



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL DE LA MEZCLA DE ALFA-
CIPERMETRINA E IMIDACLOPRID SOBRE LA LOMBRIZ DE TIERRA
(*Eisenia fetida*)”**

Tesis para optar al Título Profesional de:
Ingeniero Ambiental

Bach. ELSA MARÍA ARRÁZOLA VÁSQUEZ

Lima, Perú

2016

ÍNDICE

RESUMEN	5
I. INTRODUCCIÓN	6
II. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES	8
2.1 Suelos	8
2.1.1 Componentes de los suelos	8
2.1.1.1 Inorgánicos	8
2.1.1.2 Orgánicos	9
2.1.2 Importancia de los suelos	10
2.2 Lombrices.....	11
2.3 Eisenia fetida.....	13
2.3.1 Anatomía Externa	13
2.3.2 Anatomía sistemática de las lombrices.....	13
2.3.2.1 Pared del cuerpo y celoma	13
2.3.2.2 Sistema digestivo y nutrición	14
2.3.2.3 Sistema excretor.....	16
2.3.2.4 Sistema nervioso	17
2.3.2.5 Órganos sensoriales.....	18
2.3.2.6 Sistema reproductivo y desarrollo.....	18
2.4 Plaguicidas.....	21
2.4.1 Alfa-cipermetrina.....	22
2.4.1.1 Formulaciones de alfa-cipermetrina.....	23
2.4.1.2 Propiedades físico-químicas.....	24
2.4.1.3 Propiedades toxicológicas	25
2.4.1.4 Metabolismo de la alfa-cipermetrina	26
2.4.1.5 Comportamiento ambiental.....	28
2.4.2 Imidacloprid	29
2.4.2.1 Formulaciones de Imidacloprid.....	30
2.4.2.2 Propiedades físico-químicas.....	31
2.4.2.4 Metabolismo del imidacloprid	33
2.4.2.5 Comportamiento ambiental.....	35
2.5 Mezclas de plaguicidas	37
2.6 Pruebas de Evasión	40
2.7 Evaluación del riesgo	41

2.7.1	Descripción del concepto y enfoques	41
2.7.2	Procedimiento general de la ERA.....	42
2.7.3	Tipos y pruebas de ERA.....	43
2.7.3.1	Caracterización del Riesgo.....	44
2.7.4	Estudios de ERA en el Perú	45
2.7.5	Legislación y normativa: Plaguicidas	47
2.7.5.1	Normativa Internacional.....	47
2.7.5.2	Normativa en el Perú	48
2.7.6	Problemática de los plaguicidas	49
III.	HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	53
3.1	Hipótesis	53
3.2	Objetivos	53
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	54
4.1	Preparación del sustrato artificial	54
4.2	Selección de lombrices	54
4.3	Plaguicidas.....	54
4.4	Bioensayos.....	55
4.4.1	Alfa-cipermetrina.....	55
4.4.2	Imidacloprid	56
4.4.3	Mezclas	56
4.5	Ensayos de evasión	57
4.6	Análisis de datos	58
V.	RESULTADOS.....	60
5.1	Pruebas de toxicidad aguda.....	60
5.2	Prueba de evasión de lombrices	61
5.3	Otros puntos finales	62
5.4	Evaluación del riesgo y toxicidad	64
VI.	DISCUSIÓN.....	66
6.1	Ensayos individuales: toxicidad aguda y otros puntos finales	66
6.2	Evaluación del riesgo	70
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
7.1	Conclusiones.....	74
7.2	Recomendaciones	74
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
IX.	ANEXOS	90

9.1	Fotografías del procedimiento experimental	90
9.2	Gráficos de los Resultados	91
9.3	Plaguicidas registrados en SENASA.....	94
9.4	Hoja de Seguridad Fastac®	95
9.5	Hoja de Seguridad Lancer®.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Vista transversal de la parte interna del cuerpo de la lombriz	14
Figura 2.	Morfología interna general de la familia <i>Lumbricidae</i>	15
Figura 3.	Sistema nervioso de <i>Lumbricus</i> (familia <i>Lumbricidae</i>)	17
Figura 4.	Segmentos reproductores de la lombriz de tierra <i>Lumbricus</i>)	19
Figura 5.	Ubicación de los poros y órganos involucrados en la cópula de las lombrices.....	20
Figura 6.	Estructura molecular alfa-cipermetrina.....	25
Figura 7.	Ruta metabólica de la alfa-cipermetrina propuesta para el trigo	28
Figura 8.	Estructura molecular imidacloprid	31
Figura 9.	Ruta metabólica del imidacloprid propuesta para plantas	35
Figura 10.	Ruta de degradación del imidacloprid en el suelo	36
Figura 11.	Ruta de degradación del imidacloprid en ecosistemas con modelos acuáticos	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Propiedades físico-químicas de la alfa-cipermetrina	24
Tabla 2.	Toxicidad de la alfa-cipermetrina en diferentes especies no destinatarias	26
Tabla 3.	Propiedades físico-químicas del imidacloprid.....	31
Tabla 4.	Toxicidad del imidacloprid en diferentes especies no destinatarias ...	32
Tabla 5.	Porcentaje de mortalidad de los plaguicidas	60
Tabla 6.	Parámetros toxicológicos (CL ₅₀ , límites superiores e inferiores, NOEC, LOEC) para los ensayos individuales	61
Tabla 7.	Resultados prueba de evasión	61
Tabla 8.	Variación de pesos húmedos y secos en los ensayos individuales y mezcla.....	63
Tabla 9.	Valores de PEC y TER	64
Tabla 10.	Valores de unidades tóxicas (UT).....	65

RESUMEN

En el presente estudio, se ha evaluado el riesgo ambiental (ERA) de los ingredientes activos imidacloprid y alfa-cipermetrina, individualmente y en mezcla, sobre organismos de *E. fetida*. Los valores de CL_{50} para imidacloprid y alfa-cipermetrina de forma individual fueron de $2,34 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y $341,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ respectivamente, siendo el imidacloprid el que mayor toxicidad presentó de ambos. Se identificó una reducción en el peso seco y húmedo, en los organismos de *E. fetida*, para ambos plaguicidas. La mezcla no presentó una relación significativa dosis-respuesta en la CL_{50} , sin embargo al usar los valores de NOEC y LOEC, correspondientes al peso húmedo y seco, sí se presentó una relación significativa. El análisis de unidades tóxicas (UT) estableció un comportamiento antagónico. La prueba de evasión arrojó una relación con la presencia de tóxico en la mezcla, no obstante no ocurrió lo mismo en los ensayos individuales. En general, la alfa-cipermetrina no representa un riesgo significativo a nivel agudo, a diferencia del imidacloprid. Sin embargo, se podrían presentar efectos crónicos en los organismos (afectación del crecimiento) y habría la posibilidad de un riesgo al ambiente por la migración de éstos ante la presencia de los tóxicos.

ABSTRACT

The present study does an analysis of the acute toxicity and environmental risk assessment of both pesticides individually and in a mixture, in *E. fetida* organisms. Imidacloprid and alpha-cypermethrin had a CL_{50} value of $2,34 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ and $341,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ respectively, imidacloprid having the highest toxicity of both. Also, a reduction in the humid and dry weight, in *E. fetida* was identified for both pesticides. The mixture didn't have a significant dose-response relationship in LC_{50} , but the endpoints of dry and humid weight, did have that relationship. The analysis of toxic units (TU) obtained an antagonistic combined action. In general, alpha-cypermethrin don't represent a significant environmental risk using the acute toxicity test, as imidacloprid. However it could have chronic effects in the organisms (growth reduction) and may cause an environmental risk due to migration of the earthworms in presence of toxics.

I. INTRODUCCIÓN

La evaluación de riesgo ambiental (ERA) es una herramienta que provee información para el manejo de riesgos. Ésta es usada comúnmente en la toma de decisiones relacionada a temas ambientales debido a que proporciona de una base para clasificar, comparar y priorizar los riesgos, estos resultados pueden ser usados en el análisis de costo-beneficio y costo-efectividad; a través de un proceso iterativo, nueva información puede ser incorporada dentro de la valoración del riesgo y esto permite mejorar la toma de decisiones (EPA 1998).

Esta herramienta es útil para determinar los riesgos que se pueden generar por el uso de agroquímicos. En la actualidad están aumentando las investigaciones ecotoxicológicas enfocadas en realizar ERA para mezclas de plaguicidas en el ambiente terrestre. Los estudios ecotoxicológicos de mezclas proporcionan una visión mucha más cercana al campo, dado que la situación real implica la combinación de diferentes plaguicidas para controlar y/o mejorar las condiciones agrícolas (Zhou et al. 2011). Por lo general, estos estudios contemplan todo tipo de plaguicidas desde organofosforados hasta neonicotinoides.

Los piretroides son los principales insecticidas neurotóxicos que existen, actúan sobre un amplio rango de plagas y son usados comúnmente en agricultura, salud pública e industria; además son una alternativa a los insecticidas organofosforados debido a su menor toxicidad en mamíferos y costo-efectividad (Davies et al. 2007, Domingues et al. 2007, Meeker et al. 2008, Lao et al. 2012). Uno de los piretroides usado en el sector agrícola es la alfa-cipermetrina, un insecticida y acaricida para el control de plagas en cultivos como cereales, arroz, algodón, maíz, soya, tomates, entre otros (Cosmin et al. 2013).

El imidacloprid es un insecticida neonicotinoide de aplicación en el suelo o la planta que es usado en una gran variedad de cultivos y tiene tasas de disipación variables en el suelo que depende de la degradación de

metabolitos y mineralización (Anhalt et al. 2007, Cox et al. 2014, Farouk et al. 2014). Este insecticida tiene una gran actividad en pequeñas cantidades, incluyendo especies de coleópteros, dípteros y lepidópteros; además es efectivo en insectos que son resistentes a carbamatos, organofosforados y piretroides (Oliveira et al. 2000). Algunos estudios han indicado que el imidacloprid puede persistir en el suelo dependiendo del tipo de suelo, pH, fertilizantes orgánicos y la presencia/ausencia de cobertura vegetal (Sharma y Singh 2014).

Dentro de organismos usados como indicadores de contaminación encontramos a las lombrices de tierra, como la *Eisenia fetida* (Annelida). Éstos son organismos importantes para la formación de suelos y la descomposición de materia orgánica, y han sido considerados indicadores aptos de contaminación debido a su interacción con el suelo, además las lombrices se exponen a contaminantes por diferentes vías (Lionetto et al. 2012). La primera es a través de la piel, dado que ésta es extremadamente permeable y estando en continuo contacto con los poros y el agua que hay en el suelo, hacen que esta sea la principal ruta de exposición a contaminantes. Otra de las razones, es el procesamiento del suelo que realizan las lombrices, a través de su sistema digestivo, al descomponer la materia orgánica y los agregados del suelo (Lionetto et al. 2012).

La presente investigación analizó los efectos del imidacloprid y la alfa-cipermetrina, insecticidas usados comúnmente en una amplia gama de cultivos. Este análisis se realizó a través de bioensayos, usando a la lombriz de tierra como organismo indicador de contaminación. Se evaluaron puntos finales letales y subletales, y posteriormente se realizó una Evaluación del Riesgo Ambiental de ambos químicos en estudio.

II. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

2.1 Suelos

El suelo es un sistema abierto, dinámico, constituido por tres fases, el cual se forma naturalmente por la acción de procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en el tiempo; es un ecosistema vivo y dinámico, compuesto por elementos minerales y orgánicos en estados sólidos, líquidos y gaseosos; un recurso no renovable y cada día más escaso (Richter y Markewitz 1995, Lewandowski y Zumwinkle 1999, Doran y Zeiss 2000, Gardi et al. 2014).

La fase sólida del suelo, está formada por componentes orgánicos e inorgánicos, que dejan espacios de huecos (poros, cámaras, etc) en donde están las fases líquida y gaseosa. Dentro de los poros se encuentra parcialmente agua, el cual es el componente principal de la fase líquida. El agua presente se denomina la solución suelo, la cual lleva iones y sustancias en solución o suspensión. La otra fase constituida por el aire, que también se encuentra en los poros, es la que le da la atmósfera al suelo y provee de oxígeno a las raíces de las plantas y los microorganismos del suelo (Angers y Caron 1998, Porta et al. 2003).

2.1.1 Componentes de los suelos

2.1.1.1 Inorgánicos

Los componentes inorgánicos del suelo son los minerales presentes en este, éstos varían de acuerdo a las condiciones de medio y el material parental. Por lo general los suelos tienen minerales diferentes, los más abundantes son los tipos silicatados como la mica o el cuarzo (Lewandowski y Zumwinkle 1999, Porta et al. 2003).

A parte de los minerales silicatos, también se tienen minerales arcillosos de gran importancia por tener tamaño pequeño,

carga negativa en su superficie y tener una estructura laminar. Su importancia radica en la alta capacidad de absorción o adsorción de cationes, y ejercer una gran influencia sobre las propiedades químicas y físicas de los suelos (Lewandowski y Zumwinkle 1999, Porta et al. 2003).

2.1.1.2 Orgánicos

Los componentes orgánicos del suelo no se encuentran al momento de su formación, debido a que no están presentes en el material parental. La fuente de estos componentes es la materia orgánica proveniente de plantas, microorganismos y animales (Porta et al. 2003).

La materia orgánica presente en los suelos se compone de: la materia orgánica fresca y el humus. La materia orgánica fresca (no humificada) es la materia prima para la formación de sustancias húmicas, y está integrada por la biomasa vegetal y microbiana. Por su parte, el humus es el producto resultante de la transformación de materiales primarios, generados por plantas y microorganismos, que han perdido sus características químicas; el humus constituye entre un 60 a un 80% de la materia orgánica del suelo (Porta et al. 2003, Montanarella y Pangos 2015).

Las funciones de la materia orgánica en el suelo, se ven afectadas de forma directa por la cantidad y la calidad de la materia orgánica, por ende ésta es un constituyente e indicador de la calidad del suelo (Karlen et al. 1997, Lewandowski y Zumwinkle 1999, Porta et al. 2003). También se sabe que este constituyente incide sobre las propiedades físicas, químicas, biológicas e interacciones, las cuales son:

- Propiedades físicas: estructuración, porosidad y aireación, movimiento de agua en el suelo, capacidad de retención de agua disponible para las plantas, medio en el cual se encuentran las raíces de las plantas (Lewandowski y Zumwinkle 1999, Dörner et al. 2010).
- Propiedades químicas: procesos de intercambio iónico, capacidad tampón frente a cambios de pH, estabilización de nutrientes en forma orgánica, formación de complejos organominerales, regulación de movilidad y biodisponibilidad de productos tóxicos (Lewandowski y Zumwinkle 1999, Franzluebbers 2002, Porta et al. 2003).
- Propiedades biológicas: interviene en la formación de suelo, fuente de macronutrientes y micronutrientes, constituye una reserva de energía metabólica, y contribuye a la resiliencia de los ecosistemas (Angers y Caron 1998, Lewandowski y Zumwinkle 1999).
- Interacciones: condiciona el funcionamiento biogeoquímico, aumenta y permite definir la calidad de un suelo, mejora la capacidad de los suelos para soportar la producción de alimentos y biomasa (Lewandowski y Zumwinkle 1999, Dörner et al. 2010).

2.1.2 Importancia de los suelos

El suelo es considerado como la unidad central de procesamiento del ambiente del planeta (Richter y Markewitz 1995). Tiene múltiples funciones las cuales pueden ser divididas en cuatro tipos de servicios ecosistémicos: soporte, aprovisionamiento, regulación y cultural, los cuales han sido establecidos por el Millenium Ecosystem Assessment (MEA). Primero, encontramos que este sistema da soporte, dado que es fuente de materias primas, por ejemplo, en este se encuentran los yacimientos de minerales o de hidrocarburos de importancia económica, como el cobre, oro, carbón, petróleo, entre otros. También, provee de

alimentos y fibra, dado que es el medio en donde se desarrollan los cultivos y crecen las especies forestales. Además, es muy importante para los procesos de regulación del clima, juega un papel clave en la regulación y purificación del agua, como también en los procesos biogeoquímicos, como el ciclo del carbono o nitrógeno. Por último, se ha encontrado su importancia para modificar y mitigar los riesgos y efectos del cambio climático, se ha establecido que el suelo tiene la capacidad de capturar el dióxido de carbono, un gas de efecto invernadero (Reeves 1997, Lewandowski and Zumwinkle 1999, Doren y Zeiss 2000, Gardi et al. 2014, Montanarella y Pangos 2015).

2.2 Lombrices

Las lombrices son organismos importantes en los ecosistemas terrestres, mantienen la estructura de los suelos, ayudan en la aireación y también hacen parte de los procesos que allí se desarrollan como la degradación de materia orgánica y el ciclo de los nutrientes (Dureja et al. 1999, Arnold et al. 2003, Sizmur y Hodson 2009, Menzes-Oliveira et al. 2011, Castellanos-Navarrete et al. 2012).

Debido a su compleja relación con el suelo, las lombrices han sido consideradas como indicadores del impacto en el uso del suelo y su fertilidad, también se han dado uso en modelos de toxicidad para determinar la contaminación ambiental, siendo *E. fetida* comúnmente usada (Lionetto et al. 2012, Leveque et al. 2013).

Las lombrices son organismos mucho más sensibles a la contaminación que otros invertebrados (Spurgeon y Hopkin 1996). Generalmente, han sido usados en estudios con metales, en los cuales se ha verificado su alta sensibilidad y su tendencia a acumular altas concentraciones (Spurgeon y Hopkin 1996, Helling et al. 2000, Sizmur y Hodson 2003, Arlond et al. 2003). Asimismo, han demostrado ser indicadores biológicos que permiten determinar adecuadamente la toxicidad y los posibles

riesgos de los contaminantes en el suelo (Spurgeon et al. 1994, Spurgeon y Hopkin 1996, Lukkari et al. 2005, Leveque et al. 2013).

Los plaguicidas usados en los cultivos para el control de plagas pueden ocasionar un riesgo ecotoxicológico para los organismos no objetivos como las lombrices (Laird et al. 1981, Schreck et al. 2008, Pelosi et al. 2014); de acuerdo a estudios realizados a 400 pesticidas, se ha determinado que éstos son compuestos tóxicos para las lombrices, en un rango moderado a alto (Pelosi et al. 2014).

Dentro de los efectos que se pueden evidenciar en estos organismos se tiene: reducción de la población, enrollamiento del cuerpo, contracción longitudinal de los músculos, hinchazones, quemaduras, entre otros. Estos efectos varían dependiendo del tipo de plaguicidas (Dureja et al. 1999).

Particularmente con los pesticidas, algunas especies como *E. fetida* o *Eisenia andrei* son usadas en pruebas de toxicidad para valorar la toxicidad potencial de químicos nuevos y evaluar el riesgo de los efectos tóxicos en los suelos contaminados (Sanchez-Hernandez 2006).

En general, las lombrices han tenido un papel muy importante dentro de la ecotoxicología terrestre, han sido incluidas dentro del grupo de cinco bioindicadores claves para estudios ecotoxicológicos de químicos industriales determinado por la Organización para Cooperación y Desarrollo Económico (OECD) y la Comunidad Económica Europea (EEC) (Capowiez et al. 2003).

En Perú, la lombriz de tierra ha sido usada en ensayos ecotoxicológicos con insecticidas como el Cartap, en donde *E. fetida* presentó pérdida de pigmentación, sin embargo este contaminante no representó un riesgo de acuerdo a la ERA realizado (Iannacone y Alvariano 2005). Otro estudio usando a *E. fetida* como modelo ecotoxicológico evaluando clorpirifos y lindano, identificó que ninguno de estos plaguicidas afectaron la supervivencia de las lombrices, pero sí hubo una disminución en el peso

con respecto al control para el clorpirifos (Iannacone y Alvarino 2004). Otras investigaciones realizadas por Iannacone et al. (2013) mostraron que *E. fetida* es un organismo sensible al bioplaguicida catabu.

2.3 Eisenia fetida

La *E. fetida*, es parte del Filo Annelida, Clase Oligocheta, Orden Haplotaxida, Suborden Lumbricina y Familia Lumbricidae. Esta especie, al igual de *E. andrei*, son los organismos más usados en los ensayos ecotoxicológicos terrestres y manejo de residuos, principalmente por su amplia distribución mundialmente y su corto ciclo de vida (Domínguez et al. 2005, Piola 2011).

2.3.1 Anatomía Externa

Las lombrices de tierra son organismos segmentados, cilíndricos y carecen de ojos. Presentan sedas o quetas, las cuales son filamentos semejantes a los pelos, estos varían en formas y tamaños. En la edad madura, los segmentos de la mitad anterior del cuerpo se engrosan, por la presencia de grandes glándulas epidérmicas, las cuales secretan sustancias para el apareamiento y formación de capullo; esta zona es denominada clitelio (Marshall y Williams 1985, Ruppert y Barnes 1996, Purschke 2002).

2.3.2 Anatomía sistemática de las lombrices

2.3.2.1 Pared del cuerpo y celoma

La pared del cuerpo consta de un tegumento el cual cubre la epidermis, tiene células secretoras de moco y presenta sedas (pelos), posee una musculatura bien desarrollada, compuesta por una capa externa de fibras circulares y otra interna de fibras longitudinales (Figura 1) (Marshall y Williams 1985, Ruppert y Barnes 1996, Purschke 2002).

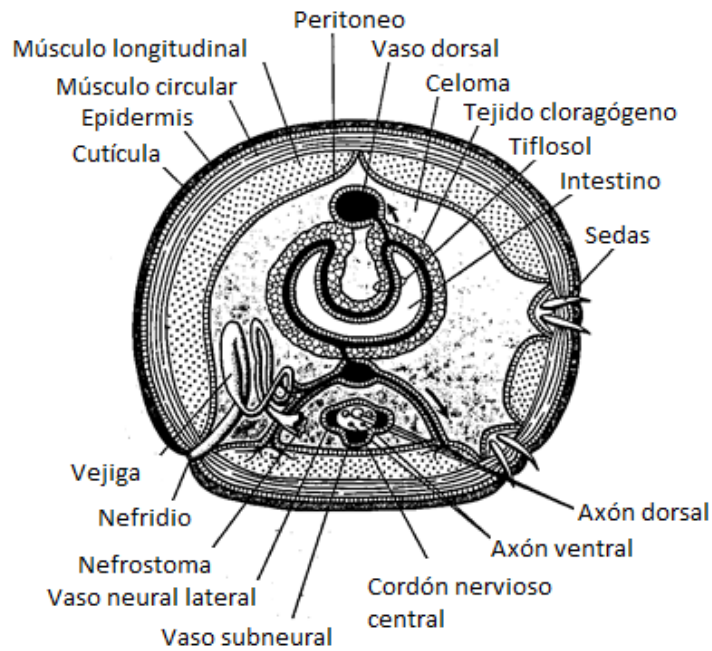


Figura 1. Vista transversal de la parte interna del cuerpo de la lombriz (Ruppert y Barnes 1996)

Por otro lado, el celoma es un amplio espacio lleno de líquido que se extiende entre el sistema digestivo y la pared del cuerpo, está dividido en compartimentos por los septos, presentan poros los cuales permiten el flujo del líquido celomático para mantener la humedad del tegumento (Marshall y Williams 1985, Ruppert y Barnes 1996, Purschke 2002).

2.3.2.2 Sistema digestivo y nutrición

Las lombrices de tierra se alimentan de materia orgánica en descomposición presente en los suelos. Su aparato digestivo es recto, simple y está compuesto por: la boca, faringe, esófago, glándulas calcíferas, buche y molleja (Figura 2) (Marshall y Williams 1985, Ruppert y Barnes 1996).

La boca se encuentra debajo del prostomio, cuya cavidad se comunica con la faringe. La faringe actúa como una bomba aspirante y presenta glándulas, las cuales producen una secreción salival, que contiene enzimas y mucus. Después, los alimentos

desembocan en un esófago tubular e inmediatamente llegan al buche, el cual tiene finas paredes y actúa como un almacén. Posteriormente, continúan hacia la molleja, cuya función es triturar las partículas alimenticias. Finalmente, pasa al intestino donde se realiza la digestión y absorción, allí se secretan enzimas como la liquenasa, proteasa, celulasa, quitinasa, amilasa y lipasa (Marshall y Williams 1985, Ruppert y Barnes 1996).

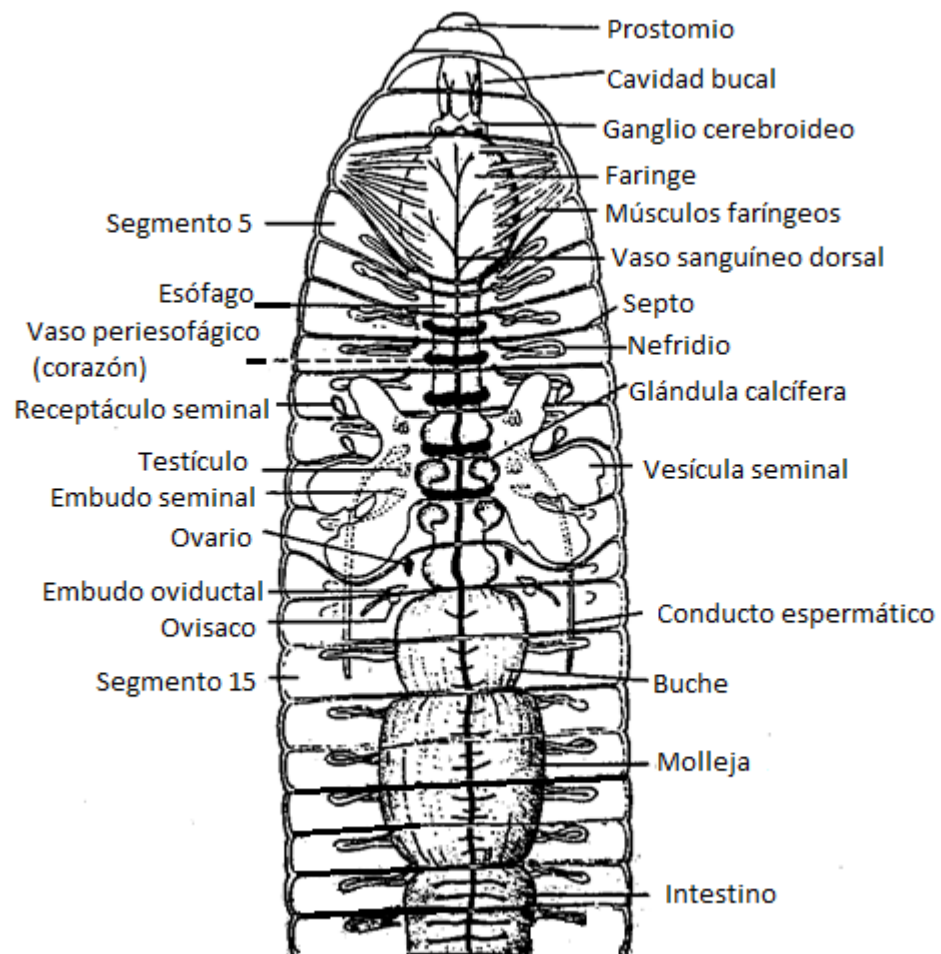


Figura 2. Morfología interna general de la familia *Lumbricidae* (Ruppert y Barnes 1996)

También, se presentan las glándulas calcíferas, un rasgo característico de las lombrices de tierra. Éstas se encuentran alrededor del esófago, secretan carbonato

cálcico en forma de cristales, que no son reabsorbidos y son eliminados en las excretas. Aún no se conoce la función de estas glándulas, sin embargo existen diversas teorías relacionadas al equilibrio ácido-base del cuerpo, manejo del exceso de calcio ingerido en el alimento y eliminación por difusión del dióxido de carbono (Marshall y Williams 1985, Ruppert y Barnes 1996, Ruppert et al. 2004).

Finalmente, se tiene al tejido cloragógeno con funciones excretoras y hepáticas, entre ellas se tiene: ser el centro de síntesis y reserva de glucógeno y grasa, almacenar y detoxificar las toxinas, síntesis de hemoglobina y urea, catabolismo de proteínas y formación de amoniaco (Ruppert y Barnes 1996, Ruppert et al. 2004).

2.3.2.3 Sistema excretor

El sistema excretor es metanefridial, las lombrices presentan dos tubos metanefridiales por segmento, excepto en los extremos anterior y posterior. Los nefridios, son conductos intracelulares que atraviesan los septos y desembocan al exterior del cuerpo o en varias partes del aparato digestivo, éstos pueden ser cerrados o abiertos. Las lombrices pueden presentar diversas clases de nefridios como: exonefridios (abiertos al exterior), faríngeos (abiertos a la faringe) o enteronefridios (abren al intestino) (Marshall y Williams 1985, Ruppert y Barnes 1996, Ruppert et al. 2004).

Los nefridios tiene tres funciones principales: filtración, reabsorción y transformación química. La filtración depende si el nefridio es abierto o cerrado, en el primer caso ésta se da en el nefrostoma, y en la otra a través de las paredes. La reabsorción, debido a que la orina es hipoosmótica, se da para las sustancias útiles como la glucosa y los aminoácidos, también se da con fosfatos, cloruros,

sodio, potasio y agua. Al final, la orina está compuesta por restos protéicos, urea y amoniaco. Se debe destacar que los niveles de urea dependen de la dieta y las condiciones ambientales (Marshall y Williams 1985, Ruppert y Barnes 1996, Ruppert et al. 2004).

2.3.2.4 Sistema nervioso

Los lumbrícidos presentan un ganglio cerebroide (cerebro) localizado antes de la faringe, y se conectan al ganglio subfaringeo a través de tejidos conectivos. El ganglio subfaringeo, es el centro de control motor y reflejos vitales, a partir de este ganglio se extiende la cuerda nerviosa, conformado por dos cordones nerviosos ventrales unidos, que se encuentran debajo de los músculos de la pared del cuerpo (Figura 3).

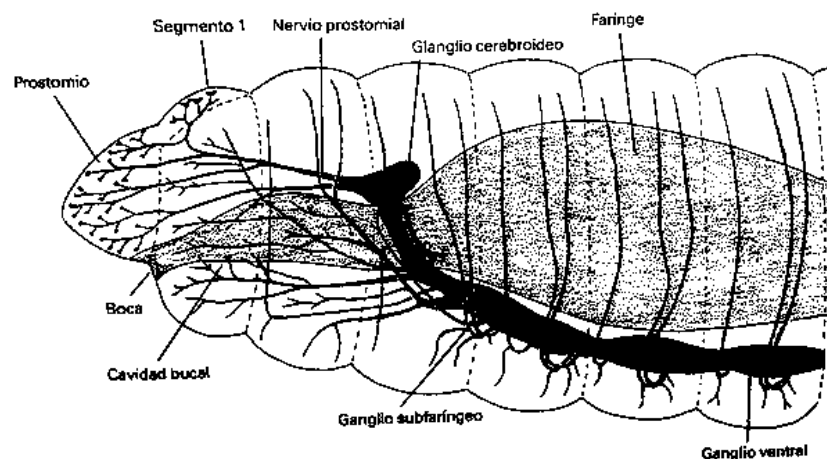


Figura 3. Sistema nervioso de *Lumbricus* (familia *Lumbricidae*) (Ruppert y Barnes 1996)

Por otro lado, el prostomio se encuentra inervado por el ganglio cerebroide. Si el ganglio subfaringeo se destruye, la lombriz no puede realizar movimiento alguno, mientras que si esto ocurre con el ganglio cerebroide, la capacidad motriz sigue normalmente, pero hay una pérdida de correlación entre el movimiento y las

condiciones externas ambientales (Marshall y Williams 1985, Ruppert y Barnes 1996, Ruppert et al. 2004).

2.3.2.5 Órganos sensoriales

Las lombrices no tienen ojos, sin embargo el tegumento posee fotoreceptores en la pared interna de la epidermis, lo cuales permiten diferenciar la presencia o ausencia de luz. Esto es importante para su comportamiento ya que en el día se esconden y realizan trabajo minado, mientras que en la noche salen a la superficie (Marshall y Williams 1985, Ruppert y Barnes 1996, Ruppert et al. 2004, Purschke 2002).

También presentan una quimiorrecepción desarrollada, que les permite detectar y capturar el alimento, proveer de información sobre las condiciones ambientales y facilitar el proceso de reproducción (Marshall y Williams 1985, Ruppert y Barnes 1996, Ruppert et al. 2004, Purschke 2002).

2.3.2.6 Sistema reproductivo y desarrollo

La lombriz es un organismo hermafrodita, el cual presenta dos pares de testículos. Los testículos del anteriores presentan dos pares de divertículos y los posteriores solo un par, formando tres vesículas seminales (sacos celomáticos) en donde se completa la maduración de los gametos. A su vez, se presentan dos pares embudos, que se abren en los sacos testiculares y se unen en un solo conducto hasta formar el espermiducto que desemboca en un único gonoporo masculino (Marshall y Williams 1985, Ruppert y Barnes 1996, Ruppert et al. 2004). En la Figura 4, se aprecia una imagen de los segmentos reproductores de la lombriz de tierra *Lumbricus*, para el caso de la especie *E. fetida*, puede variar el segmento en donde se encuentran los órganos reproductores.

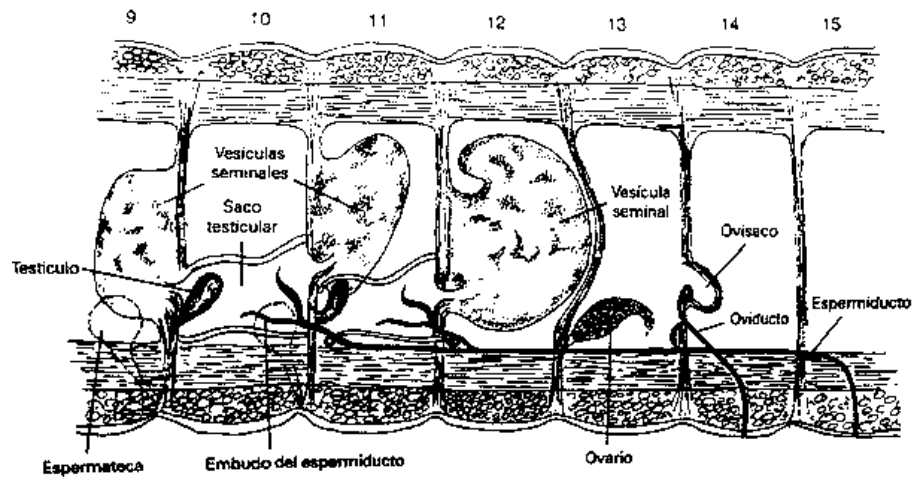


Figura 4. Segmentos reproductores de la lombriz de tierra *Lumbricus* (Ruppert y Barnes 1996)

Por otro lado, los segmentos femeninos se encuentran detrás de los segmentos gonadales, constan de un par de ovarios, un par de embudos conectados al ovisaco (saco celomático) y que posteriormente se unen formando un oviducto que desemboca en un gonoporo femenino. Por último, se tiene la espermateca, parte del aparato reproductor femenino, en donde se reciben y guardan el fluido seminal del otro miembro de la pareja en la cópula (Marshall y Williams 1985, Ruppert y Barnes 1996, Ruppert et al. 2004).

Cópula

Es la transferencia mutua de esperma. Las lombrices sitúan sus cuerpos en sentido contrario y poniendo en contacto sus superficies ventrales. Se mantiene unidos por: secreciones de los clitelio, una envoltura de mucus segregada por cada individuo y la inserción de sedas genitales modificadas (Figura 5) (Marshall y Williams 1985, Ruppert y Barnes 1996, Ruppert et al. 2004).

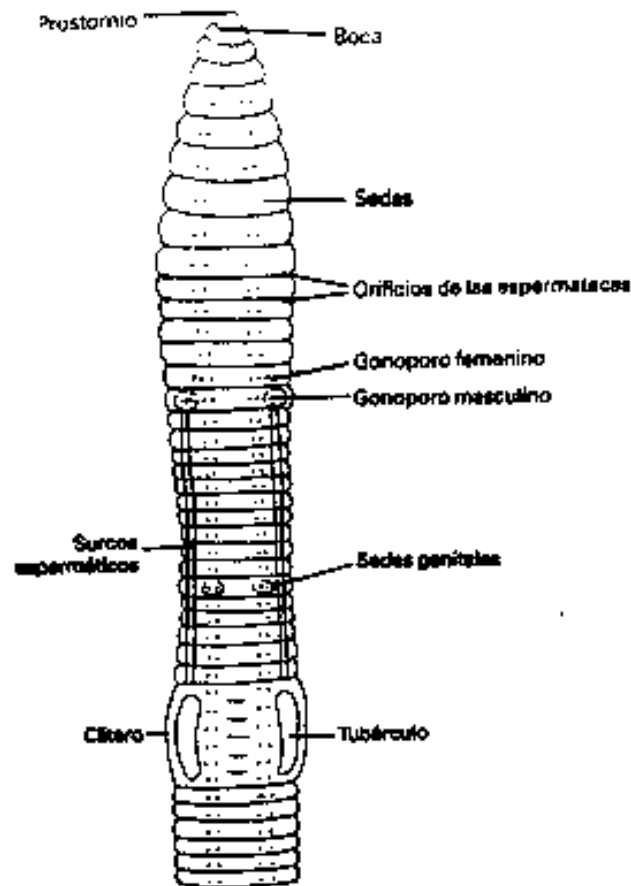


Figura 5. Ubicación de los poros y órganos involucrados en la cópula de las lombrices (Ruppert y Barnes 1996)

Posteriormente, el espermatozoide sale de las vesículas seminales a los embudos que forman el espermiducto, hasta llegar a surcos espermiales (tubo viscoso cerrado) que se forman en la superficie de cada lombriz, por la contracción de los músculos el espermatozoide se va desplazando por el surco hasta llegar al clitelio, pasa al otro individuo y llega a las espermatecas; después de realizado el intercambio los individuos se separan (Marshall y Williams 1985, Ruppert y Barnes 1996, Ruppert et al. 2004).

Capullo y desarrollo

El capullo se forma a las 24 horas o días después de la cópula, allí se depositan los huevos. Su formación se genera por la acción glandular del clitelio, éste secreta tubos mucosos y un material envolvente resistente, formando el capullo.

Posteriormente, por la contracción muscular éste se mueve hacia los poros femeninos donde se descargan los óvulos. Continuando con la contracción muscular, el capullo se desplaza hasta las espermatecas, en donde es liberado el líquido seminal, fecundando los óvulos. Después de este proceso la lombriz libera el capullo, de color amarillo y con forma ovalada, tiene todas las necesidades nutritivas que requiere el embrión al tener albúmina (Marshall y Williams 1985, Ruppert y Barnes 1996, Ruppert et al. 2004).

El periodo de incubación del capullo dura 12 semanas, sin embargo dependiendo de las condiciones esto puede variar; por ejemplo, cuando la lombriz es criada en estiércol de vaca (Temperatura: 25°C, Humedad: 75%) este tiempo de incubación es de aproximadamente 23 días (Marshall y Williams 1985, Venter y Reinecke 1988, Ruppert y Barnes 1996, Ruppert et al. 2004). Después salen las lombrices juveniles, a las cuales les toma varios meses en llegar a la madurez sexual, dependiendo de las condiciones del medio, por lo general puede ser entre 40 a 60 días. La madurez sexual, implica principalmente el desarrollo del clitelio, en donde ocurre el intercambio de esperma. (Marshall y Williams 1985, Venter y Reinecke 1988, Ruppert y Barnes 1996, Ruppert et al. 2004).

2.4 Plaguicidas

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), los plaguicidas son cualquier sustancias o mezcla de sustancias que buscan prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo vectores de enfermedades humanas o de los animales, especies no deseadas de plantas o animales que causan algún perjuicio o interfieren de alguna manera en la forma de producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, entre otros,

o que pueden administrarse a animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos.

El término plaguicidas hace referencia a diversas sustancias usadas para el control de plagas como insecticidas, fungicidas, herbicidas y otros.

Los pesticidas, generalmente, se relacionan de acuerdo al tipo de plaga que van a tratar (nematicidas, biocidas, fungicidas, etc.). Sin embargo, se pueden dividir como pesticidas químicos (carbamatos, organofosforados, organoclorados y piretroides), o biopesticidas (pesticidas microbianos, plant incorporated protectants (PIPs), y pesticidas bioquímicos) (EPA 2015).

2.4.1 Alfa-cipermetrina

La alfa-cipermetrina es un insecticida piretroide, un insecticida sintético, derivado estructuralmente de piretrinas naturales (Soderlund et al. 2002). Los piretroides sintéticos se han usado desde la década de los años 70, estos compuestos son de uso común en los plaguicidas para aplicaciones en agricultura y actividades no relacionadas a esta actividad como control de plagas en la salud pública y veterinaria (Soderlund et al. 2002, Davis et al. 2007, Lao et al. 2012).

Existen dos categorías de piretroides: Tipo II (por ejemplo: cipermetrina, deltametrina, asciflutrin y esfenvalerato) que tiene una adición de la fracción α -cyano-3-phenoxybenzyl, mientras que las Tipo I no presentan dicha fracción (por ejemplo: bifentrin, permetrin, fenotrin y resmetrin) (Hudson et al. 2014).

Los piretroides son compuestos químicos hidrofóbicos, altamente tóxicos para los insectos, sin embargo tienen una baja toxicidad en los humanos por su rápido metabolismo y eliminación, presentan mayor estabilidad en el campo y potencia que otros compuestos

químicos (organofosforados o carbamatos) y una persistencia limitada en el suelo (Elliot 1976, Hudson et al. 2014).

2.4.1.1 Formulaciones de alfa-cipermetrina

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en sus especificaciones para plaguicidas en la salud pública y pesticidas agrícolas, se identifican siete formulaciones disponibles comercialmente de alfa-cipermetrina, las cuales son: 1) material técnico, 2) polvo soluble, 3) suspensión concentrada, 4) concentrado emulsionable, 5) líquido de volumen ultra bajo, 6) gránulos dispersables y 7) gránulos dipersables en agua sellados en bolsas solubles en agua (OMS 2007, FAO 2007a, FAO 2013a, OMS 2015).

En la presente investigación se usó el concentrado emulsionable, el cual consiste en alfa-cipermetrina técnica disuelta en solventes aptos con material inerte adicional. Debe encontrarse en forma de líquido homogéneo, libre de material suspendido visible y sedimento, se debe aplicar la emulsión después de realizar la dilución con agua (FAO 2007a, FAO 2013a).

La alfa-cipermetrina es usada en agricultura y salud pública. Las formulaciones más aplicadas en agricultura son: concentrado emulsionable, suspensión concentrada y líquido de volumen ultra bajo (OMS 2007, FAO 2007a, OMS 2015).

En el Perú, de acuerdo a los registros de plaguicidas en línea, del Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), revisados en el presente año, existen en el mercado tres formulaciones comerciales: gránulos dispersables, suspensión concentrada y

concentrado emulsionable, siendo este último la presentación más usada.

2.4.1.2 Propiedades físico-químicas

Las propiedades físico-químicas están resumidas en la Tabla 1 y su estructura molecular se muestra en la Figura 6.

Tabla 1. Propiedades físico-químicas de la alfa-cipermetrina

<i>Nombre químico</i>	Alfa- cipermetrina	
Formula molecular.	C ₂₂ H ₁₉ Cl ₂ NO ₃	
Peso molecular (g/mol).	416,3	
Punto de fusión (°C).	81,5	
Punto de ebullición (°C).	Se descompone ante de llegar al punto ebullición	
Gravedad específica (g ml ⁻¹)	1,33	
Coeficiente de partición octanol/agua (log P) a ph 7, 20°C.	5,5	
Presión de vapor a 25°C (mPa)	0,00034	
Solubilidad en agua a 20°C (mg. L ⁻¹).	0,004	
Solubilidad en solventes inorgánicos a 20°C (mg. L ⁻¹).	Tolueno	596000
	Metanol	21300
	Etil-acetato	584000

FUENTE: Elaboración propia basado en (OMS 2007, University of Hertfordshire 2015a)

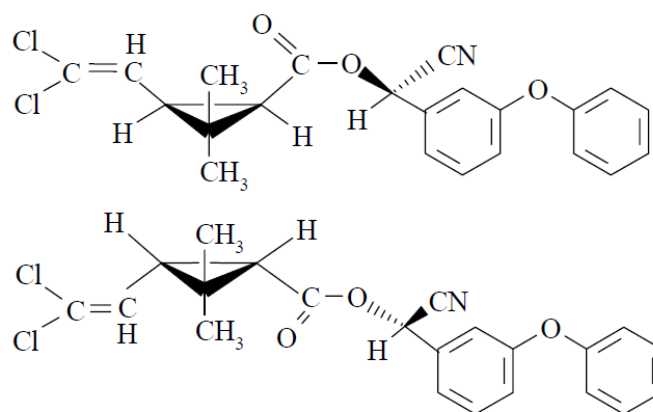


Figura 6. Estructura molecular alfa-cipermetrina (OMS 2007)

2.4.1.3 Propiedades toxicológicas

La alfa-cipermetrina, es un ingrediente activo de insecticidas, que actúa en un amplio rango de plagas en cultivos de importancia económica como en cítricos, algodón, frutos, soya tomates, vegetales, uvas, entre otros (Yordanova et al. 2009, BASF Peruana S.A. 2011). Debido a que es altamente efectivo en una vasto rango de insectos y pestes, principalmente Lepidoptera y Coleoptera (Yilmaz y Kazim 2004, Yordanova et al. 2009, Diao et al. 2011). También es usado en control de cucarachas, mosquitos, moscas y otros insectos en salud pública (Yordonova et al. 2009, Diao et al. 2011).

En base a las especificaciones de la OMS y la FAO, la alfa-cipermetrina es altamente tóxica para artrópodos acuáticos. Presenta efectos significativos en invertebrados no objetivo y peces, solo en casos de derrame, mal uso o aplicación mayor a la establecida (OMS 2007, FAO 2007a, OMS 2015). En la Tabla 2 se presentan algunos datos ecotoxicológicos de la alfa-cipermetrina técnica.

Tabla 2. Toxicidad de la alfa-cipermetrina en diferentes especies no destinatarias.

Especie	Tipo de organismo	Prueba	Resultado
<i>Daphnia magna</i>	Acuático	Aguda	CE ₅₀ = 0, 3µg/l
<i>Salmo gairdneri</i>	Acuático	Aguda	CL ₅₀ = 2,8µg/l; NOEC= 1,5µg/l
<i>Chironomus riparus</i>	Acuático	Crónica	CE ₅₀ = 0,227µg a.s/l; NOEC= 0,024µg a.s/l
<i>Chlorella vulgaris</i>	Acuático	Inhibición crecimiento	CE ₅₀ = 15,26µg/ml
<i>Eisenia fetida</i>	Terrestre	Aguda	14 días CL ₅₀ >100 mg a.s g/kg suelo; NOEC= 100 mg/kg suelo
<i>Apis mellifera</i>	Terrestre	Oral Aguda Contacto	DL ₅₀ >0,059µg/abeja DL ₅₀ >0,033µg/abeja

CE₅₀= concentración efectiva media; CL₅₀= concentración letal media, DL₅₀= dosis letal media, NOEC= concentración de efecto no observado

FUENTE: Elaboración propia basado en OMS 2007, FAO 2007a, OMS 2015.

2.4.1.4 Metabolismo de la alfa-cipermetrina

El principio activo de la alfa-cipermetrina, es un esteroisomero del compuesto piretroide cipermetrina el cual forma parte de los piretroides Tipo II (Yu-Tao et al. 2009). La cipermetrina es un compuesto clasificado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como moderadamente perjudicial, es altamente hidrofóbico y tiene la capacidad de inhibir los receptores GABA_A (Condés-Lara et al. 1999, Yu-Tao et al. 2009).

Este compuesto químico sintético no es tóxico para las aves, sin embargo, es altamente tóxico para peces e invertebrados acuáticos (Diao et al. 2011).

Hartnik et al. (2008) realizaron estudios de toxicidad aguda y subaguda con alfa-cipermetrina en cuatro especies de invertebrados no objetivos (*Eisenia fetida*, *Folsomia candida*,

Enchytraeus crypticus y *Helix aspersa*). Se demostró que el pesticida genera una toxicidad crónica a los organismos terrestres, siendo el más sensible *E. crypticus*. También se observó que la alfa-cipermetrina ejerce un mecanismo de acción que afecta la reproducción más no la supervivencia, siendo necesario considerar el efecto crónico al momento de realizar la ERA.

Los estudios de toxicidad de alfa-cipermetrina son escasos para organismos no destinatarios en suelos, por este motivo se están desarrollando algunas investigaciones al respecto. Diao et al. (2011) evaluaron la toxicidad enantio- selectiva para *E. fetida*, se halló que la lombriz sí tiene una bioacumulación enantio- selectiva para este compuesto químico. Además, se encontró los valores de CL₅₀ para los enantiómeros (+)-1R-cis- α S-alfa-cipermetrina, rac-alfa-cipermetrina y (-)-1S-cis- α R- alfa-cipermetrina, donde (+) enantiómero fue 3 y 30 veces más tóxico que el racemato y el (-) enantiómero, respectivamente.

La evaluación realizada por FAO (2008), para las especificaciones de la alfa-cipermetrina, indica que en plantas, los residuos de la alfa-cipermetrina se encontraron principalmente en las hojas externas de las plantas, como es el caso del repollo, y en la cascarilla y paja en el trigo; en este último la translocación al grano fue poco significativa. En el caso del trigo, se encontró que cuando la alfa-cipermetrina es expuesta a la luz solar, ésta experimenta una isomerización. Se ha propuesto una ruta metabólica de la alfa-cipermetrina para el trigo, como se muestra en la Figura 7.

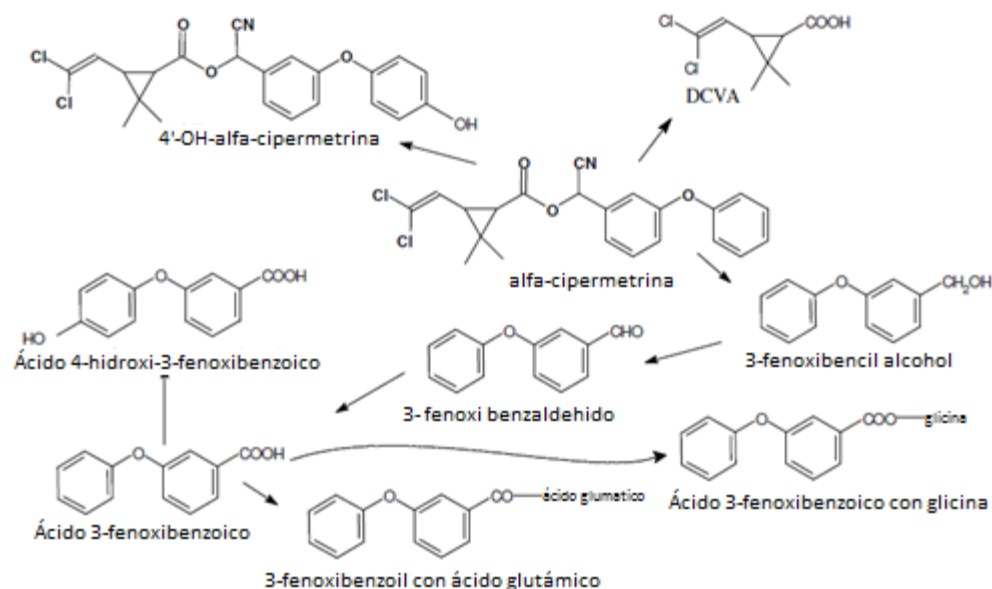


Figura 7. Ruta metabólica de la alfa-cipermetrina propuesta para el trigo (FAO 2008)

2.4.1.5 Comportamiento ambiental

La evaluación de la FAO (2008), identificó que la vida media de la alfa-cipermetrina en el suelo en condiciones aeróbicas a 25°C tiene un rango de 20 días a 24 semanas. También la vida media es de 31 días en la superficie del suelo cuando se somete a condiciones de fotólisis, e indicaron que la hidrólisis fue responsable en parte de la tasa de reducción. Por otro lado, se estableció que cuando las cipermetrinas *cis*- y *trans*- se encontraban en los suelos bajo condiciones aerobias durante un año a 25 °C, la cantidad restante estaba en el rango de 1,4 a 11 % de la dosis inicial, siendo identificado el ácido 3-fenoxibenzoico como un metabolito del suelo (FAO 2008).

Asimismo, se han usado organismos diferentes a la lombriz para identificar la toxicidad de este compuesto en el suelo. Algunos estudios como el de Styryshave et al. (2010) han usado *F. candida* para ver si el tipo de suelo y la materia orgánica (MO) influencia la biodisponibilidad, acumulación y toxicidad de alfa-cipermetrina. El

estudio demostró que la reproducción de colémbolos se veía afectada severamente al aumentar las concentraciones. Además, se halló una relación directa entre la concentración del alfa-cipermetrina en los poros de agua y la concentración del compuesto en el cuerpo del organismo. Además se indicó que la concentración del alfa-cipermetrina en los poros de agua era mayor en suelos con menor cantidad de MO que los de mayor MO, de acuerdo a lo analizado.

2.4.2 Imidacloprid

El imidacloprid forma parte de los insecticidas neonicotinoides, clasificados por la Environmental Protection Agency (EPA) con una toxicidad clase II y clase III (Farouk et al. 2014). De todos los neonicotinoides, el imidacloprid es el más usado mundialmente (Dittbrenner et al. 2011).

En general son insecticidas potentes usados en protección de cultivos y control de plagas (Mohamed et al. 2009, Romeh 2010). Presentan un gran espectro de acción por contacto e ingestión en insectos más no en nemátodos; también tiene una actividad residual importante en las plantas y controla las plagas que son resistentes a otros tipos de insecticidas, entre ellos los organofosforados, carbamatos, piretroides, entre otros (FAO 2007b, FAO 2013b, Kamel 2010).

Este insecticida es un compuesto sistémico, es decir que después de su consumo es distribuido por toda la planta y su toxicidad es transmitida a los insectos chupadores o picadores a través del consumo de hojas o savia (Smit et al. 2014). Sus residuos pueden llegar a los ecosistemas terrestres y acuáticos al caer las hojas, pero también por procesos de lixiviación (Romeh 2010).

2.4.2.1 Formulaciones de Imidacloprid

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en sus informes del 2007 y 2013, se identificaron ocho formulaciones disponibles comercialmente para el imidacloprid, las cuales son: 1) material técnico, 2) gránulos, 3) polvo dispersable en agua para tratamiento de semillas en suspensión, 4) gránulos dispersables en agua, 5) suspensión concentrada acuosa, 6) suspensión concentrada para semillas, 7) suspensión concentrada a base de aceite y 8) concentrado soluble (FAO 2007b, FAO 2013b).

En la presente investigación se usó la suspensión concentrada acuosa, que consiste en imidacloprid técnico en fase acuosa con material inerte necesario. Después de agitarse el material debe ser homogéneo y disponible para diluciones en agua (FAO 2007b, FAO 2013b).

El imidacloprid se encuentra registrado y es usado mundialmente en más de 120 países y en más de 160 cultivos. Las principales formulaciones son: suspensión concentrada, gránulos dispersables en agua, suspensión concentrada acuosa, suspensión concentrada para tratamiento de semillas y polvo dispersable en agua para tratamiento de semillas en suspensión (FAO 2007b, FAO 2013b).

En el Perú, de acuerdo a los registros de plaguicidas en línea del Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), existen en el mercado siete formulaciones comerciales las cuales son: 1) gránulos dispersables, 2) fórmula mixta de cápsula en suspensión, 3) concentrado soluble, 4) polvo dispersable para tratar semillas, 5) polvo mojable, 6) líquido miscible en aceite siendo y 7) suspensión concentrada, siendo esta última la presentación más usada.

2.4.2.2 Propiedades físico-químicas

Las propiedades físico-químicas están resumidas en la Tabla 3 y su estructura molecular se muestra en la Figura 8.

Tabla 3. Propiedades físico-químicas del imidacloprid

Nombre químico	Imidacloprid	
Formula molecular	C ₉ H ₁₀ ClN ₅ O ₂	
Peso molecular (g/mol)	255,7	
Punto de fusión (°C)	144	
Punto de ebullición (°C)	Se descompone antes de llegar al punto ebullición	
Gravedad específica (g ml ⁻¹)	1,54	
Coefficiente de partición octanol/agua (log P) a ph 7, 20°C	0,57	
Presión de vapor a 25°C (mPa)	4 x 10 ⁻¹⁰	
Solubilidad en agua a 20°C (mg L ⁻¹)	610	
Solubilidad en solventes inorgánicos a 20°C (mg L ⁻¹)	Tolueno	690
	n-Hexano	100
	2-Propanol	2300

FUENTE: Elaboración propia basado en FAO 2013b, University of Hertfordshire 2015b

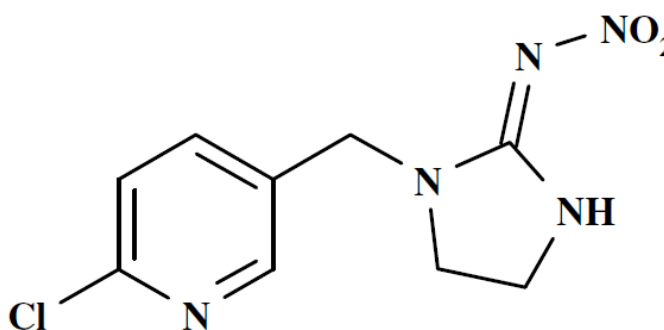


Figura 8. Estructura molecular imidacloprid (FAO 2007)

2.4.2.3 Propiedades toxicológicas

El imidacloprid es uno de los insecticidas con mayor uso a nivel mundial, además de presentar un aumento en sus ventas y ser

considerado un reemplazo de los pesticidas organofosforados (Daam et al. 2013, Chen et al. 2014).

Ha sido usado en una amplia variedad de cultivos, durante la última década, por su baja persistencia en el suelo y una alta actividad insecticida (Cox et al. 1998, Anhalt et al. 2007, Arfat et al. 2014, Chahil et al. 2014). Además, permite que sus residuos pasen a las plantas tratadas y a través de ellas por medio del xilema y el movimiento traslaminar (Chahil et al. 2014).

Algunos organismos han recomendado no usar este insecticida debido a los efectos que genera en poblaciones no objetivo como los polinizadores, principalmente las abejas, ya que contribuye a una disminución de las colonias (Cycoñ et al. 2013, Chahil et al. 2014). En la Tabla 4 se presentan algunos datos ecotoxicológicos del imidacloprid técnico.

Tabla 4. Toxicidad del imidacloprid en diferentes especies no destinatarias

Especie	Tipo de organismo	Prueba	Resultado
<i>Daphnia magna</i>	Acuático	Aguda	CE ₅₀ = 85mg/l
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Acuático	Aguda	CL ₅₀ = 211 mg a.s/l
<i>Chironomus riparus</i>	Acuático	Crónica	CE ₅₀ = 0,00225 mg/l
<i>Eisenia fetida</i>	Terrestre	Aguda	14 días CL ₅₀ = 10,7 mg/kg suelo
<i>Apis mellifera</i>	Terrestre	Oral aguda	DL ₅₀ > 3,7 ng/abeja
		Contacto	DL ₅₀ > 81 ng/abeja

CE₅₀= concentración efectiva media; CL₅₀= concentración letal media, DL₅₀= dosis letal media

FUENTE: Elaboración propia basado en (FAO 2007b, FAO 2013b)

2.4.2.4 Metabolismo del imidacloprid

Este insecticida actúa como una neurotoxina con gran afinidad al receptor nicotínico acetilcolina (nAChR) en los insectos; afecta principalmente el sistema nervioso, también se han encontrado cambios en el tracto digestivo y modificaciones en el comportamiento alimenticio (Cycoñ et al. 2013, Arfat et al. 2014, Chahil et al. 2014, Farouk et al. 2014).

En el estudio realizado por Daam et al. (2013) se hizo una evaluación preliminar del riesgo acuático del imidacloprid (Confidor® 200 SC) en una parcela de arroz experimental, los resultados mostraron que en especies de la planta *Lemna minor* se alcanzó la mayor inhibición en el crecimiento después de 7 días. Por otro lado, en las muestras de sedimentos, los individuos del crustáceo *Heterocypris incongruens* presentaron una inhibición en su crecimiento después de 5 días.

Algunos estudios como el de Capowiez y Bérard (2006) se han centrado en analizar el impacto en la conducta de las lombrices y no en sus efectos subletales dentro del ciclo de vida, mortalidad y puntos finales fisiológicos. Para este caso al exponer las lombrices de *Allolobophora icterica* a imidacloprid (0,5 o 1 mg kg⁻¹), éstas dejaron de excavar después de 24 h; mientras que la lombriz *Aporrectodea nocturna* continuó excavando pero a menor proporción. Para ambas especies la profundidad de las excavaciones disminuyó al ser expuestas al pesticida.

La comparación de los efectos a corto y largo plazo en el comportamiento al excavar en dos especies de lombrices (*Aporrectodea caliginosa* y *Lumbricus terrestris*) realizada por Dittbrenner et al. (2011), demostraron que los efectos a corto

plazo en la excavación para *A. caliginosa* se dieron en la menor concentración mientras que en *L. terrestris* no se observó nada hasta concentraciones 10 veces superiores. También se identificó una reducción de la máxima profundidad y longitud total de las excavaciones para ambas especies al aumentar el tiempo de exposición. Esto indica que hay efectos adversos significativos para ambas lombrices y que pueden generar impactos cruciales a un nivel ecosistémico.

Los estudios realizados para determinar la genotoxicidad de los insecticidas imidacloprid y RH-5849 en *E. fetida* por Zang et al. (2000), indicaron que el imidacloprid es mucho más tóxico en todas las pruebas. Además, al evaluarse la toxicidad a través de la deformidad en el esperma, el imidacloprid generó un mayor efecto en este punto subletal, y la relación dosis-efecto exhibida fue mayor a 0,5 mg/kg en suelo seco.

La FAO (2002), en la evaluación de este insecticida, identificó estudios realizados en plantas con tres métodos de aplicación diferentes (tratamiento de semillas, aplicación al suelo y aplicación en aerosol), en donde la absorción de imidacloprid en el suelo después de la aplicación granular o por tratamiento de semillas fue bajo; además en el arroz o las berenjenas, la absorción se había completado después de la mitad de su periodo de crecimiento y no hubo un aumento posterior. En el trigo sí hubo un aumento en su absorción de forma continua. Asimismo, se encontró que la translocación se dio de raíces a hojas; y hubo más radioactividad en el follaje, después de la aplicación en el suelo. En los granos de arroz, después de la aplicación granular, los residuos recuperados fueron muy bajos y por ende hubo poca detección de metabolitos. Además, al realizar un análisis de los residuos no extraídos en el arroz y maíz, se identificó que una degradación del

imidacloprid a dióxido de carbono (CO₂) y posteriormente, se incorporó a constituyente naturales como la lignina, almidón o glutelina. En base a estos estudios en plantas, se estableció una posible ruta metabólica del imidacloprid en plantas, como se muestra en la Figura 9.

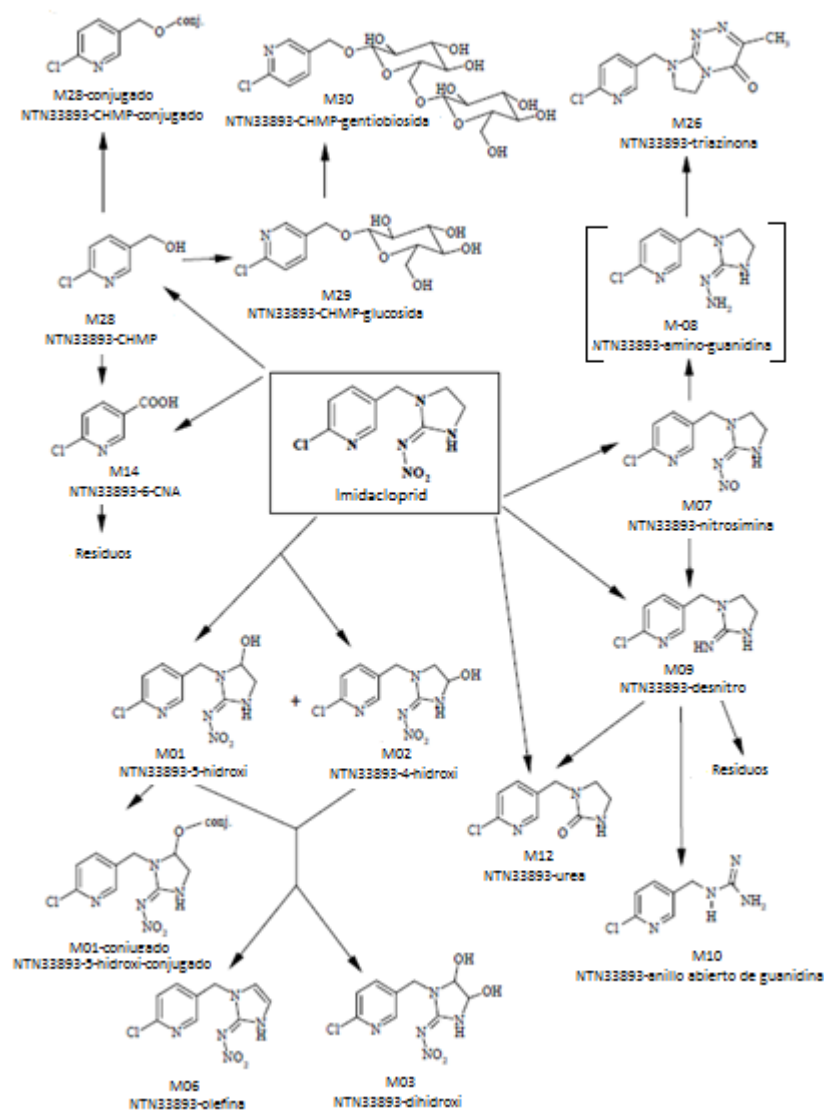


Figura 9. Ruta metabólica del imidacloprid propuesta para plantas (FAO 2002)

2.4.2.5 Comportamiento ambiental

La evaluación de la FAO (2002), halló que el imidacloprid presenta una persistencia media a la biodegradación con una

vida media de 180 días, en condiciones agrícolas normales. Además, tiene una mineralización completa sin degradación del producto a concentraciones superiores al 10%. Con respecto a su movilidad, fue baja en el suelo con poco potencial de lixiviación. Con dicha información se elaboró la ruta de degradación del imidacloprid en el suelo, como se muestra en la Figura 10.

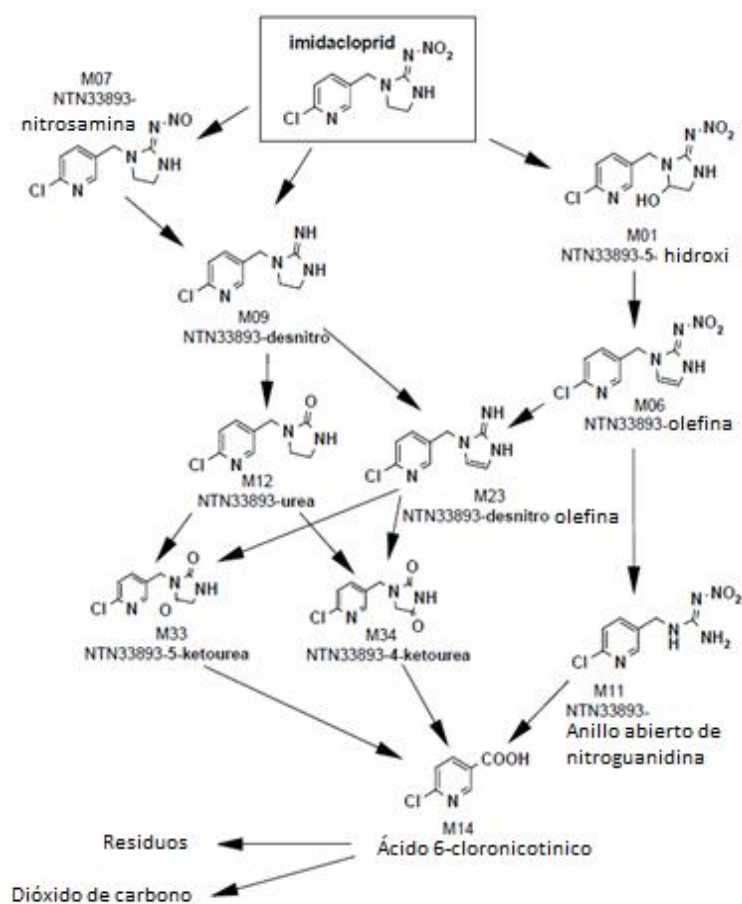


Figura 10. Ruta de degradación del imidacloprid en el suelo (FAO 2002)

Esta misma evaluación de la FAO en el 2002, realizó análisis para los sistemas agua/sedimento, en donde se identificó que este compuesto es estable para la hidrólisis en soluciones acuosas a valores de pH relevantes ambientalmente. A su vez,

se presenta una degradación fotolítica rápida que debe ser tomada en cuenta. Su vida media varía de acuerdo al sistema acuático, se han establecido valores entre 30 a 162 días. Tiene una mineralización completa que ocurre lentamente y de forma continua, la cual no tiene tendencia a acumulación de sustancias intermedias. Al igual que el en suelo, se estableció una ruta de degradación del insecticida en estos sistemas, como se muestra en la Figura 11.

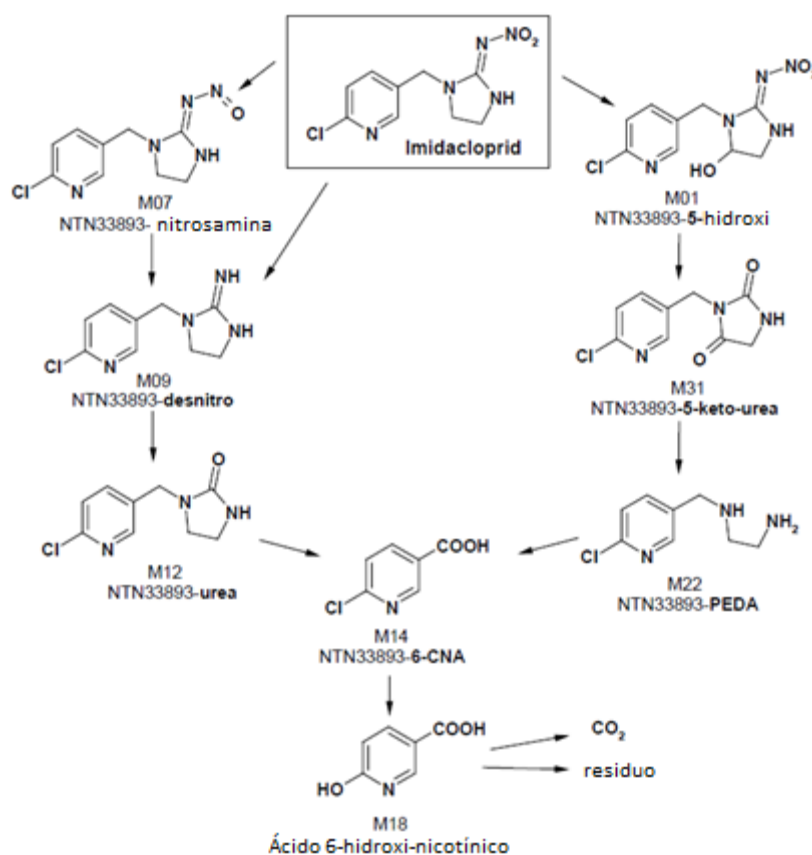


Figura 11. Ruta de degradación del imidacloprid en ecosistemas con modelos acuáticos (FAO 2002)

2.5 Mezclas de plaguicidas

Los estudios de mezclas de plaguicidas no son realizados frecuentemente, sin embargo actualmente su elaboración es más común, dado que en las áreas agrícolas está práctica es regular. Además, estos ensayos proporcionan un conocimiento más cercano

a la realidad, por lo cual el impacto que se halle sería más confiable y acorde a lo que sucede en el ecosistema.

Generalmente los suelos se contaminan con una serie de productos químicos y no de una sola sustancia, es por esto que los organismos del suelo se encuentran expuestos a mezclas de contaminantes y su riesgo varía (Weltje 1998). La mezcla de pesticidas tiene un alto precio por su alta eficiencia, conveniencia y acciones rápidas, además han aumentado su popularidad en usos agrícolas (Zhou et al. 2011).

Los estudios de ecotoxicidad que se han realizado en los últimos años se han enfocado en el análisis de la toxicidad de un solo pesticida (Santos et al. 2011, Zhou et al. 2011), sin embargo es conocido que la mezcla de pesticidas pueden aumentar la toxicidad por lo cual estos estudios no reflejan las situaciones que se dan en el campo donde hay un uso múltiple de productos o mezclas (Zhou et al. 2011). Éstos estudios han demostrado que las mezclas de pesticidas pueden tener múltiples respuestas, en donde las propiedades químicas y los modos de acción de los plaguicidas, influyen su interacción con el ambiente (Lydy et al. 2004).

La importancia de la combinación de efectos radica en que los contaminantes coexisten y pueden impactar la biodisponibilidad de cada uno; también la exposición a la combinación de contaminantes puede estar asociada a interacciones antagonistas, sinérgicas o aditivas impactando con sus efectos a los organismos (Ferguson et al. 1998, Aqeel et al. 2014)

Chen et al. (2014), elaboraron un estudio comparativo y combinado de la toxicidad aguda para butachlor, imidacloprid y clorpirifos en lombrices, *E. fetida*. Las CL_{50} individuales mostraron que el imidacloprid fue el más tóxico. Cuando se realizaron las combinaciones en suelo artificial a los siete días todas las

combinaciones presentaban una acción combinada antagónica, mientras que a los 14 días todas presentaron un aumento a la concentración. Por otra parte, la prueba de papel filtro a las 24 h, mostraron que las combinaciones tenían una acción combinada antagónica, y a las 48 h esta acción solo se presentó en la combinación Butachlor + Imidacloprid, y las dos restantes presentaron un aumento en la concentración.

En el estudio realizado por Schreck et al. (2008) sobre los efectos neurotóxicos y las respuestas metabólicas inducidas a la lombriz *Aporrectodea caliginosa nocturna* por la mezcla de seis pesticidas, las enzimas fueron usadas como biomarcadores en las lombrices para ver los efectos globales, las enzimas analizadas fueron colinesterasa (ChE) (neurotoxicidad), glutatión-S-transferasa (GST) (metabolización) y catalasa (estrés oxidativo). Se identificó que la actividad de colinesterasa se inhibió a los pocos días de la exposición, siendo un indicador de neurotoxicidad en lombrices. Por otro lado, el aumento de las actividades de glutatión-S-transferasa y catalasa reveló que los compuestos eran metabolizados. Sin embargo, la exposición a largo plazo o altas concentraciones generó daños fisiológicos en las lombrices.

Algunos estudios realizados con cipermetrina y clorpirifos realizados por Zhou et al. (2011), demostraron que la toxicidad de la mezcla de ambos plaguicidas fue significativamente mayor que su toxicidad individual, especialmente al presentar respuestas crónicas. Se concluyó que el aumento en la toxicidad de la mezcla de pesticida significa que el uso de los datos de toxicidad proveniente de los experimentos para un solo plaguicida puede subestimar el riesgo ecológico de los pesticidas que se encuentran realmente presentes en el campo.

En Perú, se han realizado estudios de mezclas de plaguicidas, usando organismos acuáticos como bioindicadores. Iannacone et al.

(2011a) realizaron mezclas heterotóxicas y equitóxicas de Furadán 4F® y Monofos®, utilizando como organismo indicador la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), donde se mostró una sinergia en todas las concentraciones, para ambas mezclas.

2.6 Pruebas de Evasión

Las pruebas de evasión, por medio de las cuales se realiza el análisis de comportamiento, son consideradas pruebas complementarias en la evaluación de riesgo en suelos (De Silva y van Gestel 2009). Este tipo de pruebas se está usando en las investigaciones ecotoxicológicas actuales, ya que podrían estar relacionadas a efectos a nivel ecosistémico (Capowiez y Bérard 2006).

El análisis del comportamiento es considerado un punto final sensible y relevante ecológicamente para los ensayos de toxicidad (De Silva y van Gestel 2009). Al presentarse una migración de las lombrices, se genera una reducción de las funciones benéficas proporcionadas al suelo, y en consecuencia habría una reducción en la calidad de éstos (Schaefer 2003, Zhou et al. 2007).

Algunos estudios como el de Capoweiz y Bérard (2006) han realizado evaluaciones del comportamiento de las lombrices al ser expuestas al imidacloprid, por medio de las pruebas de evasión, en *A. nocturna* y *A. ictérica*, en este caso no se encontraron efectos repelentes significativos.

Los estudios de Zhou et al. (2011), mostraron efectos de evasión claros para los plaguicidas cipermetrina y clorpirifos, y su mezcla en organismos de *E. fetida*, obtuvo resultados similares a los hallados por Zhou et al. (2007) y Zhou et al. (2008), en donde se evaluó la evasión en clorpirifos y cipermetrina, respectivamente.

2.7 Evaluación del riesgo

La evaluación del riesgo (ERA), es una metodología cuyo principal objetivo es ayudar a establecer prioridades en una forma objetiva y científica, evitando la fusión de los objetivos políticos y de manejo (Ferguson et al. 1998).

Esta evaluación es usada, en diversos ámbitos, como herramienta de apoyo en políticas de evaluación, planeamiento de uso de tierras, toma de decisiones en el manejo de recursos, seguridad de productos y planeamiento financiero (MELPBC 2000, Manuilova 2003).

Esta metodología en el ámbito ambiental es de uso reciente y es considerada una herramienta útil porque provee de bases objetivas y racionales para la toma de decisiones y el establecimiento de prioridades en la política ambiental (Ferguson et al. 1998).

2.7.1 Descripción del concepto y enfoques

La ERA es un proceso, que se basa en una evaluación de la exposición y de los efectos. Es un proceso que colecta, organiza y analiza datos ambientales para estimar el riesgo de contaminación que puedan ocurrir en el ecosistema, animales o humanos, como resultado de las actividades antropogénicas (Ferguson et al. 1998, MELPBC 2000, Manuilova 2003, Van der Oost et al. 2003, Jensen y Mesman 2007).

Generalmente, la ERA no se usa formalmente en la mayoría de países, sin embargo algunos de éstos sí recomiendan su aplicación en diferentes procesos (Ferguson et al. 1998).

En la Unión Europea, de acuerdo a Ferguson et al. (1998) hay una combinación de tres enfoques: una comparación de datos

químicos con los valores guías provenientes de ensayos ecotoxicológicos estandarizados (usado comúnmente); bioensayos con material o muestras de los sitios contaminados como suplemento para los análisis químicos; y un monitoreo de los biomarcadores, bioconcentración, especies indicador, cambios en la estructura de la comunidad, etc.

2.7.2 Procedimiento general de la ERA

El procedimiento según la Unión Europea (EU) consiste en cuatro pasos: 1) identificación de la amenaza, 2) evaluación dosis-respuesta, 3) evaluación de la exposición y 4) caracterización del riesgo. Mientras que para la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), esta evaluación solo consta de tres pasos: 1) identificación del problema, 2) análisis (compuesto por la caracterización de la exposición y efectos ecológicos) y 3) caracterización del riesgo (Solomon et al. 1996, EPA 1998, Manuilova 2003, Ferguson et al. 1998). A continuación, se describen los pasos seguidos por la EPA:

- A) La identificación de problema o la amenaza, requiere la identificación y caracterización del agente problema, el ecosistema en riesgo, los efectos ecológicos, selección de los puntos finales (evaluación y medida) y finalmente desarrollar un modelo conceptual (Solomon et al. 1996, EPA 1998, Babut et al. 2013).
- B) En el análisis, tenemos dos partes la primera relacionada a la evaluación de la exposición que se puede hallar por medio de métodos probabilísticos, modelos o mediciones. Luego para la evaluación de los efectos o dosis-respuesta, se pueden hacer modelos ecológicos, estudios en el

laboratorio o campo y estudios por medio de microcosmos o mesocosmos (Solomon et al. 1996, EPA 1998, Babut et al. 2013).

- C) La caracterización del riesgo primero se estima el riesgo y luego se describe. En esta fase es clara la relación entre el agente problema, los efectos y las unidades ecológicas, por ende se pueden llegar a conclusiones relacionadas a ocurrencia en la exposición y adversidad de efectos existentes o anticipados (EPA 1998).

2.7.3 Tipos y pruebas de ERA

Actualmente, se encuentran dos tipos de ERA. El primero de ellos involucra a las sustancias nocivas, para su manejo y autorización, y es de orden predictivo. El otro implica a las áreas ya contaminadas, y realiza la descripción o estimación de los cambios en las poblaciones o ecosistemas de estos lugares, en este caso se establece una evaluación del impacto, más que del riesgo (Jensen y Mesman 2007).

Las pruebas estandarizadas, en su mayoría, son específicas para ecosistemas acuáticos, muy pocas existen para uso terrestre; sin embargo, cada vez más se van desarrollando. En general, hay tres pruebas usadas para la ERA en suelos, las cuales se realizan en: microorganismos, plantas y fauna terrestre (Ferguson et al. 1998).

Las pruebas ecotoxicológicas realizadas en suelos estándares que han sido contaminados con concentraciones de sustancias químicas, son adecuadas para estimar la CL₅₀ (Concentración letal media), CE₅₀ (Concentración efectiva media) o NOEC (Concentración de efecto no observado), ha sido diseñadas para para determinar el efecto de la sustancia agregada al

suelo, por ende son usadas para evaluar el riesgo ambiental de éstas, y no son útiles para calcular los valores del efecto en sitios contaminados (Ferguson et al. 1998).

2.7.3.1 Caracterización del Riesgo

Los criterios principales para seleccionar un plaguicida usualmente son su eficiencia agrícola o su costo, pero muy rara vez se considera su impacto ambiental (Muhammetoglu et al. 2010).

Existen diversos indicadores para evaluación del impacto ambiental y riesgo de pesticidas, los cuales ayudan a los agricultores y los encargados de la elaboración de normas a diseñar prácticas efectivas para el control de plagas con un riesgo ambiental mínimo (Muhammetoglu et al. 2010).

La caracterización del riesgo se basa en una evaluación combinada de la exposición y el efecto. Una de las formas más comunes para realizar esta caracterización es usar el criterio de la relación entre toxicidad y exposición o TER (por sus siglas en inglés); Este criterio es una forma de evaluación de riesgo determinístico, que expresa el riesgo como un estimado por medio de un punto final (European Commission 2000, Connon et al. 2012).

El TER es la relación entre la toxicidad, que es establecida a través de bioensayos que te dan puntos finales de toxicidad como: CL₅₀, EC₅₀, NOEC, LOEC, entre otros; y la exposición prevista en el ambiente o PEC (por sus siglas en inglés), este valores de PEC es

un valor aceptado y por lo general se establece a través de modelos estadísticos. Este valor de TER corresponde a un margen de seguridad, que es usado en diferentes evaluaciones, incluyendo las relacionadas a efectos en la salud humana (European Commission 2000, Connon et al. 2012).

El enfoque al usar el TER como método para la caracterización del riesgo, es que este usa cada punto final de la toxicidad de forma separada, por lo cual se obtienen diversos resultados. En la evaluación del riesgo se pueden tener hasta trece TER diferentes, cinco para comida (pastos, insectos, granos, peces, lombrices) y seis para cada ítem de comida, tres para aves (agudo, corto plazo y largo plazo) y tres para mamíferos (agudo, corto plazo y largo plazo). Este enfoque provee una identificación de los aspectos que representan un riesgo potencial, por ejemplo: un riesgo agudo para insectos el cual no es a largo plazo, pero para aves además de ser agudo también es a largo plazo, este análisis permite que los expertos pueden identificar los riesgos potenciales de relevancia ecológica (European Commission 2000).

2.7.4 Estudios de ERA en el Perú

En el Perú se han realizado algunos estudios en el tema, como el de Iannacone y Alvaríño (2002), donde se realizaron la ERA del insecticida Cartap en tres organismos no destinatarios: los crustáceos *Porcellio laevis* y *Moina macrocopa*, y el himenóptero *Muscidifurax raptorellus* (Himenoptera: Pteromalidae). En este caso en *P. laevis* y *M. raptorellus* no

presentaron ningún riesgo, sin embargo en *M. macrocopa* se presentó un alto riesgo.

La ERA, también ha sido usada para evaluar el riesgo del arseniato de plomo en ocho organismos no destinatarios como la *Daphnia magna* (Cladocera: Daphniidae), *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera), *Trichogramma fuentesi* (Hymenoptera), *Heleobia cumingii*, *Chrysoperla asoralis* (Neuroptera), *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera), *Telenomus remus* (Hymenoptera) y *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) en este estudio todos los organismos presentaron un riesgo para este plaguicida (Iannacone et al. 2009).

Iannacone et al. (2011b) realizaron bioensayos usando carbofurano con organismos no blanco acuáticos y terrestres como *D. magna*, *T. pretiosum*, *Trichogramma pintoi* (Hymenoptera), *Chironomus calligraphus* (Díptera), *Lemna minor* (Aracea), *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Clavicipitaceae), *Tetrapygyus niger* (Arbacioida: Arbaciidae), *Paracheirodon innesi* (Characiformes: Characidae), *Oncorhynchus mykiss* (Salmoniformes: Salmonidae), *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera) y *Coturnix japonica* (Galliformes: Phasianidae), como resultado se obtuvo que este plaguicida afectaba principalmente al ambiente acuático, presentándose una alta mortalidad en *D. magna*, inhibición de formación de hojas para *L. minor* y un nado extraño para *P. innesi*, entre otros.

Por último, Iannacone et al. (2013), realizaron bioensayos en 30 especies acuáticas y terrestres, entre ellas *E. fetida*, en donde se evaluó el riesgo ecotoxicológico del bioplaguicida catahua, *Hura crepitans* (Euphorbiaceae). En este caso se

pudo establecer que *E. fetida* es una especie sensible y el bioplaguicida puede provocar un efecto en esta especie.

2.7.5 Legislación y normativa: Plaguicidas

2.7.5.1 Normativa Internacional

La Comisión Europea, a través de la Directiva 91/414/EEC, da una guía para evaluar, autorizar y aprobar las sustancias activas de productos comerciales usados para la protección de plantas (PPP) en territorio europeo. Esta directiva, toma en cuenta los siguientes aspectos del producto: efectividad, efectos en plantas, animales y humanos, efecto e influencia en el ambiente (de forma especial en el agua y especies no objetivo), residuos de la sustancia pueden ser determinados con métodos apropiados, entre otros. Dentro de las evaluaciones a realizar, para aprobar las sustancias activas, se deben realizar pruebas ecotoxicológicas en múltiples especies no objetivo, como la lombriz de tierra (European Commission 1991).

En Estados Unidos se tienen diversas leyes federales que regulan los pesticidas, de acuerdo a la EPA (2015). Las principales son el Acta Federal de Insecticidas, Fungicidas y Rodenticidas (FIFRA) y el Acta Federal de Alimentos, Drogas y Cosméticos (FFDCA). Ambas leyes han sido modificadas por el Acta para la Protección de la Calidad de los Alimentos de 1996 y Acta del Mejoramiento en el Registro de Pesticidas (PRIA). Eligro (ESA). En todas ellas, se evalúan los riesgos en humanos (acumulativos, ocupacionales y agregados) y el ambiente (contaminación al agua subterránea,

especies amenazadas, especies no objetivo). Este proceso de evaluación, incluye una revisión por pares, donde se evalúa toda la información científica que se tiene del plaguicida.

2.7.5.2 Normativa en el Perú

En el país, se tiene el Reglamento para reforzar las Acciones de Control Post Registro de Plaguicidas Químicos de Uso Agrícola, aprobado mediante D.S. N° 008-2012-AG. Dicho reglamento tiene como objetivo reforzar el control post registro, para minimizar los daños a la salud y el ambiente por el uso de plaguicidas, en el marco de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA). Esta incluye diversas actividades entre ellas: capacitación y asistencia técnica, vigilancia de la calidad de los plaguicidas químicos, su manejo de residuos y desechos, monitoreo de residuos de plaguicidas químicos y otros contaminantes, monitoreo ambiental, entre otros.

En el año 2015, a través del D.S. N° 002-2015-MINAGRI, se aprobó el Reglamento del Sistema Nacional de Plaguicidas de Uso Agrícola, cuyo principal objetivo es prevenir y proteger la salud humana y el ambiente; asimismo, busca orientar el uso y el manejo adecuado de los estos productos químicos durante todo su ciclo de vida. Dentro del Reglamento se indica que a tipo de plaguicidas se les exige registro, cuáles son los procedimientos del registro, en este ítem se incluyen el tipo de evaluaciones a realizar; además, presenta un capítulo sobre la vigilancia y control de los plaguicidas, y la autorización sanitaria de éstos, entre otros.

Por otro lado, el Ministerio de Ambiente (MINAM), ha desarrollado una Guía para la Evaluación de los Riesgos Ambientales, que busca ayudar a determinar el nivel de riesgos ambientales de un área en estudio y posteriormente implementar acciones sustentadas a través de un informe técnico (MINAM 2009). Esta Guía contempla una evaluación del riesgo en tres dimensiones: social, económica y ambiental. Específicamente en el Anexo N° 08, de la guía en mención, se han establecido categorías de toxicidad de sustancias químicas para la ecología, usando el criterio de la CL₅₀ en mamíferos, aves y especies acuáticas.

2.7.6 Problemática de los plaguicidas

La contaminación de suelos es un problema que ha aumentado las actividades industriales, la aplicación excesiva de fertilizantes y pesticidas, la mala gestión de los residuos sólidos municipales y peligrosos, el uso de combustibles fósiles, y la extracción de minerales, entre otros (Alloway 2013).

En Perú, no se conoce la magnitud del problema en relación a la contaminación del suelo (MINAM 2015). Sin embargo, se han desarrollado normativas en relación a los suelos como: los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelos (D.S. N° 002-2013-MINAM), sus disposiciones complementarias y las guías para muestreo y planes de descontaminación (D.S. N° 002-2014-MINAM y R.M. N° 085-2014-MINAM). Dentro del ECA para suelos, plaguicidas como el aldrín, dieldrín, DDT, entre otros; han sido establecidos como parámetros a monitorear.

En relación a la producción agrícola mundial, ésta ha aumentado entre un 2-4% por año durante los últimos 50 años,

mientras que las áreas cultivadas solo un 1% anual (FAO 2013c). El Perú, se encuentra entre los 10 principales países proveedores de alimentos a nivel mundial, de acuerdo al Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). Se espera que en el 2016 la producción agropecuaria aumente en un 3.4%, siendo productos como el arroz, café, espárrago, maíz, plátano, uva, cacao, palta y mandarina, los que más aportarían a dicho crecimiento. Además, se espera que aumenten 126 mil 610 nuevas hectáreas de tierras, en 17 regiones (MINAGRI 2015).

Dentro de los factores relacionados a la agricultura y ganadería, que pueden afectar al ambiente, no solo se tienen a los plaguicidas, también se deben incluir la erosión del suelo, los cultivos extensivos, el sobrepastoreo, la salinización y la desertificación (Doran y Zeiss 2000). Todos estos factores, afectan la calidad del suelo reduciéndola, es decir que el suelo no puede realizar sus funciones adecuadamente, por ejemplo puede haber una alteración de los ciclos biogeoquímicos debido a una reducción en la cobertura vegetal, o también puede haber una reducción en la productividad de los cultivos, por un mal sistema de riego, entre otros (Lewandowski et al. 1999, Doran y Zeiss 2000)

Las estadísticas presentadas por la FAO y por el MINAGRI, se traducen en que habrá una inversión continua en tecnología, maquinarias, fertilizantes, plaguicidas, semillas, métodos de irrigación, pesticidas, entre otros, para facilitar el aumento de la producción. Se conoce que los plaguicidas pueden incrementar la productividad agrícola puesto que son sustancias que además de controlar las plagas también se usan como agentes para el crecimiento de plantas, defoliantes, entre otros; su mal manejo deriva en un riesgo para los humanos y demás especies (FAO 2013c).

Dentro de las sustancias permitidas por el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), para el control de plagas, se encuentran productos donde sus agentes activos son alfa-cipermetrina (piretroide) e imidacloprid.

La alfa-cipermetrina, como se ha mencionado anteriormente es un piretroide. Se conoce que los piretroides son compuestos altamente tóxicos para especies acuáticas no objetivo, son neurotóxicos para algunos animales como las ratas y afectan a organismos polinizadores como las abejas (Madsen et al. 1996, Yilmaz et al. 2004, Yordanova et al. 2009). Además, son compuestos que no tienen suficientes estudios toxicológicos en el medio terrestre y pueden afectar significativamente los procesos de polinización debido a su alta toxicidad en abejas.

Por otro lado, el imidacloprid es un compuesto químico del grupo de los neonicotinoides, además de ser uno de los insecticidas más usados a nivel mundial (Ansoar Rodríguez et al. 2015). Su toxicidad está asociada a la afectación del sistema nervioso causando parálisis y muerte en los insectos, además afecta a los organismos no blanco (Sabourmoghaddam et al. 2014). Debido a su solubilidad y estabilidad en el suelo, es probable que sus residuos puedan moverse y expandirse por el suelo motivo por el cual podría afectar diversos organismos (Sanchez-Bayo et al. 2007). Al ser compuestos con pocos estudios en el ámbito terrestre, es necesario desarrollar investigaciones al respecto.

Finalmente, la necesidad de evaluar los riesgos que estos compuestos químicos generan en el ambiente, específicamente en los suelos, ha llevado a usar a las lombrices como bioindicadores (Paoletti 1999). Las lombrices, son los organismos más dominantes en el suelo y proveen de importantes servicios ecosistémicos, como la formación y

estabilización de agregados y la porosidad (Leveque et al. 2013, Natal-da-Luz et al. 2011). Por este motivo, estos organismos proveen de información importante sobre los riesgos ambientales, siendo útiles como indicadores biológicos por la correlación entre los contaminantes en sus tejidos y en los suelos (Leveque et al. 2013, Nannoni et al. 2014). Además, las lombrices son una fuente de alimento para organismos terrestres como aves, reptiles y pequeños mamíferos, por lo cual, es una ruta por donde los contaminantes pueden ser transferidos hacia la cadena trófica (Nannoni et al. 2014)

III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Hipótesis

(H+): Existe riesgo ambiental del uso combinado de alfa-cipermetrina e imidacloprid en las lombrices de tierra adultas (*E. fetida*).

(H-): No existe riesgo ambiental del uso combinado de alfa-cipermetrina e imidacloprid en las lombrices adultas (*E. fetida*).

3.2 Objetivos

Objetivo Principal

Evaluar el riesgo ambiental de los plaguicidas alfa-cipermetrina e imidacloprid en lombrices de tierra adultas *E. fetida*.

Objetivos Específicos

- Determinar el efecto tóxico de alfa-cipermetrina e imidacloprid en lombrices adultas (*E. fetida*).
- Evaluar el efecto tóxico de la mezcla de alfa-cipermetrina e imidacloprid en lombrices adultas (*E. fetida*).
- Evaluar la evasión de la alfa-cipermetrina e imidacloprid, en ensayos individuales y mezcla, en lombrices adultas (*E. fetida*).
- Determinar el riesgo ambiental de alfa-cipermetrina e imidacloprid y de su mezcla.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Preparación del sustrato artificial

El suelo artificial se preparó con: 1) 10% de musgo de turba, 2) 20% de humus de lombriz, y 3) 70% de arena industrial fina. La mezcla se pasó por un tamiz de 2 mm, se puso un 1 kg de suelo en macetas. Se realizó una caracterización del suelo y análisis granulométricos, en el Laboratorio.

Los resultados obtenidos en la caracterización del suelo, mostraron que el suelo es de tipo arenoso y con un pH de 7,33. También se identificó que es un suelo tipo medio a bajo, en relación al porcentaje de materia orgánica (MO), cuyo valor fue de 2,02. Además, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) presentó un valor de 7,77.

Por otro lado, el análisis granulométrico, mostró que la mayoría de partículas eran del tipo arena con un 93%, siendo la arena fina (0,25 - 0,10 mm) la de mayor presencia. El limo tuvo un porcentaje de 3% y la arcilla de 4%.

4.2 Selección de lombrices

Se seleccionaron individuos adultos (clitelio visible) de *E. fetida*, por contenedor, con un peso entre 200-500 g. Las lombrices seleccionadas fueron aclimatadas en suelos de similares condiciones durante 24 h. Posteriormente se lavaron con agua y se pesaron.

4.3 Plaguicidas

Fastac[®] (i.a. alfa-cipermetrina) (rac-(R)-cyano(3-phenoxyphenyl)methyl (1S,3S)-3-(2,2-dichloroetenyl)-2,2-dimethylcyclopropane-1-carboxylate), C₂₂H₁₉Cl₂NO₃, PM=416,30). Se utilizó el concentrado emulsionable (100 g.L⁻¹ equivalentes de i.a.). Dentro de sus propiedades físicas y químicas tiene un valor de pH= aprox. 7,2; densidad= aprox. 0,919 g/cm³ (20°C); y solubilidad: emulsionable.

Lancer[®] (i.a. imidacloprid) (1-(6-cloro-piridilmetil) N-nitroimidazolidin-2-ilideneamina, $C_9H_{10}ClN_5O_2$, $PM= 255,7$). Se utilizó la suspensión concentrada (350 g.L^{-1} equivalentes de i.a.). Dentro de sus propiedades físicas y químicas tiene un valor de $pH= 6$ (al 1%), densidad= $1,54 \text{ g.L}^{-1}(23^\circ\text{C})$; solubilidad en agua: $610 \text{ g.L}^{-1}(20^\circ\text{C})$.

4.4 Bioensayos

Se realizaron tres bioensayos de toxicidad, dos de ellos de forma individual para cada plaguicida y un tercero usando una mezcla de ambos plaguicidas. También se realizaron para la pruebas de evasión, las cuales se realizaron para cada plaguicida y posteriormente su mezcla.

4.4.1 Alfa-cipermetrina

Se establecieron seis concentraciones de alfa-cipermetrina (2025, 675, 225, 75, 25 y 8.3 mg.L^{-1}) y un control, con cuatro repeticiones cada una.

Para la elaboración de las concentraciones, se realizó una solución usando 5,06 mL de plaguicida, obteniendo la máxima concentración ($2,025 \text{ g.L}^{-1}$). A partir de esta concentración, se realizó un proceso de dilución para obtener las demás concentraciones.

Para el bioensayo se usaron contenedores con 1 kg de sustrato artificial, posteriormente se les adicionaron 40 mL de cada sustancia al sustrato de forma homogénea. Luego, se adicionaron 10 lombrices adultas, las cuales fueron previamente climatizadas.

La duración del bioensayo fue de 14 días, en donde se regó día de por medio, para mantener la humedad el suelo. A los siete días de comenzar el bioensayo se extrajeron las lombrices de cada contenedor, se tomaron los puntos finales de mortalidad, síntomas físicos (fragmentación: partición de la lombriz y oscurecimiento:

cambio en el color de la lombriz) y peso húmedo. Después de 14 días, se procedió a la extracción de las lombrices en su totalidad, se tomaron los puntos finales de mortalidad, peso húmedo y peso seco, para este último las lombrices fueron llevadas al horno a una temperatura de 40°C durante 72 h.

4.4.2 Imidacloprid

Se establecieron seis concentraciones de imidacloprid (128, 32, 8, 2, 0,5 y 0,125 mg.L⁻¹) y un control, con cuatro repeticiones cada una.

Para la elaboración de la concentraciones, se realizó una solución madre usando 0,5 mL de Lancer®, obteniendo con una concentración de 0,175 g.L⁻¹. Posteriormente, se extrajeron 183 mL de solución madre y se adicionó agua hasta tener un volumen de 250 mL, obteniendo así la máxima concentración de 0,128 g.L⁻¹. A partir de esta concentración, se realizó un proceso de dilución para obtener las demás concentraciones.

El montaje y toma de puntos finales para el imidacloprid fue el mismo usado en el bioensayo de la alfa-cipermetrina.

4.4.3 Mezclas

Para establecer la proporción de cada plaguicida en la mezcla, se realizó previamente el bioensayo individual para cada uno identificando su CL₅₀. Basado en estos datos, se establecieron cinco concentraciones de las mezclas equitóxicas. Los valores de CL₅₀ de cada plaguicida se usaron en la concentración C₄, la máxima concentración (C₅) es dos veces la dosis de CL₅₀ (C₄) y las concentraciones menores (C₃, C₂ y C₁), son la mitad de su concentración anterior (Chen et al. 2014, Schung et al. 2015).

Al igual que los bioensayos individuales, se realizó el mismo procedimiento en el montaje y la toma de puntos finales.

4.5 Ensayos de evasión

Para el análisis de comportamiento, se usó un método de doble cámara (OECD 1984, Schaefer 2003, Zhou et al. 2011), se usaron recipientes plásticos que contenían suelo contaminado y no contaminado, se pusieron 10 lombrices y se tapó el recipiente para dejarlas pasar libremente. Después de 48 h, se separaron ambos suelos usando una barrera, y se procedió a contabilizar el número de individuos en cada lado. Esta prueba se realizó para el imidacloprid, la alfa-cipermetrina y la mezcla, contó con siete repeticiones para cada uno.

Se usó una concentración subletal para cada uno, con un valor de 0,468 mg.L⁻¹ para imidacloprid y para alfa-cipermetrina un valor de 68,22 mg.L⁻¹, obtenidas en los ensayos individuales. En el caso de la mezcla, se realizó una mezcla con los valores anteriores.

Para la prueba de evasión de lombrices teniendo concentraciones subletales. De acuerdo a De Silva y van Gestel (2009) la determinación de la evasión se usa la siguiente fórmula:

$$NR (E) = \frac{C - T}{N} \times 100$$

Donde NR es el porcentaje de evasión, C es el número de lombrices en el suelo control, T es el número de lombrices en el suelo contaminado, y N es el número total de lombrices al comenzar la prueba. Un porcentaje positivo indica evasión del suelo contaminado, un cero significa no evasión, y un porcentaje negativo indica atracción por el pesticida tratado (Alves et al. 2013).

Posteriormente se realizó una prueba Chi-cuadrado (χ^2) para verificar si existe una dependencia entre la evasión y la presencia de contaminante para los ensayos individuales y su mezcla.

4.6 Análisis de datos

La eficacia de los tratamientos y las repeticiones se evaluaron a través de un análisis de varianza (ANDEVA o ANOVA) de dos vías con prueba a posteriori de Tukey. Los datos fueron previamente normalizados (transformación de los datos a raíz cuadrada del arco seno). Las concentraciones letales medias fueron determinadas usando el programa Probit versión 1,5. El modelo de regresión fue verificado con el estadístico Chi-cuadrado (χ^2). Se usó el paquete estadístico SPSS, para calcular los estadísticos descriptivos e inferenciales a un nivel de significancia de 0,05 (Iannacone et al. 2011b).

Por otro lado, para determinar el posible impacto ambiental de los plaguicidas en el estudio se usó el criterio basado en los valores de toxicidad por exposición (TER). Según el Anexo 6 de la Directiva 91/414/EEC de la Comisión Europea, citada por Hartnik et al. (2008), si el valor del TER agudo es menor a 10 y/o el TER crónico es menor a cinco, en condiciones de campo para lombrices, no se debe dar una autorización para el uso de plaguicidas. En este caso se calculó el valor del TER agudo y crónico, para el primero se usaron los valores de CL_{50} y para el segundo los valores NOEC o LOEC, con la siguiente ecuación:

$$TER = \frac{EC_{50} \text{ o } CL_{50} \text{ o } NOEC \text{ o } LOEC}{PEC}$$

Siendo PEC, la concentración ambiental prevista para cada contaminante que se halló en la literatura, y usando los valores de CL_{50} , NOEC y LOEC hallados en el estudio.

Asimismo, la toxicidad de la mezcla se determinó de acuerdo a Iannacone et al. (2011a) empleando la siguiente ecuación:

$$UT_{mezcla} = \left[\frac{NOEC \text{ o } LOEC \text{ o } CL_{50} \text{ alfa - cipermetrina (en mezcla)}}{NOEC \text{ o } LOEC \text{ o } CL_{50} \text{ alfa - cipermetrina (individual)}} \right] + \left[\frac{NOEC \text{ o } LOEC \text{ o } CL_{50} \text{ imidacloprid (en mezcla)}}{NOEC \text{ o } LOEC \text{ o } CL_{50} \text{ imidacloprid (individual)}} \right]$$

V. RESULTADOS

5.1 Pruebas de toxicidad aguda

En general, el imidacloprid presentó una mayor toxicidad, en términos de mortalidad, a comparación de la alfa-cipermetrina como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Porcentaje de mortalidad de los plaguicidas

Ingredientes activos	Parámetros	
	Concentración (mg. kg ⁻¹)	Mortalidad (%)
Alfa-cipermetrina	Control	0
	8,3a	12,5
	25a	16,67
	75a,b	25
	225b	50
	675a,b	54,17
	2025b	75
	Control	0
Imidacloprid	0,125a	20,69
	0,5a	27,59
	2a,b,c	44,83
	8a,b,c	48,28
	32b,c	86,21
	128c	100

FUENTE: *Elaboración propia*

En los ensayos individuales se obtuvo valores de CL₅₀ para imidacloprid y alfa-cipermetrina de 2,34 mg.kg⁻¹ y 341,1 mg.kg⁻¹, respectivamente (Tabla 6).

Por otro lado, con respecto al CL₅₀ de la mezcla, al realizar el análisis de varianza (ANOVA), no se encontró una relación significativa entre la concentración de la mezcla y la mortalidad, por lo tanto no se pudo establecer este valor. Sin embargo, se encontró relación con los pesos, y se halló el NOEC y LOEC.

Tabla 6. Parámetros toxicológicos (CL₅₀, límites superiores e inferiores, NOEC, LOEC) para los ensayos individuales

Parámetros	Ingredientes activos (mg. kg ⁻¹)		
	Alfa-cipermetrina	Imidacloprid	Mezcla
CL ₅₀	341,1	2,34	-
Límite inferior (95%)	26, 8	1,66	-
Límite superior (95%)	1200, 5	11,7	-
NOEC	75	8	341,1 o 2,34
LOEC	225	32	682,2 o 4,68

CL₅₀= concentración letal media, NOEC= concentración de efecto no observado, LOEC= concentración más baja donde se observa efecto

FUENTE: Elaboración propia

5.2 Prueba de evasión de lombrices

Los resultados obtenidos en esta prueba nos indican que el porcentaje de evasión del imidacloprid, la alfa-cipermetrina y la mezcla de ambos, tienen los valores de 2,85%, 7,14% y 22,85% respectivamente. Todos los porcentajes son positivos, lo cual es un indicador del comportamiento de evasión, por parte de las lombrices, hacia el suelo contaminado. Los resultados obtenidos, se muestran en la Tabla 7. El análisis del Chi- cuadrado (χ^2), nos arrojó un valor *p*-value de 0,779 y 0,400, para imidacloprid y alfa-cipermetrina respectivamente; dado que el *p*-value > 0,05, estos resultados nos indican que no hay una relación entre la evasión y la presencia del tóxico. Por otro lado, el *p*-value para la mezcla tuvo un valor de 0,022, obteniendo que un *p*-value < 0,05, por lo cual sí existe una relación entre la evasión y la presencia del tóxico.

Tabla 7. Resultados prueba de evasión

Parámetros	Ingredientes activos (mg. kg ⁻¹)		
	Alfa-cipermetrina	Imidacloprid	Mezcla
Con tóxico	32 (45.8%)	34 (48.6%)	27 (38.6%)
Sin tóxico	38 (54.2%)	36 (51.4%)	43 (61.4%)

FUENTE: Elaboración propia

5.3 Otros puntos finales

Además de la mortalidad, se usaron otros puntos finales como: fragmentación, necrosis, peso húmedo y peso seco. Para los dos primeros parámetros no se evidenció un comportamiento relacionado al aumento de concentraciones, fue más bien aleatorio.

En primer lugar, respecto al peso húmedo, el cual fue medido a los 7 y 14 días, para el imidacloprid hubo una disminución en el peso de las lombrices a lo largo del tiempo. Los resultados a los 7 y 14 días, presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en las concentraciones de 0,125 a 8 mg.kg⁻¹ con respecto al control. De igual modo, para alfa-cipermetrina se presentaron diferencias significativas en todas las concentraciones a excepción de 225 y 2025 mg.kg⁻¹, a los 7 y 14 días. En general, para ambos ingredientes activos, se presentó un efecto el cual a mayor concentración hay un aumento en la disminución de biomasa.

Por su parte, para las mezclas en donde la mayor disminución de peso se obtuvo en la máxima concentración con una reducción del 42% de la masa, seguida de la segunda concentración más alta con una reducción del 25%, la única concentración que no presentó una reducción en su peso sino un leve aumento fue la concentración mínima; mientras, el control presentó una reducción de peso del 15%, siendo levemente superior a las concentraciones más bajas. En base a los resultados estadísticos, la mezcla tiene un efecto en la disminución en el peso húmedo de los organismos.

En segundo lugar, el peso seco en el imidacloprid presentó diferencias significativas entre las concentraciones y el control, exceptuando las dos más altas concentraciones; esto mismo se evidenció en la alfa-cipermetrina, siendo la máxima concentración la única que no presentó esta diferencia con el control.

Por otro lado, la mezcla al igual que en los ensayos individuales, hubo una disminución en el peso seco promedio. Todas las concentraciones de la mezcla, presentaron diferencias significativas con el control, excepto la máxima concentración. En general, resultado del peso seco, es una corroboración del peso húmedo mencionado anteriormente. Por lo cual, sí existe una reducción en la biomasa seca a mayor concentración. Los valores de los pesos secos y húmedos, para ambos plaguicidas y su mezcla, se ven en la Tabla 8.

Tabla 8. Variación de pesos húmedos y secos en los ensayos individuales y mezcla

i.a	Parámetros			
	C (mg. kg ⁻¹)	Ps (mg)	Ph 7d (mg)	Ph 14d (mg)
Alfa-cipermetrina	Control	0,070a	0,338a	0,416a
	C ₁	0,057ab	0,279ab	0,283ab
	C ₂	0,052ab	0,280ab	0,294ab
	C ₃	0,049ab	0,247ab	0,285ab
	C ₄	0,039ab	0,128b	0,180b
	C ₅	0,048ab	0,270ab	0,251ab
	C ₆	0,020b	0,138ab	0,120b
Imidacloprid	Control	0,051a	0,291a	0,207a
	C ₁	0,059a	0,316a	0,264a
	C ₂	0,054a	0,286a	0,247a
	C ₃	0,048a	0,290a	0,266a
	C ₄	0,045b	0,285b	0,243b
	C ₅	0,033b	0,284b	0,185b
	C ₆	-	-	-
Mezcla	Control	0,056a	0,312a	0,267a
	C ₁	0,051a	0,252a	0,262a
	C ₂	0,047a	0,248a	0,227a
	C ₃	0,053a	0,270a	0,240a
	C ₄	0,043a	0,251a	0,187a
	C ₅	0,031b	0,219b	0,128b

i.a= ingredientes activos; C= concentración; Ps= peso seco; Ph= peso húmedo FUENTE: Elaboración propia

5.4 Evaluación del riesgo y toxicidad

Al realizar el análisis de varianza de la mezcla, arrojó diferencias significativas ($P > 0.05$), por lo cual no se presentaría una relación entre la concentración del plaguicida y la mortalidad, por lo cual un valor CL_{50} no se pudo determinar. Por la razón anterior, se usó la máxima concentración para cada plaguicida como la CL_{50} de cada compuesto en la mezcla. Asimismo, se analizaron los efectos subletales de peso seco y húmedo, los cuales presentaron una relación con la concentración, por lo cual se usaron los valores de NOEC y LOEC, para realizar una evaluación de riesgo. Los valores de TER hallados se muestran en la Tabla 9, a continuación.

Tabla 9. Valores de PEC y TER

Parámetro	Imidacloprid	Alfa-cipermetrina
PEC ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,33 (Capoweiz <i>et al.</i> 2003)	0,0592 (BASF 2014)
TERa (CL_{50})	7,09	576,18
TERc (NOEC)	24,24	1266,89
TERc (LOEC)	96,96	3800,67

PEC= concentración ambiental prevista; TERa= toxicidad por exposición aguda; TERc= toxicidad por exposición crónica; CL_{50} = concentración letal media, NOEC= concentración de efecto no observado, LOEC= concentración más baja donde se observa efecto

FUENTE: Elaboración propia

Por otro lado, se halló la relación tóxica entre ambos plaguicidas usando las unidades tóxicas (UT), con la ecuación mencionada en el procedimiento. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Valores de unidades tóxicas (UT)

Parámetros	UT
CL ₅₀	4
NOEC	4,84
LOEC	3,17

UT= unidades tóxicas, CL₅₀= concentración letal media, NOEC= concentración de efecto no observado, LOEC= concentración más baja donde se observa efecto

FUENTE: Elaboración propia

Los resultados obtenidos fueron superiores a uno, lo cual representa un carácter antagónico entre ambos plaguicidas, es decir que en conjunto, los efectos que podrían generar ambos plaguicidas en las lombrices, no aumentan sino disminuyen.

VI. DISCUSIÓN

6.1 Ensayos individuales: toxicidad aguda y otros puntos finales

En este estudio *E. fetida* presentó efectos en la mortalidad y reducción de peso para el imidacloprid ($CL_{50} = 2,34 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Resultados similares se han encontrado en otras investigaciones, Luo et al. (1999) obtuvo un valor de $CL_{50} = 2,30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, también el estudio de Gomez-Eyles et al. (2009) presentó mortalidad desde la concentración $1,91 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ($CL_{50} = 2,36 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Zang et al. (2000) tuvo valores de $CL_{50} = 1,23 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y $0,77 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en exposiciones de 24 h y 48 h. Valores semejantes se encontraron en estudios de Wang et al. (2012) y Chen et al. (2014) ($CL_{50} = 2,82 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, para ambos estudios) en donde se evidenció una relación dependiente de la concentración y donde la mortalidad aumentó a mayor tiempo de exposición.

En base a la literatura se ha estimado que el valor de CL_{50} para las lombrices de tierra expuestas a imidacloprid se encuentra en un rango de 1-10 ppm dependiendo de las especies (Capoweiz et al. 2003); el valor obtenido en el trabajo realizado, el cual fue de $2,34 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, se encuentra dentro de este rango.

También, se han identificado diversos factores como la materia orgánica, pH, temperatura, humedad, tiempo de exposición, textura, entre otros, influyen la variación del CL_{50} (Alves et al. 2013). En este sentido, se ha establecido que la cantidad de carbono orgánico presente en el suelo tiene una relación directa con la absorción del compuesto, es decir que a mayor cantidad de carbono orgánico, mayor será la absorción de éste, esta correlación también aplica para la CIC; sin embargo no ocurre lo mismo con el pH y la cantidad de arcilla en el suelo (Oliveira et al. 2000, Sharma y Singh 2014, Liu et al. 2006, Cox et al. 2014). La cantidad de carbono orgánico y la CIC, en la presente investigación, no son muy altas, por lo cual no habría mucha absorción en las partículas del suelo, y por ende el plaguicida estaría disponible en el agua del suelo y podría ser absorbido a través

de la piel de la lombriz de tierra. El imidacloprid, al ser catalogado como ligeramente móvil a inmóvil (Oliveira et al. 2000), se mantendría por largo tiempo en el suelo, por ende estaría en mayor contacto con las lombrices. En lo referido al pH y la textura, de acuerdo a Oliveria et al. 2000, no habría relación entre la toxicidad y estas propiedades del suelo.

El imidacloprid, un compuesto neonicotinoide, es uno de los más usados a nivel mundial debido a su gran efectividad en el control de plagas. Al comparar su toxicidad, usando *E. fetida*, con otros tipos de plaguicidas (piretroides, insecticidas antibióticos, carbamatos, insecticidas que regulan el crecimiento de insectos y organofosforados), éstos han mostrado ser más tóxicos (Wang et al. 2012). Su alta toxicidad ha podido ser verificada en el presente estudio, donde a concentraciones bajas, por ejemplo 2 mg.kg^{-1} la CL_{50} alcanzaba un 60%. Esta alta toxicidad, se debe al mecanismo de acción del imidacloprid, el cual bloquea el receptor de la acetilcolina (neurotransmisor), acumulándola en el organismo y por ende afectando el sistema nervioso, esto deriva en parálisis de músculos y órganos, que podría a largo plazo matar al individuo (Capoweiz et al. 2003, Alves et al. 2013)

La pérdida de biomasa en las lombrices puede ser un indicador de los efectos subletales a la exposición del contaminante. Capoweiz y Bérard (2006), intentaron establecer una relación entre la pérdida de peso y la longitud de las cavidades (indicador de comportamiento) realizadas por las especies *A. nocturna* y *A. icterica*, sin embargo no se pudo identificar una clara relación entre ambas variables, dado que factores como, el poco contenido intestinal por la falta de alimento, o una afectación del esqueleto hidráulico de las lombrices, podrían influenciar su comportamiento. Algunas de estas investigaciones han identificado otros efectos del imidacloprid en las lombrices, que podrían estar relacionadas con una reducción del peso. Al respecto, Luo et al. (1999) identificaron una reducción en las actividades de la

celulasa en *E. fetida*, al aumentar su tiempo de exposición a bajas concentraciones, puesto que la actividad de la celulasa se relaciona con la eficiencia en la alimentación, una afectación en ésta podría generar una disminución en el peso (Alves et al. 2013).

Con respecto al análisis de evasión, en el estudio de Capoweiz y Bérard (2006), las especies no mostraron una evasión hacia el plaguicida, estos resultados concuerdan con los obtenidos. En este caso, las lombrices no tienden a evadir el suelo contaminado; se debe destacar que las especies usadas son diferentes, *E. fetida* es una lombriz epigea (vive en la superficie del suelo, tamaño pequeño), mientras que las usadas por los autores fueron anecicas (realizan túneles verticales, de gran tamaño) y endogeicas (realizan túneles horizontales, de tamaño variable).

Por otro lado, los resultados de la CL_{50} de la alfa-cipermetrina se encuentran dentro del límite establecido en investigaciones anteriores por Inglesfield (1984), citado por Hartnik et al. (2008), en donde este valor debe ser superior a 100 mg.kg^{-1} . Otros estudios como el del Wang et al. (2012), han encontrado valores para la cipermetrina de 1272 mg.kg^{-1} , también Hartnik y Stryrshave (2008) tuvieron datos superiores a 1000 mg.kg^{-1} , dado que recién a esa concentración de observó letalidad. Otras investigaciones han presentado valores inferiores a 100 mg.kg^{-1} , como Zhou et al. (2008) y Zhou et al. (2011) donde los valores fueron $84,14 \text{ mg.kg}^{-1}$ y $86,04 \text{ mg.kg}^{-1}$ respectivamente, donde sí se evidenció una relación dosis-respuesta positiva.

Dentro de las variables que influyen la exposición del organismo a la alfa-cipermetrina se tienen: la forma de presentación del químico en el suelo y la materia orgánica. Se ha demostrado que esta última, tiene una gran absorción de la alfa-cipermetrina y se prevé la presencia de poco compuesto disuelto en los poros de agua. Es necesaria su disponibilidad en fase acuosa para ser tomada por el organismo por medio de la cutícula o la ingestión (Hartnik y Stryrshave 2008, Hartnik

et al. 2008, Styryshave et al. 2010). En este sentido, la cantidad de MO en el suelo de la investigación se encuentra en un rango medio-bajo, por lo cual no habría mucha absorción del contaminante. Con respecto a la forma de presentación, la usada en este estudio se diluía en el agua, por lo cual el compuesto se encontraba más disponible en el agua del suelo y sus partículas, y habría mayor exposición al contaminante por parte de las lombrices.

También se ha establecido que los piretroides como la cipermetrina, son compuestos fotodegradables y al ser expuestos a la luz se degradan rápidamente (Gupta et al. 2011). Otros factores como la forma de alimentación influyen la acumulación de los plaguicidas en el ambiente, además varía de acuerdo a cada especie (Hartnik y Styryshave 2008). Wang et al. (2012), identificaron que estos compuestos son más fáciles de absorber a través de la cutícula, dado que presentaron mayor toxicidad en la prueba por contacto. Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Hartnik et al. (2008), en donde se compararon las toxicidades entre lombrices, caracoles y colémbolos, siendo las lombrices las que presentaron mayor toxicidad. Los autores consideran que esto se da porque éstas tienen mayor contacto con el suelo y el agua que hay en este, y las diferencias en la membrana de permeabilidad, que se dan entre las especies.

Según Wang et al. (2012), se ha demostrado que muchos piretroides, familia de plaguicidas a la cual pertenece la alfa-cipermetrina, no son tóxicos para las lombrices. La baja toxicidad de la alfa-cipermetrina, se puede dar por su rápido metabolismo, el cual puede ser de dos formas: que se metabolice antes de llegar al nervio central o que se una al receptor y sea redistribuido entre los receptores y el tejido; también se cree que los metabolitos no se unen a las biomoléculas, por lo cual se acumula y presenta muy baja excreción (Hartnik y Styryshave 2008). Por su parte, Diao et al. (2011) encontraron que la alfa-cipermetrina era absorbida por la lombriz rápidamente y de forma

enantioselectiva, es decir que tiene preferencia por algunos enantiómeros. Además, se identificó que la degradación de éstos, en los suelos, también presenta enantioselectividad.

En esta investigación, no se identificó una clara evasión por parte de las lombrices hacia el suelo contaminado. Este tipo de comportamiento difiere a lo observado en los estudios de Zhou et al. (2008) y Zhou et al. (2011), en donde se presentó una evasión a mayores concentraciones. Este comportamiento se justifica por el amplio número de quimio receptores que tienen las lombrices en la superficie de su cuerpo (Zhou et al. 2007).

En lo referido a la variación en los pesos, los resultados muestran una reducción a mayor concentración, esto concuerda con los resultados de Zhou et al. (2008), donde el peso muestra efectos adversos de la cipermetrina. Sechi et al. (2014) también identificó un efecto adverso en el peso húmedo en *E. fetida*, por parte de la alfa-cipermetrina a las cuatro semanas de exposición, sin embargo, al aumentar su exposición a ocho semanas su peso aumentó.

6.2 Evaluación del riesgo

Para el ingrediente activo del imidacloprid, los resultados obtenidos del TER agudo muestran valores de alta toxicidad, esto se ha corroborado en estudios de Chen et al. (2014) y Wang et al. (2012), en donde el imidacloprid siempre ha tenido altas toxicidades al compararlo con otros plaguicidas. De acuerdo a la normativa de la Unión Europea, este valor de TER agudo, es inferior a 10, por lo cual el plaguicida representaría un riesgo para el ambiente. Sin embargo, sus valores de TER crónico tienen valores superiores a cinco, lo cual no generaría un efecto adverso.

Por otro lado, los valores de CL₅₀ hallados son de 10 a 100 veces superiores a la concentración ambiental esperada (PEC = 0,33), sin

embargo, su clasificación lo considera como un compuesto no dañino para el ambiente, lo cual sería incorrecto (Alves et al. 2013). Por ejemplo, usando la normativa de la República de China, los plaguicidas considerados altamente tóxicos tiene un $CL_{50} < 1 \text{ mg.kg}^{-1}$, $1-10 \text{ mg.kg}^{-1}$ son plaguicidas medianamente tóxicos y $> 10 \text{ mg.kg}^{-1}$ son poco tóxicos (Zhou et al. 2008), el imidacloprid sería un plaguicida con una toxicidad mediana.

Los resultados de toxicidad obtenidos en el ensayo para la alfa-cipermetrina se encuentran por debajo de los establecidos en el reporte de la Unión Europea, respecto a este compuesto, en donde el valor del TER agudo es de 1500, según lo citado por Hartnik et al. (2008). Por su parte, el TER crónico para la alfa-cipermetrina, no representaría un riesgo al ambiente usando la normativa europea, dado que sus valores no son inferiores a cinco.

En este sentido, los estudios de Hartnik et al. (2008) y Hartnik y Styryshave (2010), obtuvieron valores inferiores a los de la Unión Europea, por lo cual la alfa-cipermetrina no representaría un riesgo para las lombrices. Por otro lado, de acuerdo a los límites establecidos por la normativa de china, para la evaluación del riesgo ambiental de los plaguicidas, la alfa-cipermetrina sería un compuesto con baja toxicidad para el ambiente.

En los ensayos individuales, usando el criterio de TER agudo, se ha establecido que la alfa-cipermetrina no presenta un riesgo al ambiente, sin embargo no ocurrió lo mismo para el imidacloprid. Mientras que al usar el criterio de TER crónico, ninguno de los plaguicidas en estudio representa un riesgo. Por otro lado, se ha realizado el ensayo de la mezcla de plaguicidas, dado que en el campo se usan múltiples plaguicidas o una mezcla de éstos, por su rápida acción, efectividad y conveniencia; además se conoce que esta mezcla o mixtura podría tener efectos sinérgicos, en otras palabras podría aumentar la toxicidad (Zhou et al. 2011, Wang et al. 2012, Chen et al. 2014).

En la mezcla de imidacloprid y alfa-cipermetrina, no se halló una relación entre la mortalidad y la concentración de la mezcla. Por otro lado, los valores de NOEC correspondieron al valor de la CL_{50} de cada plaguicida en los ensayos individuales, mientras que la LOEC correspondió al doble de valor. En este caso en particular, los resultados obtenidos son acordes con el análisis de las unidades tóxicas, en donde se halló que la mezcla tiene un carácter antagónico, por lo cual su efecto en la mortalidad no aumentaría sino disminuiría.

Sin embargo, sí se presentó una relación con los pesos húmedos y secos, en donde se evidenció una leve reducción de éstos, al comparar los valores a los 7 y 14 días. Con esto, se podría decir que la mezcla tiene un efecto subletal en las lombrices.

En estudios realizados en mezcla de imidacloprid con butaclor y clorpirifos, por Chen et al. (2014), ambos han presentado una acción combinada antagónica, y además se evidenció valores de CL_{50} más tóxicos en imidacloprid que en los otros compuestos en la mezcla a los siete días. Mientras que a los 14 días, la acción fue una concentración de adición, es decir que los efectos no presentan ninguna interacción, simplemente son la suma de sus efectos individuales.

Por otro lado, la investigación de la mezcla de cipermetrina y clorpirifos, elaborado por Zhou et al. (2011), ha mostrado tener mayor toxicidad en la lombrices que la aplicación individual de los plaguicidas. Además pudieron establecer que esta mezcla, aumentó la toxicidad aguda y crónica, siendo esta última la que mayores efectos tiene en aspectos como la reproducción y el crecimiento, por lo cual a largo plazo podría devenir en afectación a la calidad de los suelos.

En general, según la evaluación del riesgo usando los valores de toxicidad aguda, ambos plaguicidas no representan un riesgo ambiental alto para el ambiente. Basado en la literatura, se ha

establecido que los estudios de toxicidad aguda no representan los resultados a largo plazo que se pueden presentar en el ambiente. La consideración de puntos finales subletales, dan más respuestas sobre el comportamiento de los compuestos químicos en el ambiente, en el caso de estudio, el uso de la reducción del peso (crecimiento) y la evasión (comportamiento), han arrojado que sí se presenta un efecto subletal en la lombrices, lo cual a largo plazo podría devenir en una afectación en la calidad del suelo por su migración a sitios no contaminados y una posible reducción de su población debido a una afectación en su crecimiento.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- Los resultados de la toxicidad aguda para imidacloprid, muestran que este compuesto presenta una toxicidad alta para las lombrices. Los efectos del imidacloprid, no solo disminuyen la supervivencia de las lombrices, sino también afectan su peso.
- La alfa-cipermetrina, ha presentado una toxicidad evidente en las lombrices. Los efectos de la alfa-cipermetrina, al igual que del imidacloprid, se dan en la supervivencia de los organismos, como en su peso.
- La mezcla tiene un carácter antagónico, no presentó una toxicidad aguda (mortalidad) evidente, pero sí tuvo efectos subletales en las lombrices.
- Con respecto al análisis de evasión, los resultados obtenidos muestran un claro comportamiento de repelencia por parte de las lombrices en la mezcla, sin embargo no hay una relación entre evasión y presencia de tóxico, a la concentración usada, en los ensayos individuales de alfa-cipermetrina e imidacloprid.
- La evaluación riesgo ambiental usando la toxicidad aguda, arrojó como resultado de los ensayos individuales, que la alfa-cipermetrina no representa un riesgo para el ambiente, a diferencia del imidacloprid. Por otro lado, al analizarlos usando la toxicidad crónica, ninguno éstos compuestos representa un riesgo ambiental.

7.2 Recomendaciones

- El análisis de otros efectos subletales como la elaboración de túneles, análisis de ADN, esperma o lisosomas, para ampliar el conocimiento sobre los efectos crónicos de ambos plaguicidas en la lombrices, y así

poder tener una visión más amplia al momento de tomar la decisión de mantener la autorización del uso de estos plaguicidas o retirarla.

- Evaluar estos mismos plaguicidas con especies diferentes de lombrices u otros animales terrestres (colémbolos, oniscídeos, entre otros) y así comparar los resultados obtenidos, para identificar y evaluar cómo es el efecto de estos plaguicidas en la comunidad terrestre, y así determinar si existe o no un riesgo por su uso en la calidad del suelo.
- Realizar ensayos con suelos agrícolas del Perú y poder evaluar los efectos de ambos plaguicidas en éstos suelos.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alloway, B. (2013). Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in soils and their bioavailability. *Environmental Pollution*. DOI: 10.1007/978-94-007-4470-7.
- Alves, P., Cardoso, E., Martines, A., Sousa, J.P., y Pasini, A. (2013). Earthworm ecotoxicological assessments of pesticides used to treat seeds under tropical conditions. *Chemosphere*, 90, 2674-2682.
- Angers, A., y Caron, J. (1998). Plant-induced changes in soil structure: Processes and feedbacks. *Biogeochemistry*, 42, 55-72.
- Anhalt, J.C., Moorman, T.B., y Koskinen, W.C. (2007) Biodegradation of imidacloprid by an isolated soil microorganism. *Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 42 (5), 509-514.
- Ansoar Rodríguez, Y., Christofolletti, C. Ap., Pedro, J., Correa Bueno, O., Malaspina, O., Costa Ferreira, R.A., y Fontanetti, C. S. (2015). *Allium cepa* and *Tradescantia pallida* bioassays to evaluate effects of the insecticide imidacloprid. *Chemosphere*, 120, 438–442.
- Aqeel, M., Maah, M., y Yusoff I. (2014). Soil Contamination, Risk Assessment and Remediation. En M.C. Hernandez-Soriano (Eds.). *Environmental Risk Assessment of Soil Contamination* (pp. 3-56). <http://dx.doi.org/10.5772/57287>.
- Arfat, Y., Mahmood, N., Tahir, M.U., Rashid, M., Anjume, S., Zhao, F., Li, D., SunY., Hu, L., Zhihao, C., Yin, C., Shang, P., y Qian, A. (2014). Effect of imidacloprid on hepatotoxicity and nephrotoxicity in male albino mice. *Toxicology Reports*, 1, 554–561.
- Arnold, R.E., Hodson, M.E., Black, S., y Davies, N.A. (2003). The influence of mineral solubility and soil solution concentration on the toxicity of copper to *Eisenia fetida* Savigny. *Pedobiologia* 47, 622–632.
- Babut, M., Arts, G.H., Caracciolo, A.B., Carluer, N., Domange, N., Friberg, N., Gouy, V., Grung, M., Lagadic, L., Martin-Laurent, F., Mazzella, N., Pesce, S., Real, B., Reichenberger, S., Roex, E.W.M.,

- Romijn, K., Röttele, M., Stenrød, M., Tournebize, J., Vernier, F., y Vindimian, E. (2013). Pesticide risk assessment and management in a globally changing world- report from a European interdisciplinary workshop. *Environ Sci Pollut Res* 20, 8298–8312.
- BASF. (2014). Registration Report: Alpha-cypermethrin, Central Zone: Germany.
 - Capowiez, Y., y Bérard, A. (2006). Assessment of the effects of imidacloprid on the behavior of two earthworm species (*Aporrectodea nocturna* and *Allolobophora icterica*) using 2D terraria. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 64, 198–206.
 - Capowiez, Y., Rault, M., Mazzia, C., y Belzunces, L. (2003). Earthworm behaviour as a biomarker- a case study in imidacloprid. *Pedobiologia*, 47, 542-547.
 - Castellanos- Navarrete, A., Rodríguez-Aragonés, C., de Goede, R.G.M., Kooistra, M.J., Sayre, K.D., Brussaard, L., y Pulleman, M.M. (2012). Earthworm activity and soil structural changes under conservation agricultura in central Mexico. *Soil & Tillage Research*, 123, 61-70.
 - Chahil, G.S., Mandal, K., Kumar Sahoo, S., Battu, R.S., y Singh, B. (2014). Risk assessment of β -cyfluthrin and imidacloprid in chickpea pods and leaves. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 101, 177–183.
 - Chen, C., Wang, Y., Zhao, X., Wang, Q., y Qian, Y. (2014). Comparative and combined acute toxicity of butachlor, imidacloprid and chlorpyrifos on earthworm, *Eisenia fetida*. *Chemosphere*, 100, 111–115.
 - Condés-Lara, M., Graff-Guerrero, A., y Vega-Riveroll, L. (1999). Effects of Cypermethrin on the Electroencephalographic Activity of the Rat: A Model of Chemically Induced Seizures. *Neurotoxicology and Teratology*, Vol. 21, No. 3, 293–298.
 - Connon, R., Geist, J., y Werner, I. (2012). Effect-Based Tools for Monitoring and Predicting the Ecotoxicological Effects of Chemicals

in the Aquatic Environment. *Sensors*, 12 (12741-12771); doi:10.3390/s120912741.

- Cosmin, L., Măicăneanu, A., Ioana Forț, C., y Danciu, V. (2013). Alpha-Cypermethrin Pesticide Adsorption on Carbon Aerogel and Xerogel. *Separation Science and Technology*, 48, No. 17, 2649-2658.
- Cox, L., Koskinen, W.C., y Yen, P.Y. (1998). Influence of soil properties on sorption-desorption of imidacloprid. *Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 33, No. 2, 123-134.
- Cycoń, M., Markowicz, A., Borymski, S., Wójcik, M., y Piotrowska-Seget, Z. (2013). Imidacloprid induces changes in the structure, genetic diversity and catabolic activity of soil microbial communities. *Journal of Environmental Management*, 131, 55-65.
- Daam, M.A., Santos Pereira, A.C., Silva, E., Caetano, L., y Cerejeira, M.J. (2013). Preliminary aquatic risk assessment of imidacloprid after application in an experimental rice plot. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 97, 78–85.
- Davies, T. G. E., Field, L. M., Usherwood, P. N. R., y Williamson, M. S. (2007). Critical Review: DDT, Pyrethrins, Pyrethroids and Insect Sodium Channels. *Life*, 59 (3), 151 – 162.
- De Silva P., y van Gestel, C. (2009). Comparative sensitivity of *Eisenia andrei* and *Perionyx excavates* in earthworm avoidance tests using two soil types in the tropics. *Chemosphere*, 77, pp. 1609-1613.
- Diao, J., Xu, P., Liu, D., Lu, Y., y Zhou, Z. (2011). Enantiomer-specific toxicity and bioaccumulation of alpha-cypermethrin to earthworm *Eisenia fetida*. *Journal of Hazardous Materials*, 192, 1072– 1078.
- Dittbrenner, N., Moser, I., Tribskorn, R., y Capowiez, Y. (2011). Assessment of short and long-term effects of imidacloprid on the burrowing behaviour of two earthworm species (*Aporrectodea caliginosa* and *Lumbricus terrestris*) by using 2D and 3D post-exposure techniques. *Chemosphere*, 84, 1349–1355.
- Domingues, V.F., Priolo, G., Alves, A.C., Cabral, M.F., y Delerue-Matos, C. (2007) Adsorption behavior of α -cypermethrin on cork and

activated carbon. *Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 42 (6), 649-654.

- Domínguez, J., Velando, A., y Ferreiro, A. (2005). Are *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) and *Eisenia andrei* Bouché (1972) (Oligochaeta, Lumbricidae) different biological species?. *Pedobiología*, 49, 81-87.
- Doran, J.W., y Zeiss, M.R. (2000). Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, 15, 3-11.
- Dörner, J., Sandoval., y Dec, D.(2010). The role of soil structure on the pore functionality of an ultisol. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 10 (4), 495-508.
- Dureja, P., Dipankar, P., Johnson, S., & Tomar, S.S. (1999). Effect of agrochemicals on earthworms. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 71, 397-404.
- Elliott, M. (1976). Properties and Applications of Pyrethroids. *Environmental Health Perspectives*, 14, 3-13.
- EPA. (1998). *Guidelines for Ecological Risk Assessment*. US environmental protection agency. Washington D.C., USA.
- EPA. (2015). Pesticides. URL: <http://www.epa.gov/pesticides/about/index.htm>
- European Commission-CSTEE. (2000). The Available Scientific Approaches to assess the Potential Effects and Risk of Chemicals on Terrestrial Ecosystems. Brussels.
- European Commission. (1991). Council Directive 91/414/EEC of 15 July 1991 concerning the placing of plant protection products on the market. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:31991L0414>
- FAO. (2007a). FAO Especifications and Evaluations for Agricultural Pesticides: Alpha-cypermethrin.
- FAO. (2007b). FAO Especifications and Evaluations for Agricultural Pesticides: Imidacloprid.
- FAO. (2008). Alpha-cypermethrin Evaluations.

- FAO. (2013a). FAO Especifications and Evaluations for Agricultural Pesticides: Alpha-cypermethrin.
- FAO. (2013b). FAO Especifications and Evaluations for Agricultural Pesticides: Imidacloprid.
- FAO. (2013c). Statistical Yearbook 2013: World food and agriculture. URL: <http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e.PDF>
- Farouk, M., Hussein, L.A.A., y El Azab, N.F. (2014) Different techniques for determination of imidacloprid insecticide residues. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 94 (2), 194-209.
- Ferguson, C., Darmendrail, D., Freier, K., Jensen, B.K., Jensen, J., Kasamas, H., Urzelai, A. y Vegter, J. (editors) 1998 Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe. Volume 1. Scientific Basis. LQM Press, Nottingham.
- Franzluebbers, A.J. (2002). Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil & Tillage Research*, 66, 95-106.
- Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendoça Santos Brefin, M.L., Montanarella, L., Muñiz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodriguez, M.I., y Vargas, R. (eds). (2014). Atlas de suelos de América Latina y el Caribe, Comisión Europea – Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995 Luxembourg, 176 pp.
- Gupta, R., Chakravorty, P., y Kavriraj, A. (2011). Susceptibility of epigeic earthworm *Eisenia fetida* to agricultural application of six insecticides. *Chemosphere*, 84, 724-726.
- Hartnik, T., Sverdrup, L.E., y Jensen, J. (2008). Toxicity of the pesticide Alpha- Cypermethrin to Four Soil Nontarget Invertebrates and Implications for Risk Assessment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27 (6), 1408–1415.
- Hartnik, T., y Styrihave, B. (2008). Impact of Biotransformation and Bioavaibility on the toxicity of the insecticides α -Cypermethrin and Chlorfenvinphos in earthworm. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 11057-11064.

- Helling, B., Reinecke, S.A., y Reinecke, A.J. (2000). Effects of the Fungicide Copper Oxychloride on the Growth and Reproduction of *Eisenia fetida* (Oligochaeta). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 46, 108-116.
- Hudson, N.L., Kasner, E.J., Beckman, J., Mehler, L., Schwartz, A., Higgins, S., Bonnar-Prado, J., Lackovic, M., Mulay, P., Mitchell, Y., Larios, L., Walker, R., Waltz, J., Moraga-McHaley, S., Roisman, R., y Calvert, G.M. (2014). Characteristics and Magnitude of Acute Pesticide-Related Illnesses and Injuries Associated With Pyrethrin and Pyrethroid Exposures—11 States, 2000–2008. *American Journal of Industrial Medicine*, 57, 15–30.
- Iannacone, J., y Alvariño, L. (2002). Evaluación del riesgo ambiental del insecticida Cartap en bioensayos con tres invertebrados. *Agricultura Técnica*, 62 (3), 366-374.
- Iannacone, J., y Alvariño, L. (2004). *Eisenia foetida* (Savigny, 1826) (Annelida: Lumbricidae) como modelo ecotoxicológico para evaluar lindano y clorpirifos. *Acta zoológica lilloana*, 48 (1-2). Pp. 5-12.
- Iannacone, J., y Alvariño, L. (2005). Selectividad del insecticida Cartap empleando bioensayos con organismos no destinatario. *Ecología Aplicada*, 4 (1,2).
- Iannacone, J., Alvariño, L., y Paredes, C. (2009). Evaluación del Riesgo Ambiental del Arseniato de Plomo en Bioensayos con Ocho Organismos no Destinatarios *Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology*, 4 (1-3), 73-82.
- Iannacone, J., Alvariño, L., y Mamani, N. (2011a). Estimación de la Toxicidad Combinada de Mezclas de Furadán 4F® y Monofos® sobre *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792). *Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology*, 6 (1), 23-29
- Iannacone, J., Alvariño, L., Paredes, C., Alayo, M., Mamani, N., Bonifacio, J., Mariano, M., Miglio, M.C. (2011b). Evaluación de riesgo ambiental de carbofurano en bioensayos con organismos no blanco. *Acta Toxicol. Argent.*, 19 (1), 19-31

- Iannacone, J., Ayala, H., Alvariño, L., Paredes Espinal, C., Villegas, W., Alomia, J., Santos, S., Nolazvo, N., y Cruces, L. (2013). Revista Toxicología, 50, 50-62.
- Jensen, J., y Mesman, M. (2007). Ecological risk assessment of contaminated land – decision support system for site specific investigation // EU Project LIBERATION. RIVM. Report No. 711701047
- Kamel, A. (2010). Refined Methodology for the Determination of Neonicotinoid Pesticides and their metabolites in Honey Bees and Bee products by Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry (LC-MS/MS). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (10):5926-31. doi: 10.1021/jf904120n.
- Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doram, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., y Schuman, G.E. (1997). Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation (A Guest Editorial). *Soil Science Society of America Journal*, 61, 4-10.
- Laird, J.M., Kroger, M., y Heddleson, M.R. (1981). Earthworms. *C R C Critical Reviews in Environmental Control*, 11, No. 3, pp. 189-218.
- Lao, W., Tiefenthaler, L., Greenstein, D.J., Maruya, K.A., Bay, S.M., Ritter, K., & Schiff, K. (2012). Pyrethroids In Southern California Coastal Sediments. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 31 (7), 1649–1656.
- Leveque, T., Capowiez, Y., Schreck, E., Mazzia, C., Auffan, M., Foucault, Y., Austruy, A., y Dumat, C. (2013). Assessing ecotoxicity and uptake of metals and metalloids in relation to two different earthworm species (*Eiseina hortensis* and *Lumbricus terrestris*). *Environmental Pollution*, 179, 232-241.
- Lewandowski, A. y Zumwinkle, M. (1999). Assessing the Soil System: A Review of Soil Quality Literature. Energy and Sustainable Agriculture Program. Minnesota Department of Agriculture. URL: www.mda.state.mn.us.
- Lionetto, M. G., Calisi, A., y Schettino, T. (2012). Earthworm Biomarkers as Tools for Soil Pollution Assessment. En M.C.

Hernandez-Soriano (Ed.). *Soil Health and Land Use Management* (305-332). ISBN: 978-953-307-614-0, InTech, Disponible en: <http://www.intechopen.com/books/soil-health-and-land-usemanagement/earthworm-biomarkers-as-tools-for-soil-pollution-assessment>

- Lukkari, T., Aatsinki, M., Väisänen, A., y Haimi, J. (2005). Toxicity of copper and zinc assessed with three different earthworms tests. *Applied Soil Ecology*, 30, 133–146.
- Luo, Y., Zang, Y., Zhong, Y., y Kong, Z. (1999). Toxicological study of two novel pesticides on earthworm *Eisenia foetida*. *Chemosphere*, 13, 2347-2356.
- Lydy, M., J. Belden, C. Wheelock, B. Hammock, y D. Denton. (2004). Challenges in regulating pesticide mixtures. *Ecology and Society* 9(6): 1 [online] Disponible en: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss6/art1>
- Madsen, C., Claesson, M.H., y Röpke, C. (1996). Immunotoxicity of the pyrethroid insecticides deltametrin and α -cypermethrin. *Toxicology*, 107, 219-227.
- Manuilova, A. (2003). *Methods and Tools for Assessment of Environmental Risk*. Disponible en: <http://www.dantes.info/Publications/Publication-doc/An%20overview%20of%20ERA%20-methods%20and%20tools.pdf>
- Marshall, J., y Williams, W.D. (1985). *Zoología: Invertebrados*. Editorial Reverté, España.
- Meeker, J.D., Barr, D.B., y Hauser, R. (2008). Human semen quality and sperm DNA damage in relation to urinary metabolites of pyrethroid insecticides. *Human Reproduction*, 23 (8),1932–1940.
- Menezes-Oliveira, V.B., Scott-Fordsmand, J.J., Rocco, A., Soares, A.M.V.M., y Amorim, M.J.B. (2011). Interaction between density and Cu toxicity for *Enchytraeus crypticus* and *Eisenia fetida* reflecting field scenarios. *Science of the Total Environment*, 409, 3370–3374.

- MINAGRI (2015). Boletín Noticias 2015. URL: <http://www.minagri.gob.pe/portal/noticias-anteriores/notas-2015/14381-la-produccion-agropecuaria-cerraria-el-2015-con-crecimiento-del-2-8-y-para-el-2016-se-elevaria-a-3-4>
- MINAM (2009). Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales. URL: http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia_riesgos_ambientales.pdf
- MINAM (2015). Gestión de Sitios Contaminados. URL: <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/gestion-de-sitios-contaminados/>
- Ministry of Environment, Lands and Parks of British Columbia (MELPB). (2000). Environmental Risk Assessment (ERA): An Approach for Assessing and Reporting Environmental Conditions. Disponible en: <http://www.env.gov.bc.ca/wld/documents/era.pdf>
- Mohamed, F., Gawarammana, I., Robertson, T., Roberts, M., Palangasinghe, C., Zawahir, S., Jayamanne, S., Kandasamy, J., Eddleston, M., Buckley, N., Dawson, A., y Roberts, D. (2009). Acute Human Self-Poisoning with Imidacloprid Compound: A Neonicotinoid Insecticide. PLoS ONE 4(4): e5127. doi:10.1371/journal.pone.0005127.
- Montanarella, L., y Panagos, P. (2015). Policy relevance of Critical Zone Science. *Land Use Policy*, 49, 86-91.
- Muhammetoglu, A., Durmaz S., y Uslu, B. (2010) Evaluation of the Environmental Impact of Pesticides by Application of Three Risk Indicators, *Environmental Forensics* 11, 179-186.
- Nannoni, F., Rossi, S., y Protano, G. (2014). Soil properties and metal accumulation by earthworms in the Siena urban area (Italy). *Applied Soil Ecology*, 77, 9–17.
- Natal-Da-Luz, T., Ojeda, G., Costa, M., Pratas, J., L'Anno, R.P., Van Gestel, C.A.M., y Sousa, J.P. (2011). Short-term changes of metal availability in soil. II: The influence of earthworm activity. *Applied Soil Ecology*, 49, 178– 186.

- Norton, S.B., van der Schalie, W.H., Sergeant, A., Blake-Hedges, L., Wentzel, R., Serveiss, V.B., Marcy, S.M., Cirone, P.A., Rodier, D.J., Orr, R.L., y Wharton, S. (2003). Ecological Risk Assessment: U.S. EPA's Current Guidelines and Future Directions. En D.J. Hoffman, B.A. Rattner, G.A. Burton Jr., & J. Cairns Jr. (Eds.), *Handbook of Ecotoxicology* (951-984). Boca Raton, FL, EE.UU.: Lewis Publishers.
- Oliveira Jr., R.S., Koskinen, W.C., Werdin, N.R., y Yen, P.Y. (2000) Sorption of imidacloprid and its metabolites on tropical soils. *Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 35(1), 39-49.
- OMS. (2007). WHO: Specifications and Evaluations for Public Health Pesticides: Alpha-cypermethrin.
- OMS. (2015). WHO: Specifications and Evaluations for Public Health Pesticides: Alpha-cypermethrin.
- Pelosi, C., Barot, S., Capowiez, Y., Hedde, M., y Vandembulcke, F. (2014). Pesticides and earthworms. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 34, 199–228.
- Piola, L. (2011). Ensayos ecotoxicológicos para la evaluación del impacto de plaguicidas en los suelos agrícolas de Argentina (Tesis Doctoral). Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Porta, J., López-Acevedo, M., y Roquero, C. (2003), Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente (3ra ed.). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Purschke, G. (2002). On the ground pattern of Annelida. *Organisms Diversity & Evolution*, 2, 181-196.
- Reeves, D.W. (1997). The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil & Tillage Research*, 43, 131-167.
- Richter, D., y Markewitz, D. (1995). How Deep is Soil?. *BioScience*, 45 (9), 600-609.

- Romeh, A.A. (2010). Phytoremediation of Water and Soil Contaminated with Imidacloprid Pesticide by Platago Major, L. *International Journal of Phytoremediation*, 12, 188-199.
- Ruppert, E., y Barnes, R. (1996). Zoología de los invertebrados. Sexta Edición. McGraw-Hill Interamericana.
- Ruppert, E., Barnes, R., y Fox, R. (2004). Invertebrate Zoology: A Functional Evolutionary Approach. Seventh Edition. Thomson, Brooks/Cole.
- Sabourmoghaddam, N., Zakaria, M.P., y Omar, D. Evidence for the microbial degradation of imidacloprid in soils of Cameron Highlands. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2014.03.002>
- Sánchez-Bayo, F., Yamashita, H., Osaka, R., Yoneda, M., y Goka, K. (2007). Ecological effects of imidacloprid on arthropod communities in and around a vegetable crop. *Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 42 (3), 279-286.
- Sanchez-Hernandez, J.C. (2006). Earthworm Biomarkers in Ecological Risk Assessment. *Rev Environ Contam Toxicol*, 188, 85–126.
- Santos, M.J.G., Ferreira, V., Soares, A.M.V.M., y Loureiro, S. (2011). Evaluation of the combined effects of dimethoate and spiroticlofen on plants and earthworms in a designed microcosm experiment. *Applied Soil Ecology*, 48, 294– 300.
- Schaefer, M. (2003). Behavioural Endpoints in Earthworm Ecotoxicology. *J Soils & Sediments*, 3 (2), 79 – 84.
- Schreck, E., Geret, F., Gontier, L., y Treilhou, M. (2008). Neurotoxic effect and metabolic responses induced by a mixture of six pesticides on the earthworm *Aporrectodea caliginosa nocturna*. *Chemosphere*, 71, 1832–1839.
- Schung, L., Ergon, T., Jakob, L., Scott-Fordsmand, J.J., Joner, E., y Leinaas, H.P. (2015). Responses of earthworms to repeated

exposure to three biocides applied singly and as a mixture in an agricultural field. *Science of the Total Environment*, 505, 223–235.

- Sechi, V., D'Annibale, A., Maraldo, K., Johansen, A., Bossi, R., Jensen, J., y Henning Krogh, P. (2014). Species composition of soil invertebrate multi-species test system determines the level of ecotoxicity. *Environmental Pollution*, 184, 586-596.
- Sharma, S., y Singh, B. (2014). Metabolism and persistence of imidacloprid in different types of soils under laboratory conditions. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. DOI: 10.1080/03067319.2014.940341.
- Sizmur, T., y Hodson, M.E. (2009). Do earthworms impact metal mobility and availability in soil?- A review. *Environmental Pollution*, 157, 1981–1989.
- Smit, C., Posthuma-Doodeman, C., Van Vlaardingen, P., y De Jong, F. (2014). Ecotoxicity of Imidacloprid to Aquatic Organisms: Derivation of Water Quality Standards for Peak and Long-term Exposure. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, DOI: 10.1080/10807039.2014.964071
- Soderlund, D.M., Clark, J.M., Sheets, L.P., Mullin, L.S., Piccirillo, V.J., Sargent, D., Stevens, J.T., y Weiner, M.L. (2002). Mechanisms of pyrethroid neurotoxicity: implications for cumulative risk assessment. *Toxicology*, 171, 3–59.
- Solomon, K.R., Baker, D.B., Richards, P., Dixon, K.R., Klaine, S.J., La Point, T.W., Kendall, R.J., Weisskopf, C.P., Giddings, J.M., Giesy, J.P., Hall, L.W. Jr., y Williams, W.M.(1996). Ecological Risk Assessment of Atrazine in North American Surface Waters. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 15 (1), 31-76.
- Spurgeon, D. J., Hopkin, S. P., y Jones, D. T. (1994). Effects of Cadmium, Copper, Lead and Zinc on Growth, Reproduction and Survival of the Earthworm *Eisenia Fetida* (Savigny): Assessing The Environmental Impact of Point-Source Metal Contamination in Terrestrial Ecosystems. *Environmental Pollution* 84, 123 130.

- Spurgeon, D. J., y Hopkin, S. P. (1996). Effects of Metal-Contaminated Soils on the Growth, Sexual Development, and Early Cocoon Production of the Earthworm *Eisenia fetida*, with Particular Reference to Zinc. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 35, 86–95.
- Styriehave, B., Hartnik, T., Christensen, P., Andersen, O., y Jensen, J. (2010). Influence of Soil Type and Organic Matter Content on the Bioavailability, Accumulation, and Toxicity of α -Cypermethrin in the Springtail *Folsomia Candida*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 29 (5), 1084–1090.
- University of Hertfordshire. (2015a). Pesticides Properties Database: Alpha-cypermethin. URL: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/es/Reports/24.htm>
- University of Hertfordshire. (2015a). Pesticides Properties Database: Imidacloprid. URL: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/es/Reports/397.htm>
- Van der Oost, R., Beyer, J., y Vermeulen, N.P.E. (2003). Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 13, 57-149.
- Venter, J.M., y Reinecke, A.J. (1988). The life-cycle of the compost worm *Eisenia fetida* (Oligochaeta). *South African Journal of Zoology*, 23(3), 161-165.
- Verdonck, F.A.M., Aldenberg, T., Jaworska, J., y Vanrolleghem, P.A. Limitations of Current Risk Characterization Methods in Probabilistic Environmental Risk Assessment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 22(9), 2209–2213.
- Wang, Y., Cang, T., Zhao, X., Yu, R., Chen, L., Wu, C., y Wang, Q. (2012). Comparative acute toxicity of twenty-four insecticides to earthworm, *Eisenia fetida*, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, doi:10.1016/j.ecoenv.2011.12.016.
- Weltje, L. (1998). Mixture Toxicity and Tissue Interactions of Cd, Cu, Pb and Zn in earthworms (Oligochaeta) in laboratory and field soils: A critical evaluation of data. *Chemosphere*, 36 (12), 2643-2660.

- Weiskopf, C.P., Giddings, J.M., Giesy, J.P., Hall Jr., L.W., y Williams, W.M. (1996). Ecological Risk Assessment of Atrazine in North American Surface waters. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 15 (1) 31–76.
- Yılmaz, M., Gül, A., y Erbash, K. (2004). Acute toxicity of alpha-cypermethrin to guppy (*Poecilia reticulata*, Pallas, 1859). *Chemosphere*, 56, 381- 385.
- Yordanova, V., Stoyanova, t., Traykov, I., y Boyanovsky, B. (2009) Toxicological Effects of Fastac Insecticide (Alpha—Cypermethrin) to *Daphnia Magna* and *Gammarus Pulex*, *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 23, 393-395.
- Yu-Tao, T., Zhao-Wei, L., Yang, Y., Zhuo, Y., y Tao, Z. (2009). Effect of alpha- cypermethrin and theta-cypermethrin on delayed rectifier potassium currents in rat hippocampal neurons. *NeuroToxicology*, 30, 269–273.
- Zang, Y., Zhong, Y., Luo, Y., Kong, Z.M. (2000). Genotoxicity of two novel pesticides for the earthworm, *Eisenia fetida*. *Environmental Pollution*, 108, 271-278.
- Zhou, S., Duan, C., Fu, H., Chen, Y., Wang, X., y Yu, Z. (2007). Toxicity assessment for chlorpyrifos-contaminated soil with three different earthworm test methods. *Journal of Environmental Sciences*, 19, 854-858.
- Zhou, S., Duan, C., Wang, X., Wong, M., Yu, Z., y Fu, H. (2008). Assessing cypermethrin-contaminated soil with three different earthworm test methods. *Journal of Environmental Sciences*, 20, 1381-1385.
- Zhou, S., Duan, C., Michelle, W.H.G., Yang, F., y Wang, X. (2011). Individual and combined toxic effects of cypermethrin and chlorpyrifos on earthworm. *Journal of Environmental Sciences*, 23 (4), 676–680.

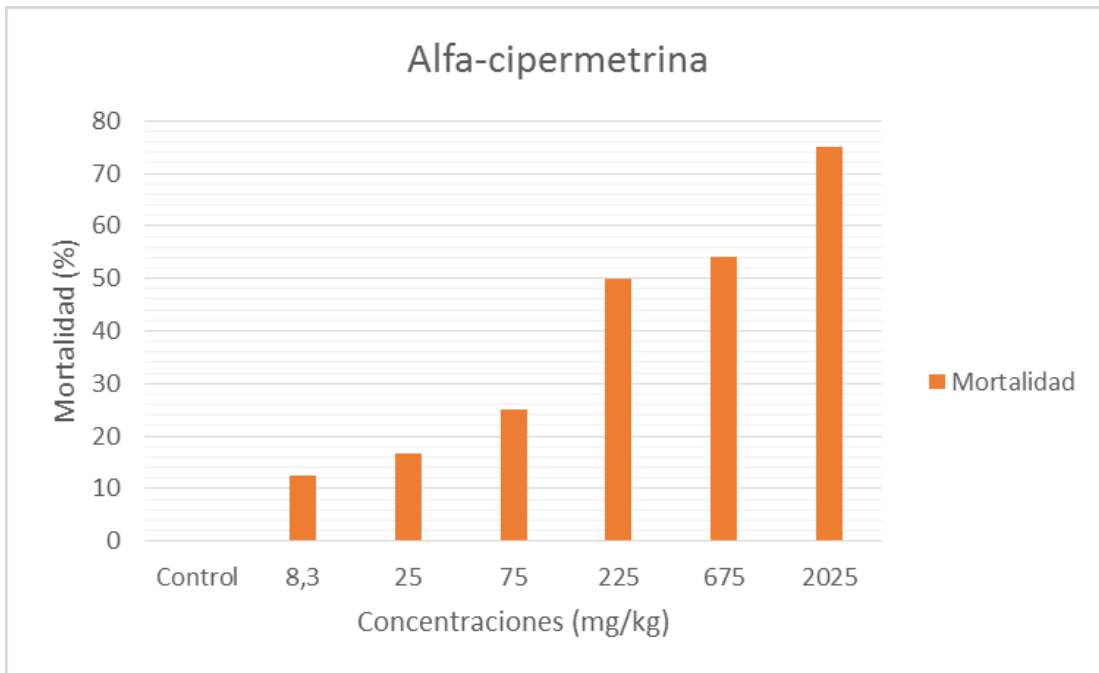
IX. ANEXOS

9.1 Fotografías del procedimiento experimental

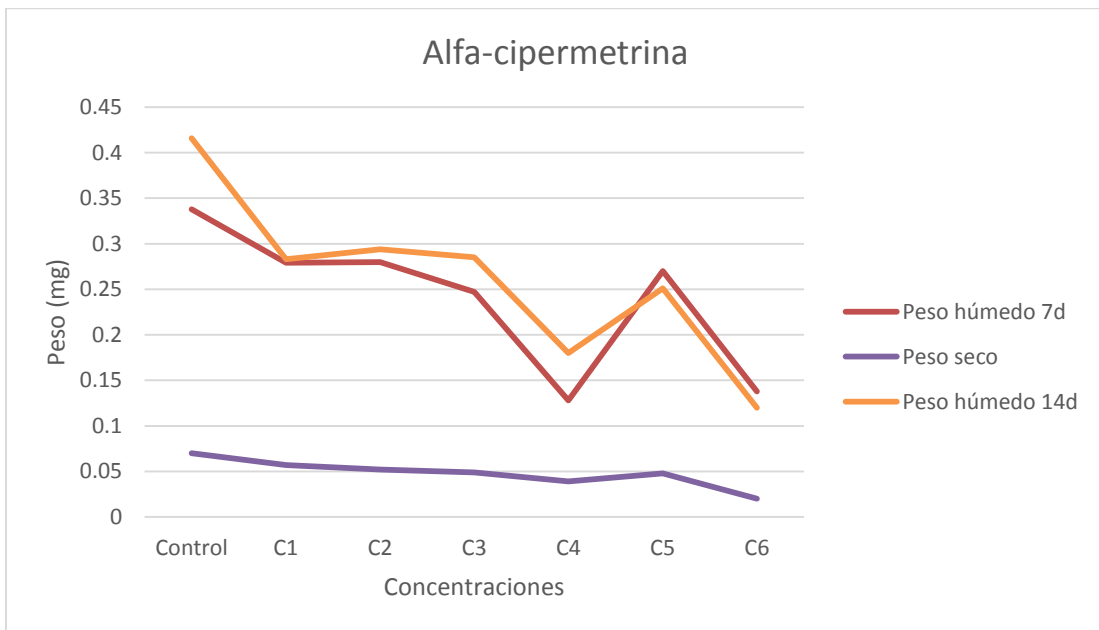


9.2 Gráficos de los Resultados

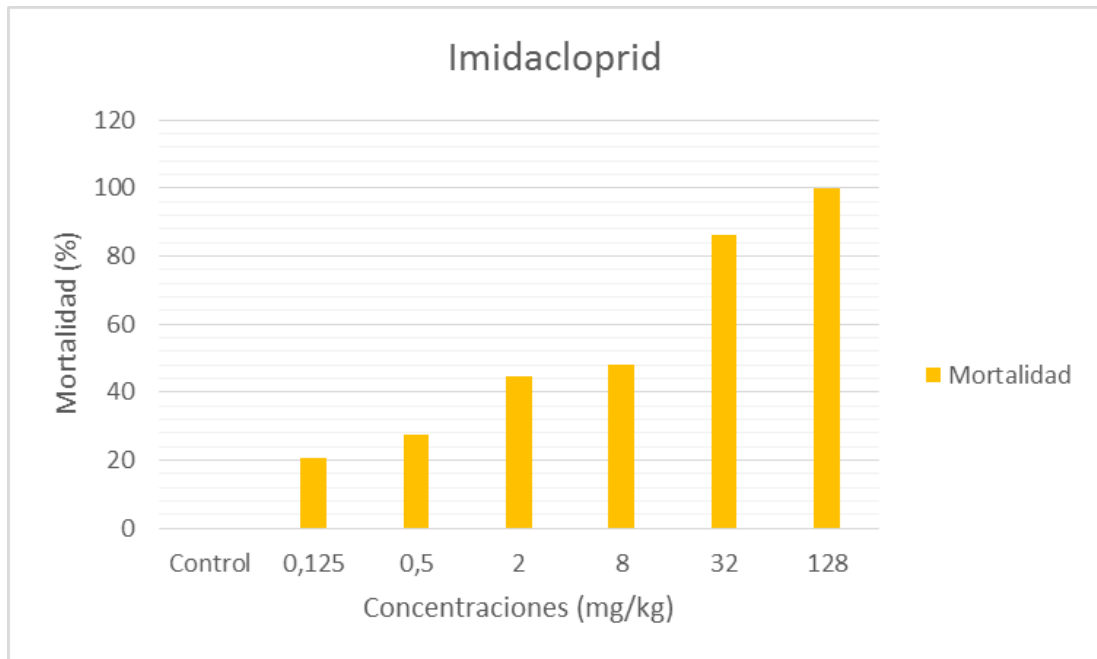
A. Mortalidad de la Alfa-cipermetrina



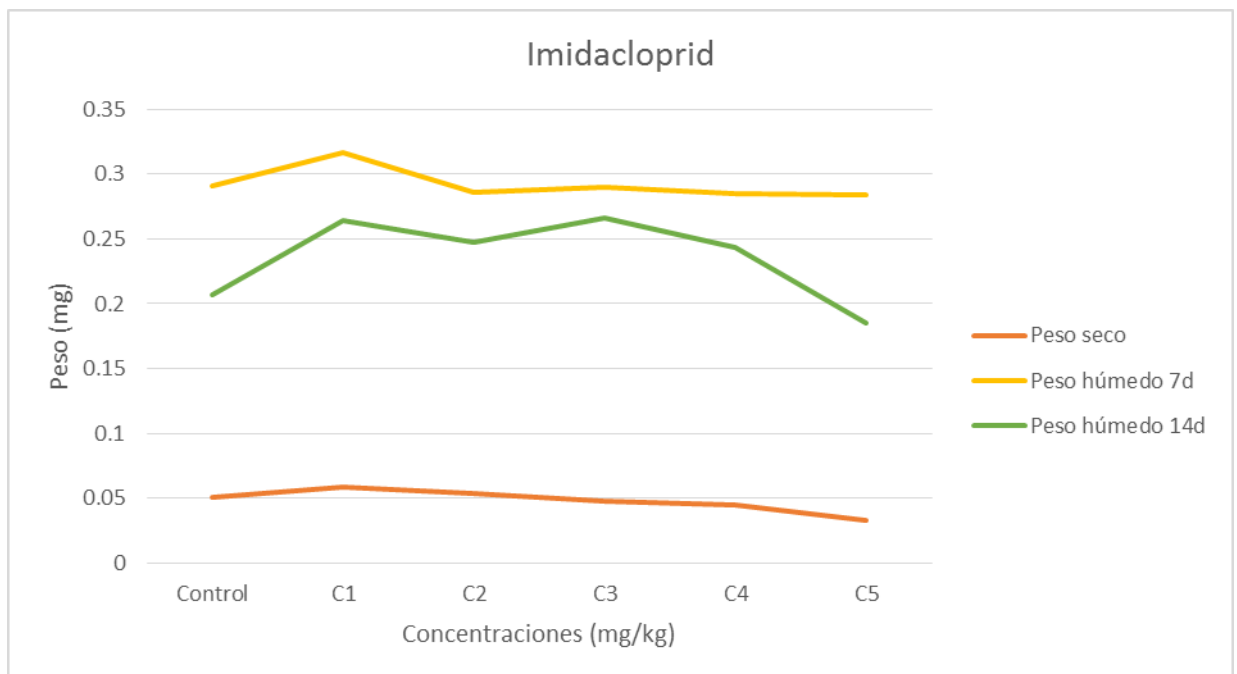
B. Comparación Pesos de la Alfa-cipermetrina



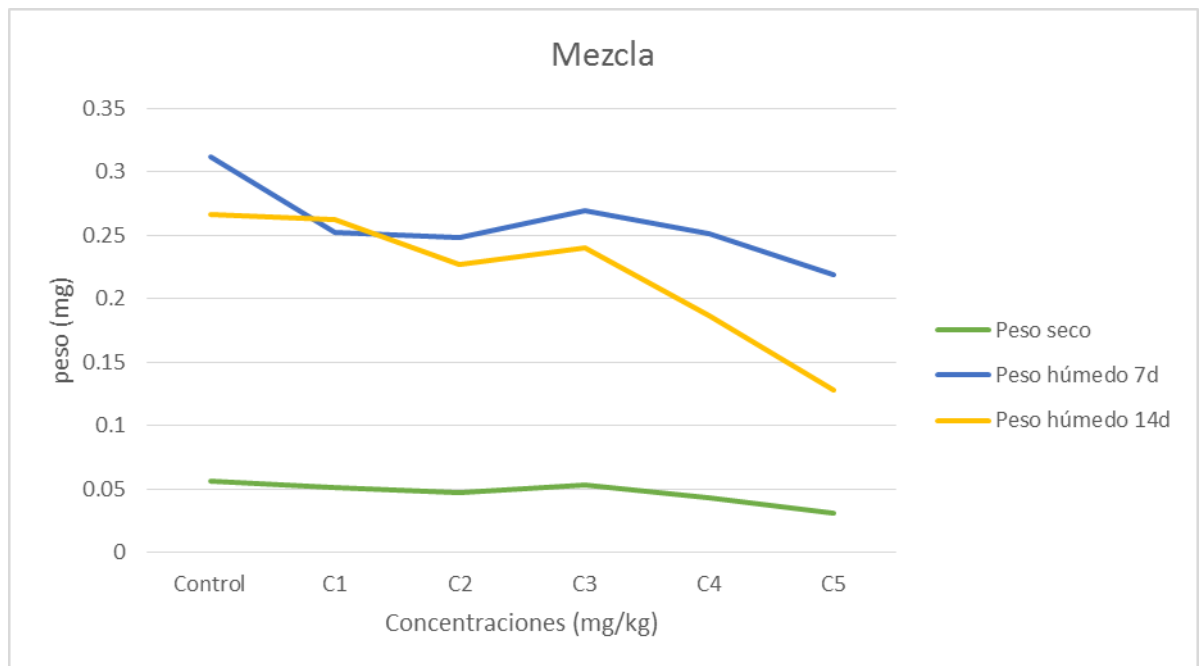
C. Mortalidad del Imidacloprid



D. Comparación pesos del Imidacloprid



E. Comparación pesos de la Mezcla



9.3 Plaguicidas registrados en SENASA

Reporte de Productos Plaguicidas Registrados

Nombre Comercial	Titular del Registro	Nro de Registro	Ingrediente Activo	Clase	Tipo Formulación
ALFA AGRIN	AGRINOR S.A.C.	PQUA N°1085-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
ALFA CROP 100 EC	CROP BUSINESS S.A.C.	PQUA N° 1261-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
ALFA DRIN 100 EC	AGROFARMA	PQUA N° 1239-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
ALFA KLING 10 EC	AGRO KLINGE SOCIEDAD	PQUA N° 340-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
ALFA MATE 100 EC	BIOAGROCORP TRADING S.	PQUA N° 1262-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
ALFA MIL 10 EC	CAPEAGRO S.A.C.	PQUA N° 1100-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
ALFA MEX 10 EC	FARMEX S A	PQUA N° 1237-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
ALFA CROP 100 EC	FITOCORP SAC	PQUA N° 1227-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
ALPHAMAX 10 CE	POINT ANDINA S.A.	PQUA N° 039-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
ALPHAS	AGREVO ANDINA S.A.C	PQUA N° 1369-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
ALPHASIL 100 EC	SILVESTRE PERU S.A.C.	PQUA N° 580-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
ARIPHYLL 10 EC	ARIS INDUSTRIAL S.A.	PQUA N° 450-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
ARRIBA 10 CE	POINT ANDINA S.A.	PQUA N° 382-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
BRONCO	FARMEX S A	623-98-AG-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN,	Insecticida	Concentrado emulsionable
CAMPAL PLUS 100 EC	NEOAGRUM S.A.C.	PQUA N° 659-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
CIPERMEX SUPER 10 CE	FARMEX S A	428-97-AG-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
CONTEST	BASF PERUANA S A	PQUA N° 372-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Gránulos dispersables
DIPERALL 100 EC	FITOCORP SAC	PQUA N° 1228-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
DIVINO 10 EC	POINT ANDINA S.A.	869-99-AG-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
DK-ALFATRIN	DROKASA PERU S.A.	PQUA N° 063-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
DOMINEX 100 EC	FMC LATINOAMERICA S.A.	525-97-AG-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado soluble
FASTAC	BASF PERUANA S A	264-96-AG-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
FORTIS 10 CE	INSUMOS AGRICOLAS	PQUA N° 108-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
GALAXY 10 CE	INSUMOS AGRICOLAS	PQUA N° 392-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
GOLFIN 100 EC	AGROFARMA	PQUA N° 728-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable

Servicio Nacional de Sanidad Agraria - Sede Central / Central Telefónica: 313-3300 anexos 2144 y 2102

Av. La Molina N° 1915 - La Molina / Pag. Web: www.senasa.gob.pe

"La información presente en este documento es de uso exclusivo para el interesado como información de referencia"

Reporte de Productos Plaguicidas Registrados

Nombre Comercial	Titular del Registro	Nro de Registro	Ingrediente Activo	Clase	Tipo Formulación
K-MON	TECNOLOGIA QUIMICA Y	PQUA N° 065-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
NOVAX SC	BASF PERUANA S A	PQUA N° 390-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN,	Insecticida	Suspensión concentrada
PAVIC 10 EC	MONTANA S A	PQUA N° 558-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
PEGAZO	SOCIEDAD ANONIMA	PQUA N° 556-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
POINTEREX 10 CE	POINT ANDINA S.A.	PQUA N° 346-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
PRECISION 100 EC	SILVESTRE PERU S.A.C.	PQUA N° 507-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
PROTECTOX 100CE	INSUMOS AGRICOLAS	PQUA N° 109-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
RACTOR 10 EC	QUIMICA SUIZA	PQUA N° 222-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
SUPER-ALFA	DROKASA PERU S.A.	PQUA N° 1160-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Gránulos dispersables
SUPERMATE 100 EC	BIOAGROCORP TRADING S.	PQUA N° 1082-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable
ÉXITO 10 CE	POINT ANDINA S.A.	PQUA N° 095-SENASA	ALPHA-CYPERMETHRIN	Insecticida	Concentrado emulsionable

Servicio Nacional de Sanidad Agraria - Sede Central / Central Telefónica: 313-3300 anexos 2144 y 2102

Av. La Molina N° 1915 - La Molina / Pag. Web: www.senasa.gob.pe

"La información presente en este documento es de uso exclusivo para el interesado como información de referencia"

Reporte de Productos Plaguicidas Registrados

Nombre Comercial	Titular del Registro	Nro de Registro	Ingrediente Activo	Clase	Tipo Formulación
ADMIRE 200 SL	BAYER S.A.	262-96-AG-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Concentrado soluble
AGRYBEN DUO	GOMEZ CARDONA ESDRAS	PQUA N° 736-SENASA	EMAMECTIN BENZOATO, IMIDACLOPRID	Insecticida	Gránulos dispersables
AKKAL	DROKASA PERU S.A.	PQUA N° 653-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
ARGON	SOCIEDAD ANONIMA	PQUA N° 480-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
ATIQUE	SHARDA PERU SOCIEDAD	PQUA N° 743-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
AUDAX FS	BAYER S.A.	PQUA N° 1149-SENASA	THIODICARB, IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada para tratar semillas
BRAWL 35% SC	INSTITUTO PERUANO DEL	PQUA N° 1037-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
CEPERA 70 WP	POINT ANDINA S.A.	PQUA N° 710-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Polvo mojable
CERROJO	HORTUS S A	PQUA N°1335-SENASA	THIODICARB, IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
CHISPA 350 SC	POINT ANDINA S.A.	PQUA N° 336-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
CIGARAL 70 WP	HORTUS S A	PQUA N° 1440-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Polvo mojable
CIGARAL 70 WP	HORTUS S A	969-2000-AG-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Polvo mojable
COMBATE 700 WP	CROP BUSINESS S.A.C.	PQUA N° 1272-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Polvo mojable
CONFIDOR 350 SC	BAYER S.A.	PQUA N° 028-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
CONFIDOR 70 WG	BAYER S.A.	PQUA N° 035-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Gránulos dispersables
CONTOR	RAINBOW AGROSCIENCES	PQUA N° 1357-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Gránulos dispersables
CONTROLLER 350 SC	NEOAGRUM S.A.C.	PQUA N° 185-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
CONTROLLER PLUS 700 WG	NEOAGRUM S.A.C.	PQUA N° 1103-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Gránulos dispersables
COURAZE 700 WG	CHEMINOVA PERU SAC	PQUA N° 876 - SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Gránulos dispersables
CRUCIAL	INTEROC SOCIEDAD	PQUA N° 300-SENASA	THIODICARB, IMIDACLOPRID	Insecticida	Polvo dispersable para tratar semillas
CRUCIAL FS	INTEROC SOCIEDAD	PQUA N° 1209-SENASA	THIODICARB, IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada para tratar semillas
CUTER 350 SC	SILCROP S.A.C.	PQUA N° 814-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
DELTAPRID	FARMEX S A	PQUA N° 797-SENASA	DELTAMETHRIN, IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
DIGNO 200 SL	POINT ANDINA S.A.	PQUA N° 583-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Concentrado soluble
DIGNO 350 SC	POINT ANDINA S.A.	PQUA N° 335-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada

Servicio Nacional de Sanidad Agraria - Sede Central / Central Telefónica: 313-3300 anexos 2144 y 2102

Av. La Molina N° 1915 - La Molina / Pag. Web: www.senasa.gob.pe

"La información presente en este documento es de uso exclusivo para el interesado como información de referencia"

Reporte de Productos Plaguicidas Registrados

Nombre Comercial	Titular del Registro	Nro de Registro	Ingrediente Activo	Clase	Tipo Formulación
IMIDACLOPRID	FITOCORP SAC	PQUA N° 930-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
IMIDACLOPRID 35% SC	DROKASA PERU S.A.	PQUA N° 071-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
IMIDACLOPRID	ASOCIACION DE	PQUA N° 1030-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
IMIDACLOPRID EFICAZ	SHARDA PERU SOCIEDAD	PQUA N° 745-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
IMIDACLOPRID ELITE 80 WG	POINT ANDINA S.A.	PQUA N° 1341-SENASA	FIPRONIL, IMIDACLOPRID	Insecticida	Gránulos dispersables
IMIDACLOPRID FARMIPRID	FARMEX S A	PQUA N° 991-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
IMIDACLOPRID FERHOZ 35 SC	COMERCIAL ANDINA	PQUA N° 378-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
IMIDACLOPRID FORTAGE 350 SC	BIOAGROCORP TRADING S.	PQUA N° 631-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
IMIDACLOPRID FORTAGE PLUS 700 WP	BIOAGROCORP TRADING S.	PQUA N° 1264-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Polvo mojable
IMIDACLOPRID GALIL 300 SC	ADAMA AGRICULTURE	PQUA N°1049-SENASA	BIFENTHRIN, IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
IMIDACLOPRID GATILLO 350 SC	POINT ANDINA S.A.	PQUA N° 334-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
IMIDACLOPRID GURU 350 SC	INSUMOS AGRICOLAS	PQUA N° 158-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
IMIDACLOPRID HELOPRID 350 SC	HELM DEL PERU S.A.C.	PQUA N° 172-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
IMIDACLOPRID IMAXI 350 SC	ROTAM AGROCHEMICAL	PQUA N° 529-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
IMIDACLOPRID IMI	SHARDA PERU SOCIEDAD	PQUA N° 550-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Concentrado soluble
IMIDACLOPRID IMIDACROP 350 SC	CROP BUSINESS S.A.C.	PQUA N° 739-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
IMIDACLOPRID IMIDACROP PLUS 700 WP	CROP BUSINESS S.A.C.	PQUA N° 1193-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Polvo mojable
IMIDACLOPRID IMIDAFORTE 35 SC	HELM DEL PERU S.A.C.	PQUA N° 524-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
IMIDACLOPRID IMIDALTOP	AGRITOP S.A.C.	PQUA N° 457-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
IMIDACLOPRID IMIDAMIN	AGRO KLINGE SOCIEDAD	PQUA N° 237-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
IMIDACLOPRID IMIDAQUIM 350 SC	BIOAGROCORP TRADING S.	PQUA N° 738-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
IMIDACLOPRID IMIDUS 35	AGRINOR S.A.C.	PQUA N° 679-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
IMIDACLOPRID IMPERIAL	SHARDA PERU SOCIEDAD	PQUA N° 744-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
IMIDACLOPRID INTOCABLE 70 WP	INSUMOS AGRICOLAS	PQUA N° 1212- SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Polvo mojable
IMIDACLOPRID INVICTO	INTEROC SOCIEDAD	PQUA N° 484-SENASA	ACEPHATE, IMIDACLOPRID	Insecticida	Polvo mojable

Servicio Nacional de Sanidad Agraria - Sede Central / Central Telefónica: 313-3300 anexos 2144 y 2102

Av. La Molina N° 1915 - La Molina / Pag. Web: www.senasa.gob.pe

"La información presente en este documento es de uso exclusivo para el interesado como información de referencia"

Reporte de Productos Plaguicidas Registrados

Nombre Comercial	Titular del Registro	Nro de Registro	Ingrediente Activo	Clase	Tipo Formulación
SKAY 70 WG	COMERCIAL ANDINA	PQUA N° 946-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Gránulos dispersables
	SHARDA PERU SOCIEDAD	PQUA N° 549-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Concentrado soluble
KING COLOR	RAINBOW AGROSCIENCES	PQUA N° 1144-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Gránulos dispersables
KOBINOR 350 SC	ADAMA AGRICULTURE	PQUA N° 473-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
KOBINOR 70 WG	ADAMA AGRICULTURE	PQUA N° 498-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Gránulos dispersables
KOND 35	RED SURCOS PERU S.A.C.	PQUA N°898-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
KRAKEN	INTEROC SOCIEDAD	PQUA N° 458-SENASA	LAMBDA-CYHALOTHRIN, IMIDACLOPRID	Insecticida	Polvo mojable
LANDER	FARMEX S A	985-2000-AG-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
LANDPRID	FARMEX S A	PQUA N° 664-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
LESENTA 80 WG	BAYER S.A.	PQUA N° 371-SENASA	FIPRONIL, IMIDACLOPRID	Insecticida	Gránulos dispersables
MIDA 350 SC	FARM TECH PERU S.A.C.	PQUA N° 1098-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
MIDASH	SHARDA PERU SOCIEDAD	PQUA N° 548-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Concentrado soluble
MORTAL 700 WP	CROP BUSINESS S.A.C.	PQUA N° 1271-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Polvo mojable
MURALLA DELTA OD	BAYER S.A.	PQUA N° 425-SENASA	DELTAMETHRIN, IMIDACLOPRID	Insecticida	Líquido miscible en aceite
NEOKLIN	AGRO KLINGE SOCIEDAD	PQUA N° 1051-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
NOKAUT	INDUSTRIA TECNOLOGICA	PQUA N° 849-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
NOVAPRID 35 % SC	GOMEZ CARDONA ESDRAS	PQUA N° 587-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
PHANTOM	STOCKTON PERU S.A.C.	PQUA N° 808 - SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
PLURAL 350 SC	BAYER S.A.	PQUA N° 073-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
PLURAL 70 WG	BAYER S.A.	PQUA N° 079-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Gránulos dispersables
PRIVAT 700 WP	FARMAGRO S A	PQUA N° 570-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Polvo mojable
PRIVATE 350 SC	FARMAGRO S A	PQUA N° 787 - SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
PROVADO COMBI 112.5 SC	BAYER S.A.	PQUA N° 032-SENASA	IMIDACLOPRID, BETA-CYFLUTHRIN	Insecticida	Suspensión concentrada
RAV	AGREVO ANDINA S.A.C	PQUA N° 956-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
RETADOR 350 SC	NEOAGRUM S.A.C.	PQUA N° 223-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada

Servicio Nacional de Sanidad Agraria - Sede Central / Central Telefónica: 313-3300 anexos 2144 y 2102

Av. La Molina N° 1915 - La Molina / Pag. Web: www.senasa.gob.pe

"La información presente en este documento es de uso exclusivo para el interesado como información de referencia"

Reporte de Productos Plaguicidas Registrados

Nombre Comercial	Titular del Registro	Nro de Registro	Ingrediente Activo	Clase	Tipo Formulación
ROCKET 70 WP	INSUMOS AGRICOLAS	PQUA N° 1211-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Polvo mojable
SEEDOPRID 70 WS	ADAMA AGRICULTURE	PQUA N° 546-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Polvo dispersable para tratar semillas
SEVSEI 350 SC	ARIS INDUSTRIAL S.A.	PQUA N° 240-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
SHARMIDA 20 SL	SHARDA PERU SOCIEDAD	PQUA N° 441-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Concentrado soluble
SHARMIDA 35 SC	SHARDA PERU SOCIEDAD	PQUA N° 495-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
SHARMIDA 70 WS	SHARDA PERU SOCIEDAD	PQUA N° 1011-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Polvo dispersable para tratar semillas
SINOCLOPRID 200 SL	ANTALIEN S.A.C.	PQUA N° 874-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Concentrado soluble
SINOCLOPRID 350 SC	ANTALIEN S.A.C.	PQUA N° 758-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
STUNT 350 SC	BAYER S.A.	PQUA N° 074-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
SUCKILL 350 SC	QUIMICA SUIZA	PQUA N° 516-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
SUPERDOR 350 SC	CAPEAGRO S.A.C.	PQUA N° 175-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
SUPPORT	HORTUS S A	PQUA N° 1019-SENASA	FIPRONIL, IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
TEMPANO	HORTUS S A	PQUA N° 737-SENASA	LAMBDA-CYHALOTHRIN, IMIDACLOPRID	Insecticida	Polvo mojable
THUNDER 350 SC	SILVESTRE PERU S.A.C.	PQUA N° 203-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
VAQUERO 350 SC	BAYER S.A.	PQUA N° 221-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
WARRANT 350 SC	CHEMINOVA PERU SAC	PQUA N° 532-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
WARRANT POWER 460 ZC	CHEMINOVA PERU SAC	PQUA N°1015-SENASA	GAMMA CYHALOTHRINA,	Insecticida	Fórmula Mixta de Cápsula en Suspensión y Suspensión
WINNER 70 WG	BAYER S.A.	PQUA N° 072-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Gránulos dispersables
YANACLOPRID	SERVICIOS Y	PQUA N° 293-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
YUNKE	HORTUS S A	PQUA N° 1012-SENASA	FIPRONIL, IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
ZUKER	HELM DEL PERU S.A.C.	PQUA N° 353-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Suspensión concentrada
ZUXION 20 LS	SILVESTRE PERU S.A.C.	916-99-AG-SENASA	IMIDACLOPRID	Insecticida	Concentrado soluble

Servicio Nacional de Sanidad Agraria - Sede Central / Central Telefónica: 313-3300 anexos 2144 y 2102

Av. La Molina N° 1915 - La Molina / Pag. Web: www.senasa.gob.pe

"La información presente en este documento es de uso exclusivo para el interesado como información de referencia"

9.4 Hoja de Seguridad Fastac®

Hoja de Seguridad

Página: 1/12

BASF Hoja de Seguridad
Fecha / actualizada el: 18.07.2011
Producto: **FASTAC**

Versión: 1.0

(30363560/SDS_CPA_PE/ES)

Fecha de impresión 19.07.2011

1. Identificación de la sustancia o preparado y de la sociedad o empresa

FASTAC

uso: producto fitosanitario, Insecticida

Empresa:

BASF Peruana S.A.
Avenida Oscar R. Benavides 5915
Callao 1, Callao, PERU
Teléfono: +51 1 513-2500
Telefax número: +51 1 513-2518
Dirección e-mail: ehs-peru@basf.com

Información en caso de urgencia:

Teléfono: +51 1 513-2505 / +55 12 3128-1590

2. Composición/Información sobre los componentes

Tipo de producto: mezcla

Descripción Química

producto fitosanitario, Insecticida, concentrado emulsionante (CE)

Ingredientes peligrosos

Alfa-Cipermetrina

Contenido (P/P): 11 %
Número CAS: 67375-30-8
Número CE: 257-842-9
Símbolo(s) de peligrosidad: T, N
Frase(s) - R: 20, 25, 37/38, 48/22, 50/53

Solvent naphtha (petroleum), light arom.

BASF Hoja de Seguridad
Fecha / actualizada el: 18.07.2011
Producto: **FASTAC**

Versión: 1.0

(30363560/SDS_CPA_PE/ES)
Fecha de impresión 19.07.2011

Contenido (P/P): <= 85 %
Número CAS: 64742-95-6
Número CE: 265-199-0
Número INDEX: 649-356-00-4
Símbolo(s) de peligrosidad: Xn, N
Frase(s) - R: 10, 37, 51/53, 65, 66, 67

TENSIOFIX AS

Contenido (P/P): < 10 %
Símbolo(s) de peligrosidad: Xi
Frase(s) - R: 10, 41, 37/38, 53

En el caso que se mencionen sustancias peligrosas, en el capítulo 16 figura la indicación detallada de los símbolos de peligrosidad y las frases R.

3. Identificación de los peligros

Efectos del producto: Inflamable.
Nocivo por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.
Irrita las vías respiratorias.
Riesgo de lesiones oculares graves.
Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.
Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión.
Nocivo: si se ingiere puede causar daño pulmonar.
La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.
La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.
Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
Puede causar parestesia.

4. Medidas de primeros auxilios

Indicaciones generales:
Evitar el contacto con la piel, ojos y vestimenta. Quitarse la ropa contaminada. En caso de malestar : Solicitar atención médica. Mostrar al médico el envase, la etiqueta y/o la Ficha de Datos de Seguridad.

Tras inhalación:
Reposo, respirar aire fresco, buscar ayuda médica.

Tras contacto con la piel:
En caso de contacto con la piel, lávese inmediatamente con abundante agua y jabón. Si la irritación persiste, acuda al médico.

Tras contacto con los ojos:
Lavar los ojos afectados con agua en chorro, durante por lo menos 15 minutos, manteniendo los párpados abiertos. Consultar con un oftalmólogo.

Tras ingestión:
Lavar inmediatamente la boca y beber posteriormente abundante agua, evitar el vómito, buscar ayuda médica. No provocar el vómito a causa del peligro de aspiración.

BASF Hoja de Seguridad
Fecha / actualizada el: 18.07.2011
Producto: **FASTAC**

Versión: 1.0

(30363560/SDS_CPA_PE/ES)
Fecha de impresión 19.07.2011

Indicaciones para el médico:

Síntomas: Los efectos y síntomas conocidos más importantes se describen en la etiqueta (ver sección 2) y/o en la sección 11., Síntomas y efectos adicionales más importantes son desconocidos hasta ahora.

Tratamiento: Tratamiento sintomático (descontaminación, funciones vitales), no es conocido ningún antídoto específico.

5. Medidas de lucha contra incendios

Medios de extinción adecuados:

agua pulverizada, dióxido de carbono, espuma, extintor de polvo

Riesgos especiales:

monóxido de carbono, cloruro de hidrógeno, óxidos de nitrógeno, Compuestos organoclorados
En caso de incendio las sustancias/grupos de sustancias citadas pueden desprenderse.

Información adicional:

En caso de incendio y/o de explosión no respire los humos. Refrigerar con agua los recipientes en peligro. Acumular separadamente el agua de extinción contaminada, al no poder ser vertida al alcantarillado general o a los desagües. Eliminar los restos del incendio y el agua de extinción contaminada respetando las legislaciones locales vigentes.

Vestimenta de protección especial:

Use equipo respiratorio autónomo y traje de protección.

6. Medidas en caso de vertido accidental

Medidas de protección para las personas:

Utilizar ropa de protección personal. Evitar el contacto con la piel, ojos y vestimenta. Cambiarse inmediatamente la ropa contaminada, así como la ropa interior y zapatos.

Medidas de protección para el medio ambiente:

Evitar que el producto penetre en el suelo/subsuelo. Evitar que penetre en el alcantarillado, aguas superficiales o subterráneas.

Método para la limpieza/recogida:

Para pequeñas cantidades: Recoger con material absorbente (p. ej. arena, serrín, absorbente universal, tierra de diatomeas).

Para grandes cantidades: Cercar/retener con diques. Bombear el producto.

Eliminar el material recogido de forma reglamentaria. Recolectar los residuos en contenedores adecuados, etiquetados y cerrados.

7. Manipulación y almacenamiento

Manipulación

Medidas Técnicas:

BASF Hoja de Seguridad
Fecha / actualizada el: 18.07.2011
Producto: **FASTAC**

Versión: 1.0

(30363560/SDS_CPA_PE/ES)
Fecha de impresión 19.07.2011

Para la manipulación de productos fitosanitarios en envases destinados al usuario final, se han de tener en consideración las recomendaciones de uso. Evitar el contacto con la piel, ojos y vestimenta. Se recomienda llevar indumentaria de trabajo cerrada.

Protección de Fuego y Explosión:

El producto es combustible. Los vapores pueden formar una mezcla inflamable con el aire. Evitar la acumulación de cargas electrostáticas. Mantener alejado de fuentes de ignición. Extintor accesible.

Precauciones/ Orientaciones para el manipuleo seguro.:

Almacenar y utilizar el producto de forma reglamentaria, no se requieren medidas especiales. Buena aireación/ventilación del almacén y zonas de trabajo.

Almacenamiento

Medidas Técnicas:

Estabilidad durante el almacenamiento:
Periodo de almacenamiento: 24 Meses

Si se menciona la fecha de caducidad en el envase o etiqueta ésta tiene prioridad sobre el tiempo de almacenaje declarado en la Ficha de Datos de Seguridad.

Proteger de temperaturas superiores a: 40 °C

Se pueden modificar las propiedades del producto, si la sustancia/el producto se almacena durante un período prolongado de tiempo a temperaturas superiores a las indicadas.

Otras especificaciones sobre condiciones almacenamiento: Conservar alejado del calor. Proteger de la humedad. Proteger de la irradiación solar directa.

Productos y materiales incompatibles:

Separar de alimentos, bebidas y alimentos para animales Separar de agentes oxidantes. Separar de álcalis fuertes.

8. Controles de la exposición / Protección personal

Equipo de protección personal

Protección de las vías respiratorias:

Protección de las vías respiratorias en caso de formación de gases/vapor. Protección de las vías respiratorias en caso de ventilación insuficiente. Filtro para gas para gases/vapores orgánicos (punto de ebullición > 65 °C, p.ej. EN 14387 tipo A).

Protección de las manos:

Guantes de protección adecuados resistentes a productos químicos (EN 374) y también para un contacto directo y a largo plazo (recomendación: índice de protección 6; correspondiente a > 480 minutos de tiempo de permeabilidad según EN 374): por ej. de caucho de nitrilo (0.4 mm), caucho de cloropreno (0,5 mm), cloruro de polivinilo (0.7 mm), entre otros.

Protección de los ojos:

gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro (gafas cesta) (EN 166)

BASF Hoja de Seguridad
 Fecha / actualizada el: 18.07.2011
 Producto: **FASTAC**

Versión: 1.0

(30363560/SDS_CPA_PE/ES)
 Fecha de impresión 19.07.2011

Protección de la piel y cuerpo:

Seleccionar la protección corporal dependiendo de la actividad y de la posible exposición, p.ej. delantal, botas de protección, traje de protección resistente a productos químicos (según EN 14605 en caso de salpicaduras o bien EN ISO 13982 en caso de formación de polvo)

Medidas específicas de Higiene:

Quítese inmediatamente la ropa contaminada. Guardar por separado la ropa de trabajo. Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos. Durante el trabajo no comer, beber, fumar, inhalar. Lavarse las manos y/o cara antes de las pausas y al finalizar el trabajo.

9. Propiedades físicas y químicas

Estado de la materia: líquido
 (20 °C)
 Estado físico: líquido
 Color: incoloro hasta amarillento
 Olor: aromático
 Valor límite de olor perceptible:
 no determinado

Valor pH: aprox. 7,2
 (1 g/l, 20 °C)

Temperaturas específicas o Rangos de temperaturas en los cuales ocurren cambios en el estado físico.

Indicaciones para: Solvent naphtha (petroleum), light arom.
intervalo de ebullición: 160 - 180 °C (DIN 51751)

Punto de solidificación:
 No hay datos disponibles.

Punto de inflamación: 42 - 46 °C (Directiva 92/69/CEE, A.9)

Temperatura de autoignición: 472 °C

Límite superior de explosividad:
 no aplicable

Límite inferior de explosividad:
 no aplicable

Flamabilidad: Inflamable.

Autoinflamabilidad: Temperatura: 472 °C (Método: Directiva 92/69/CEE, A.15)
 Presión: 1.012 hPa

Riesgo de explosión: no existe riesgo de explosión

Propiedades comburentes: no es comburente

Presión de vapor: aprox. 2 hPa
 (20 °C)
 El punto de inflamación indicado
 corresponde al disolvente.

Densidad relativa de vapor (aire):
 no determinado

BASF Hoja de Seguridad
Fecha / actualizada el: 18.07.2011
Producto: **FASTAC**

Versión: 1.0

(30363560/SDS_CPA_PE/ES)
Fecha de impresión 19.07.2011

Densidad: aprox. 0,919 g/cm³ (Directiva 92/69/CEE, A.3)
(20 °C)

Peso específico:
no se aplica

Solubilidad en agua: emulsionable
Coeficiente de reparto n-octanol/agua (log Pow):
no aplicable

Viscosidad, dinámica: 1,74 mPa.s
(20 °C)

Otras informaciones:
Si es necesario, en esta sección se indica información sobre otras propiedades fisico-químicas.

10. Estabilidad y reactividad

Descomposición térmica: Ninguna descomposición, si se almacena y aplica como se indica/está prescrito.

Reacciones peligrosas:
Ninguna reacción peligrosa, si se tienen en consideración las normas/indicaciones sobre almacenamiento y manipulación.

Condiciones a evitar:
Ver FDS capítulo 7 - Manipulación y almacenamiento.

Materiales y sustancias incompatibles:
medios oxidantes, álcalis fuertes

Productos peligrosos de descomposición:
No se presentan productos peligrosos de descomposición, si se tienen en consideración las normas/indicaciones sobre almacenamiento y manipulación.

11. Informaciones toxicológicas

Toxicidad aguda

DL50 rata, macho/hembra(Por ingestión): 853 mg/kg

CL50 rata, macho (Por inhalación): 1,15 mg/l 4 h
Se ha ensayado un aerosol.

DL50 rata, macho/hembra (dérmica): > 1.830 mg/kg

Efectos Locales

Irritación primaria en piel conejo: no irritante

Irritación de los ojos conejo: Riesgo de lesiones oculares graves.

BASF Hoja de Seguridad
Fecha / actualizada el: 18.07.2011
Producto: **FASTAC**

Versión: 1.0

(30363560/SDS_CPA_PE/ES)

Fecha de impresión 19.07.2011

Sensibilización

Ensayo Buehler modificado cobaya: Efecto sensibilizante en la piel en experimentación animal.
(Directiva 406 de la OCDE)

Toxicidad en caso de administración repetida

Valoración de toxicidad en caso de aplicación frecuente:
Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión.

Toxicidad genética

Indicaciones para: Alfa-Cipermetrina

Valoración de mutagenicidad:

La sustancia no presentó efectos mutágenos en bacterias.

Indicaciones para: Solvent naphtha (petroleum), light arom.

Valoración de mutagenicidad:

La estructura química no sugiere ese efecto.

Carcinogenicidad

Valoración de cancerogenicidad:

Durante una manipulación correcta y una utilización adecuada del producto, no se producen efectos nocivos según nuestras experiencias e informaciones.

Toxicidad en la reproducción

Valoración de toxicidad en la reproducción:

Durante los ensayos en el animal no se observaron efectos que perjudican la fertilidad. El producto no ha sido ensayado. La valoración ha sido calculada a partir de las propiedades de sus componentes individuales.

Toxicidad en el desarrollo

Valoración de teratogenicidad:

La sustancia no ha producido malformaciones en experimentación animal. El producto no ha sido ensayado. La valoración ha sido calculada a partir de las propiedades de sus componentes individuales.

Otras indicaciones de toxicidad

Una incorrecta utilización puede ser perjudicial para la salud. Puede causar parestesia.

12. Información ecológica

Posibles efectos ambientales, comportamiento e impacto.

Ecotoxicidad

Toxicidad en peces:

BASF Hoja de Seguridad
 Fecha / actualizada el: 18.07.2011
 Producto: **FASTAC**

Versión: 1.0

(30363560/SDS_CPA_PE/ES)
 Fecha de impresión 19.07.2011

CL50 (96 h) 0,056 mg/l, *Oncorhynchus mykiss*

Invertebrados acuáticos:
 CE50 (48 h) 4 - 6,5 µg/l, *Daphnia magna*

Indicaciones para: Alfa-Cipermetrina

Plantas acuáticas:

*CE50 (96 h) > 1000 µg/l, *Scenedesmus subspicatus* (Directiva 201 de la OCDE)*

Indicaciones para: Solvent naphtha (petroleum), light arom.

Plantas acuáticas:

CE50 1 - 10 mg/l

Movilidad

Evaluación del transporte entre compartimentos medioambientales:
 No hay datos disponibles.

Persistencia y degradabilidad

Valoración de biodegradación y eliminación (H₂O):

El producto no ha sido ensayado. La valoración ha sido calculada a partir de las propiedades de sus componentes individuales.

Indicaciones para: Alfa-Cipermetrina

Indicaciones para la eliminación:

Disminución de COD (carbono orgánico disuelto) (28 Días) (OCDE 301D; CEE 92/69, C.4-E)

Difícilmente biodegradable (según criterios OCDE)

formación de CO₂ del valor teórico (28 Días) (OCDE 301B; ISO 9439; 92/69/CEE, C.4-C) Difícilmente biodegradable (según criterios OCDE)

Bioacumulación

Potencial de bioacumulación:
 No hay datos disponibles sobre bioacumulación.

Indicaciones adicionales

Más informaciones ecotoxicológicas:
 No permitir que el producto penetre de forma incontrolada en el medio ambiente.

13. Consideraciones relativas a la eliminación

Métodos de disposición seguros y ambientalmente adecuados.

Producto: Teniendo en consideración las disposiciones locales, debe ser depositado en p.ej. un vertedero o una planta incineradora adecuados.

BASF Hoja de Seguridad
Fecha / actualizada el: 18.07.2011
Producto: **FASTAC**

Versión: 1.0

(30363560/SDS_CPA_PE/ES)

Fecha de impresión 19.07.2011

Residuos de productos: Teniendo en consideración las disposiciones locales, debe ser depositado en p.ej. un vertedero o una planta incineradora adecuados.

Envase contaminado:
Los envases contaminados deben vaciarse de forma óptima pudiendo eliminarlos como la sustancia/el producto.

Elimine en conformidad con los reglamentos nacionales, estatales y locales.

14. Información para el transporte

Transporte Terrestre

Transporte por carretera

Clase: 3
Grupo de Embalaje: III
Nº ONU: UN 1993
Etiqueta de Riesgo: 3, EHSM
Nº Riesgo: 30
Nombre: LÍQUIDO INFLAMABLE, N.E.P. (contains ALFA-CIPERMETRINA 11%, NAFTA DISOLVENTE)

Transporte Ferroviario

Clase: 3
Grupo de Embalaje: III
Nº ONU: UN 1993
Etiqueta de Riesgo: 3, EHSM
Nº Riesgo: 30
Nombre: LÍQUIDO INFLAMABLE, N.E.P. (contains ALFA-CIPERMETRINA 11%, NAFTA DISOLVENTE)

Transporte Fluvial

Clase: 3
Grupo de Embalaje: III
Nº ONU: UN 1993
Etiqueta de Riesgo: 3, EHSM
Nº Riesgo: 30
Nombre: LÍQUIDO INFLAMABLE, N.E.P. (contains ALFA-CIPERMETRINA 11%, NAFTA DISOLVENTE)

Transporte Marítimo

IMDG

Clase: 3
Grupo de Embalaje: III
Nº ONU: 1993

BASF Hoja de Seguridad
 Fecha / actualizada el: 18.07.2011
 Producto: **FASTAC**

Versión: 1.0

 (30363560/SDS_CPA_PE/ES)
 Fecha de impresión 19.07.2011

Etiqueta de Riesgo:	3, EHSM
Polución Marina:	SÍ
Nombre:	LÍQUIDO INFLAMABLE, N.E.P. (contiene ALFA-CIPERMETRINA 11%, NAFTA DISOLVENTE)

Sea transport

IMDG

Hazard class:	3
Packing group:	III
UN Number:	1993
Hazard label:	3, EHSM
Marine pollutant:	YES
Proper shipping name:	FLAMMABLE LIQUID, N.O.S. (contains ALPHA-CYPERMETHRIN 11%, SOLVENT NAPHTHA)

Transporte Aéreo

IATA/ICAO

Clase:	3
Grupo de Embalaje:	III
Nº ONU:	1993
Etiqueta de Riesgo:	3
Nombre:	LÍQUIDO INFLAMABLE, N.E.P. (contiene ALFA-CIPERMETRINA 11%, NAFTA DISOLVENTE)

Air transport

IATA/ICAO

Hazard class:	3
Packing group:	III
UN Number:	1993
Hazard label:	3
Proper shipping name:	FLAMMABLE LIQUID, N.O.S. (contains ALPHA-CYPERMETHRIN 11%, SOLVENT NAPHTHA)

15. Reglamentaciones

Información de peligros y seguridad de acuerdo a lo escrito en la etiqueta

Directivas de la CE:

Símbolo(s) de peligrosidad

Xn	Nocivo.
N	Peligroso para el medio ambiente.

Frase(s) - R

BASF Hoja de Seguridad
 Fecha / actualizada el: 18.07.2011
 Producto: **FASTAC**

Versión: 1.0

(30363560/SDS_CPA_PE/ES)
 Fecha de impresión 19.07.2011

R10	Inflamable.
R20/21/22	Nocivo por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.
R37	Irrita las vías respiratorias.
R41	Riesgo de lesiones oculares graves.
R43	Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.
R48/22	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión.
R65	Nocivo: si se ingiere puede causar daño pulmonar.
R66	La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.
R67	La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.
R50/53	Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

Frase(s) - S

S2	Manténgase fuera del alcance de los niños.
S13	Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos.
S20/21	No comer, ni beber, ni fumar durante su utilización.
S24	Evítese el contacto con la piel.
S26	En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.
S35	Elimínense los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles.
S37/39	Úsense guantes adecuados y protección para los ojos/la cara.
S57	Utilícese un envase de seguridad adecuado para evitar la contaminación del medio ambiente.
S62	En caso de ingestión no provocar el vómito: acúdase inmediatamente al médico y muéstresele la etiqueta o el envase.

Puede causar parestesia.

Componente(s) peligroso(s) que determina(n) el etiquetado: Solvent naphtha (petroleum), light arom., Alfa-Cipermetrina

Otras reglamentaciones

Para el usuario de este producto fitosanitario es válido: 'A fin de evitar riesgos para las personas y el medio ambiente, siga las instrucciones de uso.' (Directiva 1999/45/CE, Artículo 10, n°1.2)

16. Otras informaciones

Indicaciones detalladas de los símbolos de peligrosidad y las frases R que están indicados en los capítulos 2 y 3:

T	Tóxico.
N	Peligroso para el medio ambiente.
Xn	Nocivo.
Xi	Irritante.
20	Nocivo por inhalación.

BASF Hoja de Seguridad
 Fecha / actualizada el: 18.07.2011
 Producto: **FASTAC**

Versión: 1.0

(30363560/SDS_CPA_PE/ES)
 Fecha de impresión 19.07.2011

25	Tóxico por ingestión.
37/38	Irrita las vías respiratorias y la piel.
48/22	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión.
50/53	Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
10	Inflamable.
37	Irrita las vías respiratorias.
51/53	Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
65	Nocivo: si se ingiere puede causar daño pulmonar.
66	La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.
67	La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.
41	Riesgo de lesiones oculares graves.
53	Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

Las variaciones respecto a la versión anterior se han señalado para su comodidad mediante líneas verticales situadas en el margen izquierdo del texto.

Los datos contenidos en esta hoja de seguridad se basan en nuestros conocimientos y experiencia actuales y describen el producto considerando los requerimientos de seguridad. Los datos no describen en ningún caso las propiedades del producto (especificación de producto). La garantía en relación a ciertas propiedades o a la adecuación del producto para una aplicación específica no pueden deducirse a partir de los datos de la Hoja de Seguridad. Es responsabilidad del receptor de nuestros productos asegurar que se observen los derechos de propiedad y las leyes y reglamentaciones existentes.

9.5 Hoja de Seguridad Lancer®



LANCER[®]

(imidacloprid)

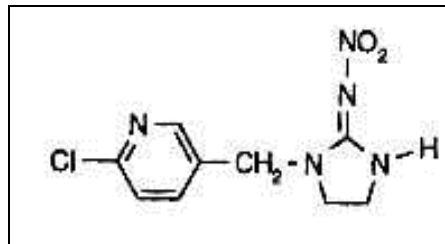
INSECTICIDA AGRÍCOLA

I. DATOS DE LA EMPRESA

Empresa formuladora: FARMEX S.A.
 Titular del registro: FARMEX S.A.
 Número de registro: 985-2000-AG-SENASA

II. IDENTIDAD

Nombre común: Imidacloprid
 Grupo químico: Neonicotinoide
 Clase de uso: Insecticida
 Fórmula empírica: $C_9H_{10}ClN_5O_2$
 Fórmula molecular:



Peso molecular: 255.70 g/mol
 Concentración: Imidacloprid 350 g/L
 Formulación: Suspensión concentrada - SC



III. PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL IMIDACLOPRID

Densidad:	1.54 g/L (23 °C)
Punto de fusión:	144° C
Solubilidad en agua:	610 mg/L (20° C)
Solubilidad en solventes orgánicos:	Diclorometano 5.5×10^2 mg/L Isopropanol 1.2×10^3 mg/L Tolueno 0.68×10^3 mg/L N-hexano $<0.1 \times 10^3$ mg/L
Presión de vapor:	0.4×10^{-9} Pa (20 °C)
Constante de Henry:	0.168×10^{-9} Pa.m ³ .mol ⁻¹
Coefficiente de partición n-octanol/agua:	Log Kow=0.57

IV. PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE LANCER®

Aspecto:	liquido viscoso de color blanco, inodoro
Estabilidad en almacenamiento:	Hasta 2 años de vida útil.
Densidad:	1.112 - 1.132 g/mL
pH:	6 (al 1%)
Inflamabilidad:	No inflamable
Explosividad:	No explosivo
Corrosividad:	No corrosivo

V. PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL PRODUCTO FORMULADO

Mecanismo de acción

LANCER® actúa por contacto e ingestión y en actividad sistémica. Su alta solubilidad en el agua permite que sea absorbido por las raíces cuando se aplica al suelo a través de los sistemas de riego presurizado o en tratamiento de semillas. Aplicado al follaje es también absorbido por las hojas moviéndose en el interior de la planta en forma ascendente.

Modo de acción

Imidacloprid, ingrediente activo de **LANCER[®]**, afecta la transmisión de los estímulos del sistema nervioso de los insectos siendo selectivamente más tóxico para los insectos que para los animales de sangre caliente. Por su mecanismo de acción ha sido clasificado en el grupo de los neonicotinoides, debido a que se asocia con los receptores nicotínicos en la membrana post-sináptica.

VI. TOXICIDAD (LANCER[®])

- DL₅₀ oral aguda (ratas): 1500 mg/kg, categoría II, moderadamente peligroso.
- DL₅₀ dermal aguda (conejos): >4000 mg/kg, categoría III, ligeramente peligroso.
- CL₅₀ inhalatoria aguda (ratas): >5.0 mg/L, categoría III, ligeramente peligroso.
- Irritación dermal (conejos): No es irritante dermal. Nivel de severidad IV.
- Irritación ocular (conejos): No es irritante ocular. Nivel de severidad IV.
- Sensibilización cutánea (cobayos): No es sensibilizante dermal.

VII. ECOTOXICOLOGÍA E IMPACTO AMBIENTAL (Imidacloprid)

- DL₅₀ codorniz: 152 mg/kg, moderadamente tóxico.
- CL₅₀ trucha arco iris: 211 mg/L, prácticamente no tóxico.
- CL₅₀ *Daphnia magna*: 85 mg/L, ligeramente tóxico.
- CE₅₀ algas verdes: >100 mg/L, prácticamente no tóxico.
- DL₅₀ oral y contacto en abejas: Oral: 3.7-40.9 ng/abeja, extremadamente peligroso.
Contacto: 80 ng/abeja, extremadamente peligroso.
- CL₅₀ lombriz de tierra: 10.7 mg/kg de suelo seco.

Comportamiento en el suelo, agua y aire

En laboratorio los más importantes pasos en la degradación metabólica en el suelo del imidacloprid es la oxidación del anillo imidazolidine, reducción o pérdida del grupo nitro, hidrólisis al ácido 6-cloronicotínico y mineralización; estos procesos fueron fuertemente acelerados por la vegetación. Imidacloprid muestra una adsorción media al suelo. Es clasificado junto a sus metabolitos como inmóvil en el suelo, es decir no se filtran.

Es estable bajo hidrólisis bajo condiciones estériles (en oscuridad). La fotólisis del imidacloprid en solución acuosa muestra una vida media de 4 horas. Aparte de la luz solar, la acción microbiana de un sistema de agua/sedimento es un importante factor para la degradación del imidacloprid.

Imidacloprid posee una presión de vapor de 0.4×10^{-9} Pa y una constante de Henry igual a 0.168×10^{-9} Pa.m³.mol⁻¹, que indican que no se volatiliza cuando está como partícula aislada o cuando está en solución acuosa.

VIII. RECOMENDACIONES DE USO

Cultivo	Plaga		Dosis		Carencia (días)	LMR (ppm)
	Nombre común	Nombre científico	mL/200 L agua	%		
Algodón	Pulgón del algodón	<i>Aphis gossypii</i>	50-75	0.025-0.0375	14	4
Arveja	Mosquilla del brote	<i>Prodiplosis longifila</i>	150-200	0.075-0.1	7	1
Brócoli	Pulgón de la col	<i>Brevicoryne brassicae</i>	50-75	0.025-0.0375	14	3.5
Pimiento	Caracha	<i>Prodiplosis longifila</i>	150-200	0.075-0.1	3	1.00
	Pulgón	<i>Myzus persicae</i>				
Cebolla	Trips	<i>Thrips tabaci</i>	150	0.075	3	0.1
Espárrago	Mosquilla de los brotes	<i>Prodiplosis longifila</i>	150 - 200	0.075 – 0.1	14	0.3
Frijol	Cigarrita verde	<i>Empoasca kraemeri</i>	60-80	0.03-0.04	14	0.05
Mandarina	Caracha	<i>Prodiplosis longifila</i>	200	0.10	30	1
	Minador de los cítricos	<i>Phyllocnistis citrella</i>	100-150	0.05-0.075		
Mango	Queresa pulverulenta	<i>Protospulvinaria pyriformis</i>	150	0.075	14	0.2
Palto	Mosca blanca	<i>Aleurodicus cocois</i>	100-150	0.05-0.075	40	0.05 (España) 1.0 (USA)
	Queresa	<i>Fiorina fiorinae</i>	150	0.075	14	1
Tomate	Mosca blanca	<i>Bemisia argentifolii</i>	0.5-1.0 L/Ha aplicado al sistema de riego		21	1
Vid	Filoxera	<i>Viteus vitifoliae</i>	100	0.05	30	0.05 (España) 1.0 (USA)

IX. CONDICIONES DE APLICACIÓN

- **LANCER**[®] se aplica en pulverización, empleando tanto equipos terrestres como aéreos.
- Aplicar la dosis menor cuando las poblaciones de las plagas sean bajas o se encuentren en el nivel inicial de infestación.



X. COMPATIBILIDAD

LANCER[®] es compatible con la mayoría de fungicidas e insecticidas orgánicos de síntesis con excepción de los de reacción alcalina.

XI. REINGRESO A UN ÁREA TRATADA

No reingresar sin protección a un campo aplicado hasta 12 horas después de la aplicación. Mantener alejado al ganado durante este período.

XII. FITOTOXICIDAD

LANCER[®] no ha demostrado causar fitotoxicidad a ninguna de las dosis recomendadas.

XIII. NOTA AL COMPRADOR

El Titular del Registro garantiza que las características fisicoquímicas del producto contenido en este envase corresponden a las anotadas en este documento y que es eficaz para los fines aquí recomendados si se usa y maneja de acuerdo con las condiciones e instrucciones dadas.