicidad de contacto y los efectos observados en las pruebas de toxicidad de suelo.

Tabla 4

Resumen de la toxicidad aguda con prueba de papel de filtro de contacto de 9 insecticidas para *Eisenia foetida*.

Insecticidas	CL 50 (IC 95%) $\mu\text{gcm}^{-2}$	Grado de toxicidad
Carbaril	4,21 (2,69–5,57) c	Extremadamente tóxico
Buprofezina	> 1000	Relativamente no tóxico
Flonicamid	> 1000	Relativamente no tóxico
Fufenozida	> 1000	Relativamente no tóxico
Lufenurón	> 1000	Relativamente no tóxico
Clothianidin	0,28 (0,24–0,35) a	Supertoxico
Acefato	> 1000	Relativamente no tóxico
Malatión	114,4 (68,6–368,1) f	Moderadamente tóxico
Pyridaphenthion	3,84 (2,87–6,18) c	Extremadamente tóxico

Nota: recuperado de Toxicity assessment of 45 pesticides to the epigeic earthworm *Eisenia foetida* (Yanhua et al., 2012)

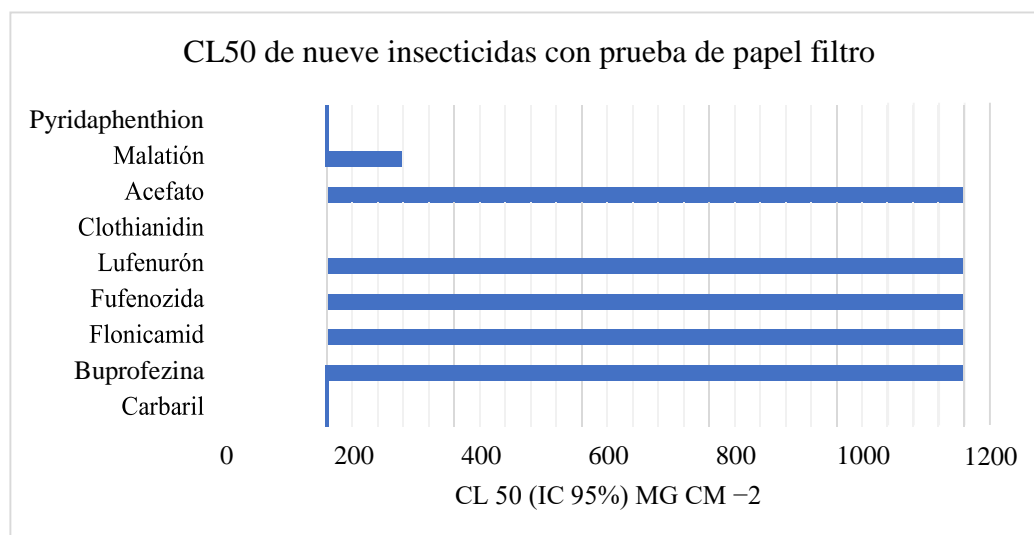
Tabla 5

Resumen de la prueba de toxicidad aguda con suelo artificial de 9 insecticidas para *Eisenia foetida*.

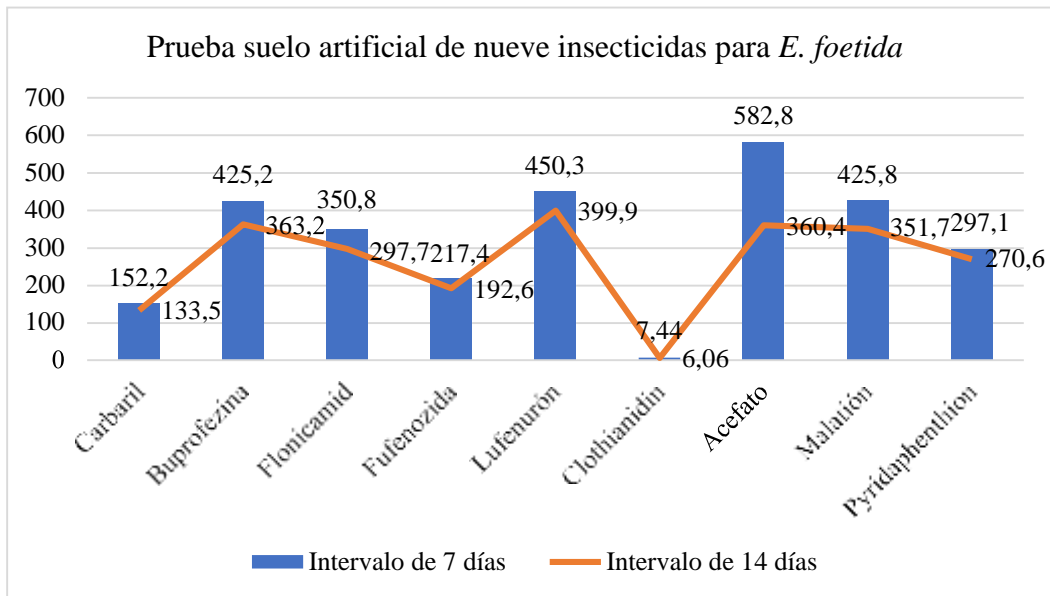
Insecticidas	Intervalo de 7 días	Intervalo de 14 días
	CL50 (IC 95%) mgkg <sup>-1</sup>	CL50 (IC 95%) mgkg <sup>-1</sup>
Carbaril	152,2 (138,4–182,5)	133,5 (124,5–150,5)
Buprofezina	425,2 (383,0–505,4)	363,3 (333,9–407,4)
Flonicamid	350,8 (235,1–436,8)	297,7 (251,5–410,0)
Fufenozida	217,4 (194,9–261,0)	192,6 (176,8–220,0)
Lufenurón	450,7 (345,6–769,3)	399,9 (307,8–513,4)
Clothianidin	7,44 (6,65–9,06)	6,06 (5,60–6,77)
Acefato	582,8 (468,8–969,7)	360,4 (332,2–402,9)
Malatión	425,8 (314,6–614,8)	351,7 (279,4–495,1)
Pyridaphenthion	297,1 (271,3–342,4)	270,6 (249,9–302,3)

Nota: recuperado de Toxicity assessment of 45 pesticides to the epigeic earthworm *Eisenia foetida* (Yanhua et al., 2012)

Comparando los resultados (*Grafica 3* y *Grafica 4*), se logra determinar que en la prueba de suelo artificial los datos dieron un resultado más preciso. Sin embargo, el clothianidin en las dos pruebas dan como resultado supertóxicos, el Acefato como el insecticida de menor toxicidad en los 14 días, contradictorio al resultado del Malation ya que presenta una variación del casi el doble respecto a los primeros siete días de prueba en suelo artificial.



*Grafica 3* Prueba toxicológica ambiental de papel filtro sobre la *E. foetida*. (Yanhua et al., 2010).



*Grafica 4* Prueba toxicológica sobre suelo artificial de nueve insecticidas para la *E. foetida*. (Yanhua et al., 2010).

El uso principal de los insecticidas neonicotinoides, especialmente, clothianidín, thiamethoxam e imidacloprid que son los más cuestionados, es en el tratamiento a la semilla, actualmente el 80 % de los tratamientos de insecticidas a las semillas del 30 % del mercado, mundial de insecticidas, corresponden a los neonicotinoides (Roberto et al., 2015). Además, este insecticida es especialmente efectivo contra las plagas de chupar y masticar (Jeschke & Nauen, 2008). Este insecticida funciona como un inhibidor competitivo en el receptornicotínico de acetilcolina en el sistema nervioso central (Cang, y otros, 2017). Los resultados de estos estudios mostraron que la clothianidina era la más tóxica para *E. foetida* entre todos los insecticidas probados bajo dos sistemas de prueba diferentes.

El insecticida endosulfan evaluó mediante el análisis estadístico probit el CL50 obteniendo un rango de confiabilidad de 95% según los valores de CL50 de Roberts y Dorough los plaguicidas tienen una clasificación relativamente tóxicos (100-1000 µgcm<sup>-2</sup>) relativamente no tóxicos (1000 µgcm<sup>-2</sup>), muy tóxicos (10-100 µgcm<sup>-2</sup>), extremadamente tóxicos (1-10 µgcm<sup>-2</sup>) y supertóxicos (<1,0 µgcm<sup>-2</sup>), las pruebas de laboratorio sobre el papel filtro a 48 horas dio un resultado de (7,1 µg cm<sup>-2</sup>, equivalente a 402,85 mg L<sup>-1</sup>) catalogándolo como extremadamente tóxico. La determinación de la CL50 sobre suelo artificial muestra que existe un mayor porcentaje de inhibición del crecimiento sobre la *E. foetida* a 14 días, sugirió que los nutrientes del sustrato eran

insuficientes para la supervivencia, además concluyeron que a medida que el contaminante aumenta mayor es la inhibición del crecimiento (Vásquez et al., 2018).

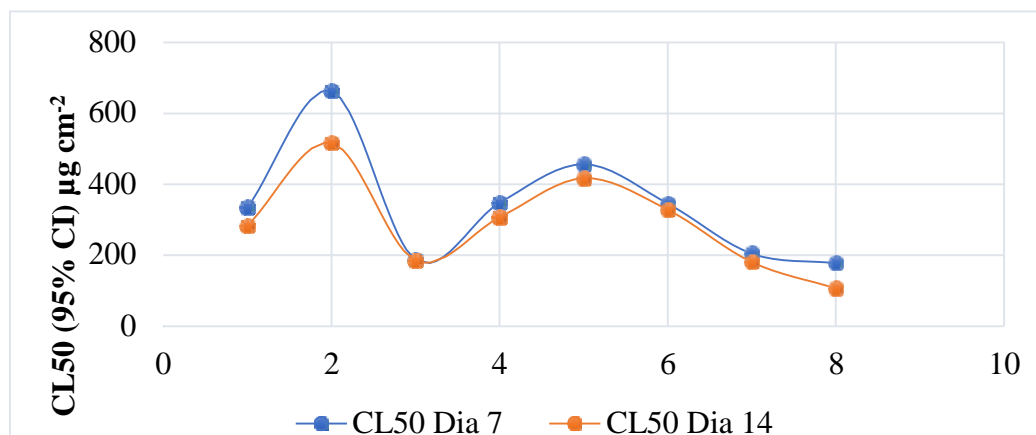
La toxicidad de los diez químicos varía en contra de la *E. foetida* (Tabla 6), el acetochlor herbicida acetanilida, pretilachlor, S-metolachlor y dieron resultados de muy tóxicos con valores de CL50 de 24,02 (19,72–31,76), 19,23 (11,54–25,92), 20,63 (17,70–49,76) y 10,31, (8,31–12,23)  $\mu\text{gcm}^2$  respectivamente, mientras que el Fluazifop-p-butyl, Paraquat, el glifosato y la atrazina fueron moderadamente tóxicos con valores de 518,0 (408,6–782,3), 235,0 (199,4–279,5), 566,1 (437,4–905,4) y el 102,5 (66,57–138,7), finalmente el Fenoxaprop-p-ethyl dio como resultado relativamente no toxico (Yanhua , y otros, 2012). De igual manera, en los herbicidas utilizados mediante las pruebas en el suelo artificial la diferencia es mayor, variando entre el primer periodo de prueba y el segundo (Grafica 5), siendo el Pretilachlor con menor porcentaje de toxicidad, el de mayor toxicidad el Terbutryn.

Tabla 6

Resumen de la prueba de contacto con papel filtro de 9 herbicidas para *E. foetida*

Herbicida	Pendiente	LC50 (95% CI) $\mu\text{gcm}^{-2}$	Grado de toxicidad
Acetochlor	3,76 (0,51)	24,02 (19,72–31,76) de	Muy toxico
Pretilachlor	3,25 (0,49)	19,23 (11,54–25,92) d	Muy toxico
S-metolachlor	4,88 (0,73)	20,63 (17,70–49,76)	Muy toxico
Fenoxaprop-p-ethyl		>1000	Relativamente no toxico
Fluazifop-p-butyl	5,24 (0,82)	518,0 (408,6–782,3) h	Moderadamente toxico
Paraquat	4,34 (0,61)	235,0 (199,4–279,5) fg	Moderadamente toxico
Glyphosate	5,74 (0,93)	566,1 (437,4–905,4) h	Moderadamente toxico
Atrazine	1,86 (0,26)	102,5 (66,57–138,7) f	Moderadamente toxico
Terbutryn	4,07 (0,56)	10,31 (8,31–12,23) d	Muy toxico

Nota: recuperado de Toxicity assessment of 45 pesticides to the epigeic earthworm *Eisenia foetida* (Yanhua et al., 2012)



Grafica 5 Resumen de estimaciones de parámetros para la toxicidad aguda con prueba de suelo artificial de herbicidas para *E. foetida* (Yanhua , y otros, 2012)

Otras investigaciones a nivel de herbicidas se han realizado para evaluar la toxicidad aguda, la eliminación y bioacumulación del herbicida Clomazone en la lombriz de tierra *E. foetida*, fueron estudiados en diferentes sistemas de exposición, los resultados de la prueba de papel de filtro y la prueba de suelo artificial mostraron que los valores de CL50 de Clomazone en lombrices de tierra fueron  $5,63 \text{ kgcm}^{-2}$  (exposición de 48 h) por prueba de contacto de papel de filtro y  $174,92 \text{ mgkg}^{-1}$  (exposición de siete días) y  $123,44 \text{ mgkg}^{-1}$  (exposición de 14 días) por prueba de suelo artificial (Cao et al., 2015). Además de lo anterior no observaron mortalidad en el grupo control después de 48 horas de exposición, este control se hizo con agua desionizada y acetona. Las lombrices de tierra expuestas a Clomazone en papel de filtro mostraron efectos letales y subletales dependientes de la concentración y el tiempo, el compuesto químico con valores CL50 de  $10\text{--}100 \text{ kgcm}^{-2}$  en papel de filtro se clasificó como "muy tóxico" (Landrum M et al., 2016), lo que sugirió que el Clomazone (48 h-LC50:  $5.63 \text{ kgcm}^{-2}$ ) era altamente tóxico para la lombriz de tierra *E. foetida*. También los autores determinaron que el herbicida Clomazone fue rápidamente absorbido por las lombrices de tierra y la concentración más alta en la lombriz de tierra fue 9,02, 35,30 y  $142,27 \text{ mgkg}^{-1}$  respectivamente en los grupos de exposición baja, media y alta después de tres días de exposición (Cao et al., 2015). Se puede colegir que las lombrices de tierra podrían absorber rápidamente el Clomazone pues su absorción está altamente relacionada con las concentraciones de exposición. Sin embargo, una pequeña cantidad de Clomazone persistió durante un tiempo relativamente largo en las lombrices de tierra.

Teniendo en cuenta que los herbicidas son en su mayoría la categoría más utilizada en todo el mundo, en especial en los Estados Unidos (Muthukaruppan & Janardhanan , 2005). El estudio de los efectos secundarios de los herbicidas en las lombrices de tierra es muy importante ya que su uso ha ido en aumento año tras año, aunado a esto el hecho de que son muy pocos los herbicidas directamente tóxicos para las lombrices de tierra (Espinosa, 2013). Aunque pueden ejercer efectos indirectos considerables debido a su influencia en las malezas como fuente de suministro de materia orgánica de la que se alimentan las lombrices de tierra en el suelo (Muthukaruppan & Janardhanan , 2005).

Autores como Jovana y Mirjana han realizado un estudio para evaluar la mortalidad, biomasa e inhibición del crecimiento de la lombriz californiana bajo el efecto de tres pesticidas individuales en condiciones de laboratorio, a saber: un insecticida, un herbicida y un limacida. Sus nombres comerciales son: Galition G-5 (ingrediente activo, ai, malatión y fenitrothion), Terbis (ai

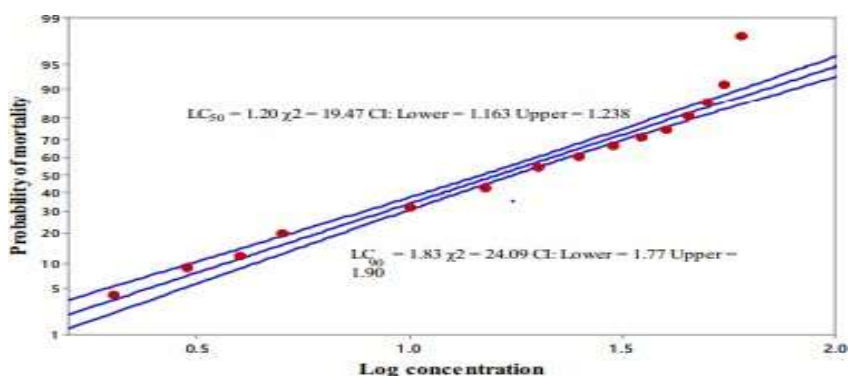
terbutilazina) y Gardene (ai metaldehído) (Milanovic, Milutinovic & Stojanovic, 2014) Galition pertenece a un grupo de insecticidas organofosforados, mientras que Terbis es un herbicida s-triazina ampliamente utilizado en la agricultura para controlar el pasto y las malezas de hoja ancha en una variedad de cultivos (Grenni et al., 2012). Los resultados en este estudio revelaron que para el intervalo de 14 días de los tres pesticidas el que mostró mayor grado de toxicidad fue el herbicida Terbis, dado que el valor de la CL50 es  $1,26 \text{ mgkg}^{-1}$ , que está cerca de la dosis agrícola recomendada, seguidamente los valores para Galition y Gardene son más altos que la concentración más alta que se usó en el experimento, pues el valor para Galition es  $368,25 \text{ mgkg}^{-1}$  y para Gardene es  $43,66 \text{ mgkg}^{-1}$  (Milanovic, Milutinovic, & Stojanovic, 2014). De lo expuesto anteriormente y comparado con otros estudios se ha demostrado la toxicidad de las sustancias activas que constituyen Galition en concentraciones mucho más altas que las que se utilizaron en el estudio anterior (Y. Wang et al., 2012) se obtuvieron resultados donde el malatión fue moderada o relativamente no tóxico para los mamíferos, pero extremadamente tóxico o muy tóxico para las lombrices de tierra (Pelosi C et al., 2014).

Con el fin de determinar qué efectos conlleva la aplicación de plaguicidas en el suelo, un estudio en China demostró que el herbicida ribenuron-metil (TBM) y el fungicida tebuconazol (TEB) mezclados generan un efecto contrario de 0,1 CL50 sobre la *E. foetida*, además la aplicación de estos indujo en los primeros días de exposición de la población aun estrés oxidativo e inhibió la actividad de la celulasa, mediante el método propuesto por la OCDE (Chen et al., 2018). El herbicida TBM demostró una baja toxicidad de  $135,6 \mu\text{gcm}^{-2}$  a las 48 horas, para la lombriz de tierra mediante las pruebas de contacto con el papel filtro y de  $511 \text{ mgkg}^{-1}$  el día 14 en las pruebas de suelo artificial con concentraciones letales medias, de igual manera TEB presentó una baja toxicidad en la prueba sobre el suelo artificial y baja toxicidad sobre el papel filtro, con valores de CL50 de  $287 \text{ mgkg}^{-1}$  el día 14 y CL50 de  $5,7 \mu\text{gcm}^{-2}$  a las 48 h respectivamente (Chen et al., 2018).

El fungicida benzimidazol Carbendazim impide la inhibición de mitosis y división celular (Rico, Sabater, & Castillo, 2016) generando gran sensibilidad en los oligoquetos y los nematodos a diferencia de otros fungicidas (Frampton, Jansch, & J Sc, 2006). Además, hay un amplio campo de investigación de los efectos del carbendazim sobre la lombriz de tierra, estos estudios informaron que a medida que se aplica provoca una gran reducción de la población afectando directamente a la producción de los capullos (Ellis, E. Hodson, & Wege, 2007). Las pruebas de toxicidad ambiental demuestran un cambio en cada metodología en el cual determinan la influencia

de las condiciones del suelo como posible causante de variación, ya que en el suelo artificial utilizando los valores calculados de CL50 y la mortalidad varió significativamente, el suelo artificial tres con un pH de nueve presenta una mortalidad mayor a diferencia del suelo dos con un pH de 4,5 siendo este el de menor tasa de mortalidad, de igual manera la materia orgánica fue proporcional al aumento de la toxicidad (Ellis , E. Hodson, & Wege , 2007). En comparación con otro estudio, el carbendazim fue encontrado altamente toxico para la *E. foetida* (CL50/42 mg / kg d. w.) reduciendo significativamente el peso de la lombriz en el día siete con una concentración de (6 mg / kg), el día 14 se observó una secreción de moco excesiva a los niveles de tratamiento de 1,2 y 1,8 mg / kg para carbendazim (Rico , Sabater , & Castillo , 2016).

El estudio publicado en la India destacó el principio activo Curcubitacina E mediante el ensayo en papel filtro de contacto, los resultados de 50 ppm demuestran una mayor tasa de mortalidad contra el segundo (93,8%), el tercero (86,4%) y el cuarto (73,2%) instar respectivamente, las concentraciones letales (CL50 y CL90) se detectaron como 15,84 y 67,60 ppm para el tercer estadio respectivamente (Grafica 6), generando efectos negativos menores sobre la *E. foetida*, por lo tanto, llegan a la conclusión de ser parte de una alternativa de producto bioracional a los plaguicidas sintéticos (Ponsakar et al., 2020).



Grafica 6 Concentración letal de la Curcubitacin sobre la larva de la *E. foetida*. Adaptado de: (Ponsakar et al., 2020)

Las pruebas de laboratorio son de vital importancia para determinar el grado de toxicidad de un químico, en este caso los plaguicidas, los cuales generan un impacto al medio ambiente y al ser humano, por lo tanto, estas pruebas de laboratorio son realizadas para obtención de datos básicos que permiten evaluar el riesgo ecológico de actividades agrícolas tales como la aplicación de dosis

inapropiadas y preparar informes de inventario sobre tierras agrícolas contaminadas (Abiiramy et al., 2018).

La aplicación de plaguicidas en la agricultura representa un peligro para los ecosistemas y la vida silvestre, lo que ha generado una creciente preocupación en el mundo debido al uso indiscriminado de estos químicos (Nugraha Ardiwinata, y otros, (2019) . La multiplicidad, la toxicidad y la persistencia de los plaguicidas, incluso cuando se usan en pequeñas cantidades tienen un efecto adverso en el sistema ecológico (Espinosa, 2013). Por lo tanto, es importante llevar a cabo otras metodologías para contrarrestar problemas fitosanitarios en los cultivos, con el fin de disminuir los efectos adversos en el suelo.

Las pruebas presentadas en cada proceso toxicológico ambiental sobre la lombriz californiana como lo es la prueba de suelo artificial y contacto en papel filtro tienen mayor importancia respecto a otros métodos ya que la prueba de suelo artificial tiene una mayor representación de la población o el bioindicador en estudio, debido a que tiene contacto directo con el suelo recreando el medio ambiente en el que habita normalmente. La prueba de contacto por papel filtro es económica y de espacio reducido, facilitando el manejo de los bioindicadores, además da una respuesta rápida ya que se encuentra en contacto directo con el plaguicida. Los plaguicidas con mayor impacto sobre las lombrices según la revisión bibliográfica son los insecticidas porque presentan resultados de extremadamente tóxico y supertóxico, en su mayoría el resultado fue relativamente tóxico, aunque en gran parte los herbicidas presentaron datos de moderadamente tóxicos.

### **3.3. Uso de plaguicidas en Colombia**

En Colombia el uso de plaguicidas aumento en un 360% en 20 años, la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia en conjunto con el Ministerio de Salud y Protección Social llevó a cabo una consultoría en las bases de datos del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) para determinar cuáles son los alimentos de mayor consumo, los plaguicidas aplicados a los cultivos pertenecientes y el grado de toxicidad de estos; en el cual analizaron que los cultivos con mayor toxicidad por plaguicidas son el arroz y el tomate, por plaguicidas de tipo carbamatos y fosforados como es el caso del Mancozeb (fungicida) (Tabla 7) ya que las consecuencias de una intoxicación aguda por el mal manejo de este son la alteración al sistema nervioso central, convulsiones, dificultad para hablar y al caminar (Chavez, 2015). De

igual manera plaguicidas como el clorotalonil y el dicloruro de Diquat generan toxicidad aguda en caso de inhalación. El glifosato, Pirimicarb, Resmetrina y el Tolilfluanida presentan una toxicidad crónica llegando a causar agentes cancerígenos, estos en conjunto con otros plaguicidas en vigilancia se clasifican según su toxicidad ambiental, está dividida en cuatro: i) muy bioacumulativos dentro de los cuales están el azociclotin, lufenuron y la rifuralina; ii) persistentes al agua, suelo y sedimento se encuentran el Etofenprox, Lufenurón y el Piridalil; iii) los tóxicos para los organismos acuáticos Lufenurón, isopirazam y; iv) los tóxicos para las abejas son aún mayor el número de plaguicidas Abamectina, Bifentrin, Clorpirifós, Clotianidina y Dimetoato (Ruyterkade, 2015).

Tabla 7

*Plaguicidas más aplicados en Colombia durante el 2020 en Colombia.*

<b>Ingrediente activo</b>	<b>Concentración</b>	<b>Cultivo</b>
Atrazina	500 g/l	Maíz
Tebuconazol	250 g/l	Arroz y cebolla
Mancozeb	100 g/kg	Papa y tomate
Cipermetrina	250 g/l	Algodón
Glifosato	648 g/l	Arroz, algodón, sorgo, maíz, caña de azúcar, malezas en general, malezas anuales y perennes
Carbendazim	500 g/l	Arroz, banano, fresa, arveja

*Nota:* recuperado de las bases de datos del Instituto Colombiano Agropecuario (Chavez, 2015).

En Colombia estudios descriptivos en la microcuenca Chorro Hondo del municipio de Marinilla, realizados con muestras de agua, suelo y aire, debido a la presencia de Mancozeb y Clorotalonil, determinaron que el Clorotalonil presenta efectos sobre la salud del ser humano, y el Mancozeb debido a los malos hábitos de manejo de los agroquímicos tuvo cancelación de ventas (Nives Avila , 2016). Sumado a esto, los autores determinaron que los plaguicidas más utilizados en la zona de estudio con una frecuencia de uso de ocho fue el clorotalonil, para una frecuencia de seis el fentoato (toxicidad media), carbufuran (toxicidad Extremo) y la carbendazina (toxicidad media) , finalmente el de Mancozeb (toxicidad media) con un uso de cinco (Nives Avila , 2016).

A raíz del uso indiscriminado y mal manejo de residuos generados de los plaguicidas y la falta de conocimiento respecto a los efectos que estos conllevan, instituciones como el ICA, Ministerio de Agricultura y la comisión Andina gestionaron la creación de la Resolución No 03759, decisión

804, Resolución No 2075 y Resolución No 003497 las cuales establecen límites mínimos permisibles y las buenas prácticas agrícolas respecto al uso de plaguicidas.

Es necesario que en Colombia se realicen estudios de toxicología ambiental para calidad del suelo incluyendo variables de persistencia de los plaguicidas sobre este, inhibición del crecimiento en las lombrices y diversidad de bioindicadores, puesto que se han evidenciado estudios de toxicidad aguda de plaguicidas como el Glifosato, Mancozeb, Carbendazim, entre otros, sobre las afectaciones a la salud humana.

#### 4. Conclusiones

Los plaguicidas se disipan dependiendo de la calidad del suelo y las propiedades fisicoquímicas del mismo, como lo son el pH, la humedad, cantidad MO, tipo de suelo, entre otros. Estos factores van ligados a la *E. foetida* ya que se caracteriza por ser una de las poblaciones bioindicadores de la calidad del suelo gracias a su adaptabilidad, de modo que es importante llevar a cabo los bioensayos o pruebas toxicológicas ambientales que demuestren por medio de un bioindicador el daño que estos químicos ocasionan a la biota del suelo. Los bioensayos en lombrices se clasifican en pruebas, por contacto, donde el organismo absorbe el contaminante a través de la piel y en suelo artificial o contaminado, diferenciados por el tiempo de ensayo de investigación 48 horas y 14 días respectivamente.

La revisión bibliográfica dio como resultado que los insecticidas presentan mayor grado de toxicidad en comparación de otros plaguicidas, por ejemplo, el Terbutryn. Sin embargo, es importante que se incentiven este tipo de investigaciones respecto a los efectos toxicológicos que conlleva la aplicación de plaguicidas al suelo, debido que a pequeña escala estos químicos afectan la microfauna e indirectamente a la cadena alimenticia.

La contaminación del suelo por plaguicidas se debe en su mayoría a los malos hábitos en el momento de aplicarlos, como lo son el lavado de contenedores, aplicación directa sobre el cultivo, inadecuado almacenamiento, lavado de residuos por medio de escorrentía entre otros factores naturales como la lixiviación, la infiltración o cadenas alimentarias. Para evitar todo tipo de contaminación y afectaciones al medio ambiente es recomendable buscar otras alternativas, por ejemplo, la implementación de un sistema de producción agroecológica sustentable ecológica o control biológico a través de la lucha insecto contra insecto.

En Colombia, el uso indiscriminado de plaguicidas ha aumentado debido a la intensificación de la agricultura, por lo tanto, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) realizó la implementación del decreto No. 03759 definiendo los parámetros básicos de las buenas prácticas de manejo de plaguicidas y los parámetros mínimos permisibles.

## **5. Recomendaciones**

Para estudios más complejos y eficientes se debería implementar la evaluación de la toxicidad de los plaguicidas sobre la calidad del suelo por medio de otros bioindicadores nativos a la zona de estudio, y así obtener resultados más acordes a la realidad.

Implementar investigaciones que conlleven la realización de otras metodologías para determinar la toxicología de los plaguicidas sobre el suelo y otros componentes como el agua y aire, con el fin de obtener resultados precisos. De igual manera estudiar detalladamente los otros factores presentes en los estudios como la materia orgánica, carbono orgánico, entre otros, y así determinar una relación con la mortalidad de los organismos.

Se recomienda llevar a cabo la aplicación rigurosa de las normativas ambientales sobre el uso de los plaguicidas, con el fin de disminuir la contaminación sobre la biota y el medio ambiente, teniendo en cuenta la concientización a los agricultores sobre de los efectos que conlleva el mal manejo de los plaguicidas.

En países como Colombia el cual lleva a cabo actividades de agricultura intensiva, incentivar el estudio de los efectos adversos al suelo y la afectación a la calidad de este. Además, que sea un trabajo acompañado con comunidades para así brindarles educación ambiental sobre los efectos que conlleva el uso de los plaguicidas.

## 6. Referencias

- Abbirarmy , S., Vinitha , V., Sangeetha , G., & Monisha , M. (2018). Monocrotophos, Its Toxic Effect (dermal) on Eisenia fetida (Savigny). *Toxicology and Environmental Health Sciences*, 330-335.
- Abiramy , S., Vinitha , V., Sangeetha , G., & Monisha , M. (2018). Monocrotophos, its toxic effect (dermal) on Eisenia foetida (Savigny). *Toxicology and Environmental health sciences*, 330-335.
- Alonzo Hernandez , L. D., & Chicas Quintanilla , S. J. (Abril de 2013). Determinación de la concentración letal 50 (CL50) de plaguicidas sintéticos utilizando Eisenia foetida S(Lombriz de tierra roja californiana) en el cultivo de Cucumis sativus L. (Pepino) en el distrito de riego del Valle de Zapottian, La Libertad. San Salvador, El Salvador: Universidad de el Salvador .
- Amezquita, E., Rao, H., Rivera, M., Corrales, I., & Bernal, J. (2013). *Sistemas agropastoriles: un enfoque integrado para el manejo sostenible de oxisoles de los llanos orientales de Colombia*. cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Arroyave, S. M., & Correa Restrepo, j. f. (2009). *Análisis De La Contaminación Del Suelo: Revisión De La Normativa Y Posibilidades De Regulación Económica\**. Medellín: Universidad de Medellín. Recuperado el 09 de 17 de 2019, de <http://www.scielo.org.co/pdf/seec/v12n23/v12n23a2.pdf>
- Bakiheva, M., & Gonzales Sucj, G. (s.f.). *innovaMIDE- ANOVA de un Factor*. Recuperado el 13 de 10 de 2019, de [https://www.uv.es/innomide/spss/SPSS/SPSS\\_0702b.pdf](https://www.uv.es/innomide/spss/SPSS/SPSS_0702b.pdf)
- Buch, A., Brown, G., Niva , C., Sautter , K., & Sousa , J. (2013). Toxicity of three pesticides commonly used in Brazil to *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857) and *Eisenia andrei* (Bouché, 1972). *Applied Soil Ecology*, 69, 32-38.
- Cabrera , G. (2012). La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y Forrajes* , 35(4).
- Camargo , C., Niemeyer , J., Luñes de Oliveira , F., Alexandre , D., Gebler , L., & Klauberg , O. (2019). The fungicide mancozeb affects soil invertebrates in two subtropical Brazilian

- soils. *Chemosphere*, 180-185.
- Cang , T., Dai , D., Yang , G., Yu , Y., Wang , Q., & Wang , Y. (2017). Combined toxicity of imidacloprid and three insecticides to the earthworm, *Eisenia fetida* (Annelida, Oligochaeta). *Environmental Science and Pollution Research*, 8722-8730.
- Cao , J., Li , P., Li , Q., Zheng , P., & Diao , x. (2015). Bioaccumulation and Elimination of the Herbicide Clomazone in the Earthworms *Eisenia fetida*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 95(5), 606-6010.
- Chavez, D. C. (12 de 11 de 2015). *Virtual Pro*. Obtenido de En 20 años Colombia aumentó uso de plaguicidas en un 360 %: [virtualpro.co/noticias/en-20-anos-colombia-aumento-uso-de-plaguicidas-en-un-360-](http://virtualpro.co/noticias/en-20-anos-colombia-aumento-uso-de-plaguicidas-en-un-360-)
- Chen , J., Saleem , M., Wang , Liang , W., & Zhang , Q. (2018). Individual and combined effects of herbicide tribenuron-methyl and fungicide tebuconazole on soil earthworm *Eisenia fetida*. *Scientific Reports*, 8(1).
- Correa, A. (2011). *Manual para el Registro de Plaguicidas en Centroamérica*. FAO. Recuperado el 08 de 09 de 2019, de <http://www.fao.org/3/as399s/as399s.pdf>
- Cubides, O. M. (2009). caracterización de las prácticas agrícolas asociadas con el uso y manejo de plaguicidas en cultivos de papa. caso vereda mata de mora, en el páramo de merchán, saboya, boyacá. Pontifica universidad javeriana, Bogota.
- Cuevas Dias , M. D., Ferrera Cerrato , R., Roldán Martín , A., & Rodriguez Vásquez , R. (2012). Ensayo de toxicidad aguda con la lombriz de tierra *Eisenia andrei*. En *Métodos ecotoxicológicos para la evaluación de suelos contaminados con hidrocarburos* . Mexico: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales .  
Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/573/cap14.pdf>
- Duran , L., & Henriquez , C. (2009). Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos . *Agronomía Costarricense* , 275-281.
- Ellis , S., E. Hodson, M., & Wege , P. (2007). The influence of different artificial soil types on the acute toxicity of carbendazim to the earthworm *Eisenia fetida* in laboratory toxicity tests. *European Journal of Soil Biology*, 43, 239-245.
- EPA, U. S. (2012). *Ecological Effects Test Guidelines OCSPP 850.3100: Earthworm Subchronic Toxicity Test*. Recuperado el 13 de 07 de 2020, de <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P100IREJ.txt?ZyActionD=ZyDocument&Cli>

- ent=EPA&Index=2011%20Thru%202015&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQField
- Espinos, B. T. (2013). Monitoreo De Suelos Contaminados Mediante Pruebas Ecotoxicológicas. *tlatemoani*. Recuperado el 08 de 09 de 2019, de <http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/11/suelos-contaminados-pruebas-ecotoxicologicas.html>
- FAO, & OMS . (2014). Código Internacional de Conducta para la Gestión de Plaguicidas. Recuperado el 9 de 10 de 2019, de <http://www.fao.org/3/a-i3604s.pdf>
- Frampton , G., Jansch, S., & J Sc, J. (2006). Effects of pesticides on soil invertebrates in laboratory studies: a review and analysis using species sensitivity distributions. *Environ Toxicol Chem*, 25(9), 2480-2489. doi:10.1897/05-438r.1
- Giménez, R., Penna, A. D., & Odello, E. (2004). Efectos tóxicos de los insecticidas clorpirifos y teflutrina sobre la lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris* L.). *scielo*, 64(4). Recuperado el 08 de 09 de 2019, de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0365-28072004000400003](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072004000400003)
- Gonzales Vides , G. (2011). *Intoxicacion Por Plaguicidas: Casuística Del Hospital Universitario Del Caribe Y De La Clinica Universitaria San Juan De Dios De Cartagena*. Bogotá : Universidad Nacional de Colombia .
- Guiling Yang, Chen Chen, Yanhua Wang, Qi Peng, Huiyu Zhao, Dongmei Guo, . . . Yongzhong Qian. (Agosto de 2017). Mixture toxicity of four commonly used pesticides at different effect levels to the epigeic earthworm, *Eisenia fetida*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 142, 29-39.
- Gupta , R., Chakravorty, P., & Kaviraj, A. (2011). Susceptibility of epigeic earthworm *Eisenia fetida* to agricultural application of six insecticides. *Chemosphere*, 84(5), 724-726. doi:doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.03.016
- Jing, X., Guojun , Y., onghui Liu, Han Qu, & Qian Zhou. (abril de 2017). Enantioselective toxicity and degradation of chira herbicide fenoxaprop-ethyl in earthworm *Eisenia fetida*. *Ecological Indicators*, 75, 126-131.
- Jeschke, & Nauen. (2008). Neonicotinoids - From zero to hero in insecticide chemistry. 63.
- Kailin Liu, Xiong Pan, Yuling Han, Feifan Tang, & Yunlong Yu. (November de 2012).

- Estimating the toxicity of the weak base carbendazim to the earthworm (*Eisenia fetida*) using in situ pore water concentrations in different soils. *Science of The Total Environment*, 438, 26-32.
- Landrum M, Can as JE, Coimbatore G, Cobb GP, & Jack. (2006). (2006) Effects of perchlorate on earthworm. *Science Total Environment*, 237-244.
- Liang , X., Xu , J., Huang , X., Zheng , Z., Zhang , C., Yang , Y., . . . Zhang , Y. (2020). Systemic stereoselectivity study of bromothalonil: stereoselective bioactivity, toxicity, and degradation in vegetables and soil. *Pest Management Science* , 1823- 1830.
- Madeley, J. (2002). *Paraquat el controvertido herbicida de Syngenta*. Berne Declaration Swedish Society for Nature Conservation . Obtenido de [http://www.mamacoca.org/separata\\_nov\\_2002/Informe\\_paraquat\\_esp1.pdf](http://www.mamacoca.org/separata_nov_2002/Informe_paraquat_esp1.pdf)
- Mendoza , L., Peña , J., & Franco , A. (2001). Efecto del Glifosato y Paraquat sobre el proceso de nitrificación en un suelo del corregimiento del rio frio Magdalena. *Colombiana de Quimica*, 28(1).
- Miglani, R., & Bisht, S. S. (2019). World of earthworms with pesticides and insecticides. *Sciendo*, 71-82.
- Milanovic , J., Milutinovic , T., & Stojanovic , M. (2014). Effects of three pesticides on the earthworm *Eisenia fetida*( Savigny 1826) under laboratory conditions: Assessment of mortality, biomass and growth inhibition. *European journal of soil Biology*, 62, 127-131.
- Muthukaruppan, G., & Janardhanan , S. (2005). Sublethal Toxicity of the Herbicide Butachlor on the Earthworm. *Environmental Sciences*.
- N. Chakra Reddy, & J. Venkateswara Rao. (October de 2008). Biological response of earthworm, *Eisenia foetida* (Savigny) to an organophosphorous pesticide, profenofos. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 71(2), 574-582.
- Nives Avila , M. (2016). Reconocimiento de la problemática del uso de plaguicidas en comunidades agrícolas en la región de Sumapaz. Girardot, Colombia . Obtenido de <http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/1005/Reconocimiento%20de%20la%20Problem%C3%A1tica%20del%20Uso%20de%20Plaguicidas%20en%20Comunidades%20Agr%C3%ADcolas%20de%20la%20Regi%C3%B3n%20del%20Sumapaz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nugraha Ardiwinata, A., Srihayu Harsant, E., Kurnia, A., Sulaeman, E., Fauriah, R., & Wangga

- Paputr, M. ((2019). Contamination of Paraquat Residues in Soil and Water from Several Provinces in Indonesia. *AIP Conference Proceedings*, 2120(1).
- Nunes , M., Daam , M., & Espindola , E. (2016). Survival, morphology and reproduction of *Eisenia andrei* (Annelida, Oligochaeta) as affected by Vertimec® 18 EC (a.i. abamectin) in tests performed under tropical conditions. *Applied Soil Ecology*, 18- 26.
- OECD. (03 de 08 de 2020). *Directrices de prueba de la OCDE para los productos químicos*. Obtenido de <https://www.oecd.org/env/ehs/testing/oecdguidelinesforthetestingofchemicals.htm>
- Ortega, G. (diciembre de 2009). *Agroecología vs. Agricultura Convencional*. Recuperado el 01 de 09 de 2019, de <http://www.baseis.org.py/wp-content/uploads/2014/03/1395155082.pdf>
- Paola Grenni, Sonia Rodríguez, Eliseo Herrera, & Martín Benito. (2012). Efectos de las enmiendas de la madera en la degradación de la terbutilazina y en la actividad comunitaria microbiana del suelo en un suelo arcilloso. *Springer Science*.
- Pelosi, C., Barot , S., Capowiez, Y., Hedde , M., & Vandebulcke, F. (2014). Pesticides and earthworms. *Agronomy for Sustainable Development, Springer Verlag*, 34(1), 199-228.
- Pereira , P., Soares , L., Junior , S., Saggiaro , E., & Coreia , F. (2019). Sub-lethal effects of the pesticide imazalil on the earthworm *Eisenia andrei*: reproduction, cytotoxicity, and oxidative stress. *Environmental Science and Pollution Research*.
- Ponsakar , A., Saharayaj, K., Senthil-Nathan, S., Vasantha-Srinivasan, P., Karthi, S., Thanigaivel,, A., . . . Hunter , w. (2020). Toxicity and developmental effect of cucurbitacin E from *Citrullus colocynthis* L. (Cucurbitales: Cucurbitaceae) against *Spodoptera litura* Fab. and a non-target earthworm *Eisenia fetida* Savigny. *Environmental Science and Pollution Research*, 23390-23401.
- Rico , A., Sabater , C., & Castillo , M. A. (2016). Lethal and sub-lethal effects of five pesticides used in rice farming on the earthworm *Eisenia fetida*. *Ecotoxicology and environmental safety*, 222-229.
- Roberto , C., Neira C, M., & Silvestre R, L. (2015). *los insecticidas neonicotinoides y los apoideos: una situacion que merece una preocupacion especial*. Chile: Universidad Austral de Chile.
- Roda, J. j. (2017). *Contaminación de los suelos agrícolas provocados por el uso de agroquímicos*. Ecuador: Universidad Politecnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14712/1/UPS-CT007228.pdf>

- Rodriguez Eugenio , N., McLaughlin, M., & Pennock, D. (2019). La contaminación del suelo: Una realidad oculta. *Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura* .
- Ruyterkade. (2015). *Lista de plaguicidas prohibidos y en vigilancia* . Obtenido de <https://www.utz.org>
- Sánchez Upegui, A. A. (2011). *Manual de redacción académica e investigativa: cómo escribir, evaluar y publicar artículos*. Obtenido de: <https://www.urosario.edu.co/Escuela-de-Administracion/Estudiantes/Documentos/Articulos-de-revision.pdf>
- Santric, L., Radivojević, L., Gajić Umiljendić, J., Sarić-Krsmanović, M., & Đurović- Pejčev, R. (2016). *Effects of herbicides on growth and number of actinomycetes in soil and in vitro*. Serbia: Institute of Pesticides and Environmental Protection.
- Scopus . (07 de 29 de 2020). Obtenido de <https://www-scopus-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/term/analyzer.uri?sid=16b7bcb6289acf6ac0e47de7bd79ddc0&origin=resultslist&src=s&sort=plf-f&sdt=cl&sot=b&sessionSearchId=16b7bcb6289acf6ac0e47de7bd79ddc0&count=154&analyzeResults=Analyze+results&cl>
- Sundar , S., & Mohan , H. (2019). Una evaluación sistémica de los impactos ambientales y las estrategias de remediación para los herbicidas de cloroacetanilida. *Revista de ingeniería de procesos de agua*, 31.
- Vasanth, P., Senthil-Nathan, S., Ponsankar, A., Thanigaivel, A., Chellappandian, M., Edwin, E., . . . Al – Dhab, N. (2018). Acute toxicity of chemical pesticides and plant-derived essential oil on the behavior and development of earthworms, *Eudrilus eugeniae* (Kinberg) and *Eisenia fetida* (Savigny). *Environmental Science and Pollution Research*, 10371-10382.
- Vasquez Villegas , P., Meza Gordillo , R., Gutierrez Micell , F., Ruiz Valdiviezo, V., Villalobos Maldonado , J., Montes Molina , J., & Fernandez Toledo , A. (2018). Determinación de CL50 y CE50 de endosulfan lactona y diazinon en lombriz de tierra (*Eisenia foetida*). *Agroproductividad* , 105-111.
- Wang , X., Zhu , X., Peng , Q., Wang , Y., Ge , J., Yang , G., . . . Shen , W. (2019). Multi- level ecotoxicological effects of imidacloprid on earthworm (*Eisenia fetida*). *Chemosphere*, 923-932.
- Weeks, J. M., & Gestel, V. (2004). Recommendations of the 3rd international workshop on

- earthworm ecotoxicology. *Ecotoxicology and environmental safety*, 57(1), 100-105.
- Xu, J., Yao, G., onghui, L., Han, Q., & Qian, Z. (s.f.).
- Y. Wang, Cang , X. Zhao, R. Yu , & Chen C. (2012). Comparative acute toxicity of twenty-four insecticides to earthworm, *Eisenia fetida*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 79, 122-128.
- Yanhua , W., Shenggan , W., Liping , C., Changxing , W., Ruixian , Y., Qiang , W., & Xueping, Z. (2012). Toxicity assessment of 45 pesticides to the epigeic earthworm *Eisenia fetida*. *Chemosphere*, 88, 484-491.
- Zazharia , J. T. (21 de October de 2011). *Identity, Physical and Chemical Properties of Pesticides*. Tanzania: University of Dar es Salaam, Dar es Salaam University College of Education .

## Anexo

Base de datos de estudios recopilados para revisión bibliográfica

Tipo de plaguicida	Nombre del plaguicida	Lugar de prueba	Tiempo de exposición	Parámetros estudiados	Principales resultados	Referencia
Plaguicidas	atrazina, carbendazim, clorpirifos, compuestos de cobre, diazinón, dimetoato, gamma-hexaclorociclohexano, lambda-cihalotrina, paratión, pentaclorofenol y propoxur	Laboratorio	14- 28 días	Crecimiento de lombrices. Mortalidad aguda.	los artrópodos y oligoquetos exhiben diferencias pronunciadas en su sensibilidad a la mayoría de estos pesticidas. Siendo <i>Eisenia foetida</i> especie muy sensible al herbicida atrazina en función de la mortalidad aguda.	(Frampton, Jansch, & J Sc, 2006)
Fungicida	Carbendazim	Laboratorio	7-14 días	Propiedades del suelo (pH, materia orgánica, arcilla, humedad). Mortalidad, crecimiento y cambios físicos en la lombriz.	El tipo de arcilla influye en la toxicidad de la carbendazim para <i>E. foetida</i> . El contenido de MO representó el 85% de la variación en la adsorción de carbendazim en diferentes suelos.	(Ellis, E. Hodson, & Wege, 2007)
Insecticida	Carbamato, carbaryl, endosulfan, piretroide cypermethrin, clorpirifos, monocrotofos	Laboratorio	96 horas (3 veces)	Mortalidad de las lombrices.	El insecticida organoclorado endosulfan y los insecticidas carbamatos aldicarb y carbarilo fueron encontrados ecológicamente más peligrosos porque los valores de CL50 de estos insecticidas fueron más bajos que la RAD.	(Gupta, Chakravorty, & Kaviraj, 2011)
Plaguicidas	-----	Campo y laboratorio	7-14 horas	Mortalidad, crecimiento de la lombriz. Comportamiento de diferentes dosis a diferentes plaguicidas.	La clotianidina y la picoxistrobina mostraron la mayor toxicidad intrínseca contra <i>E. foetida</i> probados en dos sistemas de prueba diferentes.	(Yanhua et al., 2012)

Plaguicidas	carbendazim, carbofurano y glifosato	Laboratorio	14-28 días	Peso de organismos vivos Mortalidad. pH, temperatura del suelo.	El carbofurano y el carbendazim tuvieron efectos tóxicos sobre <i>Pontosclex corethrurus</i> y <i>Eisenia andrei</i> . El glifosato no mostró efectos tóxicos en ambas especies.	(Buch, Brown, Niva, Sautter, & Sousa, 2013)
Insecticida	Endosulfan y Thiachloprid	Campo y laboratorio	7-14 días	Parámetros fisicoquímicos del suelo (pH, humedad, temperatura y MO). Mortalidad de organismos. Peso de organismos vivos.	la presencia de plaguicidas sintéticos afecta la actividad biológica de las lombrices de cuerdo al porcentaje de MO. El plaguicida sintético más tóxico para la lombriz californiana <i>Eisenia foetida</i> es el Thiachloprid + Beta-cyflutrina.	(Alonso Hernández & Chicas Quintanilla, 2013)
Insecticida, herbicida y limacida	fenitrotion, terbuthilazina, metaldehído	Laboratorio	14-28 días	Mortalidad. biomasa e inhibición del crecimiento.	El herbicida y el insecticida se vieron afectados significativamente por la inhibición del crecimiento y el peso. Limacida no afectó la mortalidad, el peso ni la inhibición del crecimiento	(Milanovic, Milutinovic, & Stojanovic, 2014)
Herbicida	Clomazone	Laboratorio	7-14 días	Toxicidad aguda (Mortalidad y peso organismos). Bioacumulación y eliminación del herbicida Clomazone.	la absorción de Clomazone está altamente correlacionada con las concentraciones de exposición.	(Cao, Li, Li, Zheng, & Diao, 2015)
Insecticida	Vertimec	Campo y laboratorio	7-14 días	Mortalidad y crecimiento. Cambios morfológicos en la lombriz.	Los organismos expuestos al plaguicida sufrieron cambios en su comportamiento y pérdida de peso, además a ello tenían varios en los pigmentos posterior y anterior.	(Nunes, Dan, & Espindola, 2016)
Insecticida	triclorfón, dimetoato, carbendazim, tebuconazol y procloraz	Campo y laboratorio	14-28 días	Mortalidad, la pérdida de peso y el comportamiento de evitación de <i>E. foetida</i> .	Los insecticidas organofosforados probados afectaron la epidermis y dieron como resultado un daño grave de las capas musculares circular y longitudinal	(Rico, Sabater, & Castillo, 2016)

					de la lombriz.	
Insecticidas	foxim, clorpirifos y lambda-cihalotrin	Laboratorio	48 horas 7-14 días	Mortalidad, crecimiento y peso de los organismos. Sinergia de los insecticidas.	El imidacloprid tenía la mayor toxicidad intrínseca para los gusanos en la prueba de contacto con papel de filtro seguido por lambda - cyhalothrin. La presencia simultánea de varios insecticidas en el ambiente del suelo podría conducir a una mayor toxicidad	(Cang et al., 2017)
Insecticida	Endosulfan, diazinón	Laboratorio	14-28 días	Inhibición de crecimiento. Mortalidad. Cambios fisiológicos en la lombriz	El endosulfan lactona es más tóxico que el diazinón, tanto por PPF como por PSA ya que a menores concentraciones genera toxicidad aguda en <i>Eisenia foetida</i> . En los efectos de los plaguicidas en la lombriz los cambios fisiológicos fueron hinchazón en la parte superior e inferior y sangrado.	(Vásquez Villegas et al., 2018)
Insecticida	Monocrotofos	Laboratorio	96 horas (3 veces)	Mortalidad y crecimiento. De la lombriz. Características morfológicas.	El monocrotofos se clasificó como "súper tóxico" para las lombrices de tierra. Los estudios mostraron fuertes daños en los tejidos de las lombrices de tierra como epidermis, epitelio peritoneal, células de cloragogen, músculos longitudinales.	(Abbirarmy, Vinitha, Sangeetha, & Monisha, 2018)

Larvicida y plaguicida	Temefos y monocrotofos	Laboratorio	7-14 días	Inhibición de crecimiento. Mortalidad, Peso	La tasa de mortalidad fue más prominente en Temefos a una concentración de 100 µg tanto para las lombrices de tierra en la PPF como para la concentración de 10 mg en la PSA.	(Vasantha et al., 2018)
Fungicida	Mancozeb	Laboratorio	7-14 días	Mortalidad, crecimiento, reproducción de los organismos.	Mancozeb afectó la reproducción y supervivencia de los invertebrados del suelo, siendo <i>F. cándida</i> y <i>E. crypticus</i> más sensibles que <i>E. andrei</i>	(Camargo et al., 2019)
Herbicida y fungicida	tribenuron-metil y tebuconazol	Laboratorio	14-28 días	Actividad enzimática, la peroxidación de lípidos y el daño del ADN en una lombriz de tierra ( <i>Eisenia foetida</i> )	El tebuconazol fue altamente tóxico para las lombrices de tierra en la prueba del papel de filtro de contacto a las 48 horas. La aplicación simple o combinada de pesticidas indujo estrés oxidativo e inhibió la actividad de la celulasa en los primeros días de la exposición a las lombrices de tierra.	(Chen , Saleem , Wang , Liang , & Zhang , 2018)
Fungicida	Imazali	Laboratorio	7-14 días	Pérdida o ganancia de biomasa, la reproducción, el comportamiento, los efectos sobre las células del sistema inmunológico y el estrés oxidativo.	El amazali puede comprometer la salud de las lombrices de tierra y provocar la muerte, ya que los individuos de <i>E. andrei</i> no evitaron el suelo contaminado, contribuyendo así a períodos de exposición más prolongados y el consiguiente daño acumulativo a sus sistemas.	(Pereira, Soares, Junior, Saggiaro, & Coreia, 2019)
Insecticida	Imidacloprid	Laboratorio	7-14 días	Supervivencia, comportamiento de evitación, reproducción, actividad enzimática de desintoxicación y expresión génica.	Imidacloprid inhibe la reproducción de lombrices de tierra que se correlaciona con la tasa de crecimiento. La antocina y la calreticulina pueden servir como posibles marcadores genéticos de las lombrices de	(Wang et al., 2019)

					tierra.	
Insecticidas	-----	Campo y laboratorio	14-28 días	Pérdida o ganancia de biomasa, la reproducción, el comportamiento de la lombriz.	Lombrices de tierra son altamente susceptibles a los insecticidas que causan inmovilidad, rigidez y también muestran un efecto significativo en la reducción, el crecimiento y la reproducción de la biomasa	(Miglani & Bisht, 2020)
Funguicida	Bromotalonil	Laboratorio	7-14 días	Crecimiento de lombrices. Mortalidad aguda.	El Bromotalonil es un pesticida biocida de amplio espectro, fácilmente degradable pero muy tóxico	(Liang et al., 2020)
Insecticida	Curcubitacina	Laboratorio	7-14 días	Mortalidad, crecimiento, reproducción de los organismos.	Curcubitacina E de <i>C. colocynthis</i> ofrece una fuerte respuesta de toxicidad contra <i>S. litura</i> y también altera el comportamiento de desarrollo en la concentración subletal.	(Ponsakar et al., 2020)

*Nota:* documentos para revisión bibliográfica. PPF: prueba en papel filtro, PSA: prueba en sustrato artificial, RAD: dosis agrícola recomendada (Vásquez Villegas et al., 2018). pH: potencial de Hidrogeno.