



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“IMPACTO DE LOS TRES PLAGUICIDAS MÁS UTILIZADOS DEL CULTIVO
DE *Allium cepa* (CEBOLLA) DEL DISTRITO DE LURÍN, LIMA, PERÚ EN
Eisenia foetida (LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA)”

Tesis para optar al título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por:

Diego Fernando Elias Estremadoyro

Asesor:

José Alberto Iannacone Oliver

Lima – Perú

2020

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 02 de julio de 2020.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dra. Gladys Liliana Lino Villanueva	<input type="checkbox"/>
Miembro: Mg. Ingrid Rabitsch Musso	
Miembro: Ing. Rafael Antonio René Ponce Vargas	

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

IMPACTO DE LOS TRES PLAGUICIDAS MÁS UTILIZADOS DEL CULTIVO DE *Allium cepa* (CEBOLLA) DEL DISTRITO DE LURÍN, LIMA, PERÚ EN *Eisenia foetida* (LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA)

Presentada por el bachiller:

- Diego Fernando Elías Estremadoyro

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental


Asesorado por:

- Dr. Jose Alberto Iannacone Oliver

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple () calificar a:


Tesis: Diego Fernando Elías Estremadoyro		Nota (en letras): trece	
Aprobado (X)	Aprobado - Muy buena ()	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.


 Dra. Gladys Liliana Lino Villanueva
 Presidente del Jurado


 Dr. Jose Alberto Iannacone Oliver
 Asesor


 Mg. Ingrid Rabitsch Musso
 Miembro 1


 Ing. Rafael Antonio René Ponce
 Vargas
 Miembro 2

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico a mis queridos padres, por darme esta oportunidad y nunca dejar de creer en mis metas y sueños; a mis amigos, que me dieron aliento en todo momento y a mis abuelos por su constante apoyo incondicional sin importar lo lejos que se encuentren.

AGRADECIMIENTOS

Tengo la dicha de manifestar mi gratitud a todas las personas que constantemente me apoyaron y alentaron a alcanzar esta meta.

En primer lugar, al Dr. José Alberto Iannacone Oliver, por su constante orientación, paciencia y persistente interés sobre el desarrollo de esta tesis.

También, al Departamento de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Lima, Perú. Por ceder el Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA) y los equipos necesarios para el éxito de esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

COPIA DE ACTA DE SUSTENTACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS	3
1 INTRODUCCIÓN.....	6
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
3 RESULTADOS	8
4 DISCUSIÓN	11
5 CONCLUSIONES	13
6 REFERENCIAS.....	13
ANEXOS	17
EVIDENCIA DEL ENVÍO A REVISTA CIENTÍFICA.....	17
COPIA DE RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS	18
COPIA DE RESOLUCIÓN DE CAMBIO DE TÍTULO DEL PROYECTO DE TESIS	19
INSTRUMENTO E INFORMACIÓN DE UTILIDAD USADO EN LA INVESTIGACIÓN	20
CUADRO DE DATOS PROMEDIOS DE LOS PORCENTAJES DE HUMEDAD, MATERIA ORGANICA, pH y TEMPERATURA PARA LOS PLAGUICIDAS DE PRUEBA	20
PANEL FOTOGRAFICO.....	20

IMPACT OF THE THREE MOST USED PESTICIDES OF *Allium cepa* (ONION) CROP OF DISTRICT OF LURÍN, LIMA, PERU IN *Eisenia foetida* (CALIFORNIAN RED WORM)

IMPACTO DE LOS TRES PLAGUICIDAS MAS UTILIZADOS DEL CULTIVO DE *Allium cepa* (CEBOLLA) DEL DISTRITO DE LURÍN, LIMA, PERÚ EN *EISENIA FOETIDA* (LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA)

RESUMEN

El estudio evaluó el impacto de los tres plaguicidas más utilizados en el cultivo de *Allium cepa* (cebolla) en el distrito de Lurín, Lima, Perú utilizando *Eisenia foetida*. Para los plaguicidas zeta-cipermetrina, pendimetalina y profenofos, fueron calculados los valores de dosis letal media (DL₅₀) a 14 días, porcentaje de evasión y actividad alimentaria, y posteriormente la exposición individual del tóxico (TER) y el coeficiente de riesgo (CR) en base a ensayos ecotoxicológicos con *E. foetida*. Los valores de DL₅₀ a un tiempo de exposición a 14 d para los tres plaguicidas fue: zeta-cipermetrina > profenofos > pendimetalina. Se determinó una relación con la dosis de los plaguicidas cercanos a la DL₅₀ para el porcentaje de evasión y para la actividad alimentaria. El valor TER para los tres plaguicidas fue calculado y resultó sin impacto para *E. foetida*. Sin embargo, en el valor de CR se presentaron valores de riesgo alto en conjunto, donde la zeta-cipermetrina contribuyó al riesgo ambiental con 92,77%, el profenofos un riesgo bajo con 7,14% y la pendimetalina sin riesgo con 0,09%. El empleo de estos plaguicidas aún está permitido dentro de la legislación peruana, por lo cual, en base a este estudio, se recomienda que se evalúe a más detalle la zeta-cipermetrina, debido a que fue el único plaguicida que presentó un DL₅₀ por debajo recomendado por el fabricante y un CR alto, por lo cual podría inferirse que esta afectaría indirectamente hacia la producción agrícola los cultivos de cebolla del distrito de Lurín.

ABSTRACT

The study evaluated the impact of the three most commonly used pesticides on the *Allium cepa* (onion) crop in the Lurin district of Lima, Peru using *Eisenia foetida*. For the pesticides zeta-cypermethrin, pendimethalin and profenofos, the 14-day median lethal dose (LD₅₀), percentage of avoidance and dietary activity, and subsequently the toxicity exposure ratio (TER) and risk coefficient (RQ) were calculated based on ecotoxicological tests with *E. foetida*. The LD₅₀ values at 14 d exposure time for the three pesticides were: zeta-cypermethrin > profenofos > pendimethalin. A relationship with pesticide doses close to the LD₅₀ was determined for percentage of escape and for dietary activity. The TER value for the three pesticides was calculated and resulted in no impact for *E. foetida*. However, in the CR value there were high risk values as a whole, where zeta-cypermethrin contributed to the environmental risk with 92.77%, profenofos a low risk with 7.14% and pendimethalin no risk with 0.09%. The use of these pesticides is still allowed within the Peruvian legislation, so, based on this study, it is recommended that zeta-cypermethrin be evaluated in more detail, because it was the only pesticide that presented a DL50 below recommended by the manufacturer and a high RQ, so it could be inferred that it would indirectly affect the agricultural production of onion crops in the district of Lurin.

KEYWORDS

Pesticides, *Eisenia foetida*, DL₅₀, TER, RQ.

PALABRAS CLAVE

Plaguicidas, *Eisenia foetida*, DL₅₀, TER, CR.

1 INTRODUCCIÓN

La FAO (1997) puntualiza a los plaguicidas “como cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo vectores de enfermedades humanas o animales”. También menciona que existen muchos ejemplos de comunidades enteras que sufren envenenamiento crónico por plaguicidas aun cuando estos se usan de forma correcta, por su característica de persistencia. Los plaguicidas en el Perú son registrados y regulados ante el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), según el INEI (2018), la importación de insecticidas en el Perú ha aumentado de 3 481 Tn a 5 037 Tn en los años 2007-2017, cantidades que fueron usadas en su mayoría en campos agrícolas aumentando así el riesgo por exposición. La Resolución Directoral N° 0020-2013-AG-SENASA-DIAIA, presenta un listado aún vigente de los plaguicidas registrados, cancelados y prohibidos del país, dentro de los cuales se encuentran los estudiados en este trabajo.

Lao y col. (2012) describen a la zeta-cipermetrina como “un piretroide sintético no sistémico, con actividad insecticida, de amplio espectro, siendo de uso común para la agricultura desde los años 70”. Así como Ponz (2010) define a la pendimetalina como “un herbicida de acción sistémico selectivo, para aplicaciones en pre y post-emergencia, que inhibe la división celular y el crecimiento de las malezas en germinación”. De la misma manera, Reddy y Rao (2008) detallan al profenofos como “un insecticida y acaricida de la familia de los organofosforados de acción al contacto”.

Moreno y Huerse, (2010), destacan al cultivo hortícola de la cebolla como uno de los cultivos más representativos de la cuenca de Lurin, en su documento de análisis socioeconómico de la cuenca de Lurín menciona que el sector de la cuenca baja (donde se encuentra el distrito de Lurín) es el que mayor valor económico produce con respecto a toda la cuenca, haciéndolo un cultivo destacable que debe ser considerada para ser evaluada en aspectos de impactos fitosanitarios.

Las pruebas de ecotoxicidad emplean individuos guía, en condiciones controladas de laboratorio, forman una aproximación inicial de la evaluación del riesgo de plaguicidas en el suelo (Piola, 2011). Para determinar el impacto de los tres plaguicidas citados, es importante vincular las respuestas de *E. foetida*, utilizando indicadores significativos de respuesta biológica y de comportamiento.

Uno de los individuos con un rol crucial en el suelo, es la lombriz de tierra *Eisenia foetida*. Su utilidad para el suelo es resaltada por Giménez, Della y Odello (2004), en la cual se detallan “por la integración y descomposición de materia orgánica, el ciclado de nutrientes y el desarrollo y mantenimiento de la estructura del suelo”, siendo indicativos útiles en la contaminación del suelo.

Por tal motivo, el objetivo del proyecto fue evaluar el impacto de los tres plaguicidas más usados en cultivos de *A. cepa*, por lo que se realizaron ensayos ecotoxicológicos para hallar DL₅₀ (Dosis letal media), CR (coeficiente de riesgo) y TER (exposición individual del toxico) empleado a *E. foetida*.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 *Eisenia foetida*

Las lombrices de tierra adultas (*E. foetida*) fueron obtenidas de la Universidad Nacional La Agraria La Molina (UNALM) y llevadas al Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA) de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Lima, Perú. La aclimatización se realizó a una temperatura de 19 ± 2 °C en un contenedor de 15 L. En todas las pruebas se usaron lombrices adultas, con el clitelo desarrollado, con un peso personal entre 200 – 600 mg (OECD, 1984).

2.2 Suelo Artificial

El suelo artificial se preparó según la norma OECD (2004) con algunas modificaciones descritas en Romero y Cantú, (2008). Los componentes del suelo artificial fueron: 70% de arena fina, 20% de arcilla y 10% de musgo. Previamente al inicio de los ensayos, se ajustó el contenido de humedad al 50% con el método de Alonzo y Chicas, (2013).

2.3 Plaguicidas

Los plaguicidas usados fueron la zeta-cipermetrina de la marca Furia de un formulado de 180 g·L⁻¹ con las concentraciones de 30 mg·kg⁻¹, 60 mg·kg⁻¹, 120 mg·kg⁻¹, 240 mg·kg⁻¹ y 480 mg·kg⁻¹, el profenofos de la marca Selecom de un formulado de 500 g·L⁻¹ con las concentraciones de 625 mg·kg⁻¹, 1 250 mg·kg⁻¹, 2 500 mg·kg⁻¹, 5 000 mg·kg⁻¹ y 10 000 mg·kg⁻¹ y la pendimetalina de la marca Arrow de un formulado de 400 g·L⁻¹ con las concentraciones de 2 666,67 mg·kg⁻¹, 5 333,33 mg·kg⁻¹, 10 667,67 mg·kg⁻¹, 21 333,33 mg·kg⁻¹ y 42 667,67 mg·kg⁻¹.

2.4 Pruebas Ecotoxicológicas

2.4.1 Mortalidad y otros puntos

Todos los ensayos fueron realizados con cuatro repeticiones y ajustados al 50% de humedad para las pruebas. Se basó, para validar la prueba, que la mortalidad en el control no excediera el 10 %. Para este ensayo se usó el método de Alonzo y Chicas, (2013). Tuvo una duración de 14 días y se midieron los parámetros fisicoquímicos (temperatura, humedad, pH y materia orgánica) y el promedio de pesos al inicio y al final de la prueba. Todas las lombrices que no se encontraron en esa oportunidad fueron apuntadas como extintas.

2.4.2 Evasión

Esta prueba usó el protocolo de García-Santos y Keller-Forrer, (2011). Se emplearon recipientes donde se colocó por un lado el suelo tratado y por otro el control. Luego, las lombrices adultas se colocaron en la línea divisora de ambos suelos y se dejaron que penetren los mismos. Luego de tres días, se reinsertaron los tabiques y se contaron la cantidad de lombrices en cada lado. Las dosis para zeta-cipermetrina de un formulado de 180 g·L⁻¹ fueron 15mg·kg⁻¹ y 30 mg·kg⁻¹, para el profenofos de un formulado de 50 g·L⁻¹ fueron 312,5 mg·kg⁻¹ y 625 mg·kg⁻¹ y la pendimetalina de un formulado de 400 g·L⁻¹ con las dosis de 1 333,33 mg·kg⁻¹ y 2 666,67 mg·kg⁻¹. Con respecto a De Silva y Van Gestel, (2009) para la obtención del resultado de la evasión se utilizó la siguiente fórmula, donde NR es porcentaje de evasión, C es número de lombrices en el suelo control, T es número de lombrices en el suelo contaminado, y N es número total de lombrices al inicio de la prueba.

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

Un porcentaje positivo indica evasión del suelo contaminado, un cero significa no evasión, y un porcentaje negativo indica atracción por el plaguicida tratado (Alves y col., 2013).

2.4.3 Actividad alimentaria

Para evaluar la actividad alimentaria (AA) se utilizaron las especificaciones de las láminas de plástico de Piola (2011). Dichas láminas presentaron 16 perforaciones y se llenaron con una sustancia cebo usando una mixtura elaborada de celulosa (69%), salvado de trigo (30%) y carbón activado (1%) (Van Gestel y Weeks, 2004). El ensayo fue llevado al cabo durante tres días, luego de lo cual se quitaron las láminas, y se contabilizó la cantidad de orificios vacíos en las láminas de cada vaso. La AA se determinó como el porcentaje promedio de agujeros vacíos en su totalidad o incompletos para cada uno de los ensayos.

2.5 Tratamiento de datos

La DL₅₀ se obtuvo a partir del programa Excel Probit versión 2016 facilitado por Alpha (2017). Se usó el programa estadístico SPSS, versión 22, para delimitar los estadísticos descriptivos e inferenciales con un nivel de significancia de 0,05. Para las pruebas de evasión y actividad alimentaria se realizó la prueba de Chi-cuadrado (χ²).

2.6 Evaluación del Impacto de los Plaguicidas

Para determinar la evaluación de impacto de los plaguicidas, se identificaron parámetros para hallar la ecotoxicidad a *E. foetida* y a los cultivos de cebolla. Dos enfoques de evaluación de impacto se usaron, el primero basado en un cálculo de la TER para *E. foetida* y el otro CR para cada muestra local (Pivato y col., 2017; Wee y Aris, 2017).

2.6.1 Exposición

Se aisló la data de la literatura trazando el PEC (Dosis ambiental prevista en el suelo) (Vašíčková y col., 2019).

2.6.2 Impacto

El impacto fue evaluado con los datos hallados del DL₅₀ y PNEC (dosis sin efecto ecológico). El valor PNEC se halló usando un factor de 1 000 para ensayos de periodos cortos como es propuesto en EC, (2002).

2.6.3 Riesgo

Inicialmente, se halló el riesgo de cada uno de los tres plaguicidas usando el criterio basado en los valores TER. Según la Comisión Europea, citada por Hartnik, Sverdrup y Jensen, (2008), si su valor del TER agudo es menor a 10, no debería darse un permiso para el uso del plaguicida. Se calculó con la siguiente ecuación:

$$TER = \frac{DL\ 50}{PEC}$$

El CR se clasifica en 4 niveles: 1. Riesgo nulo (CR<0,01), 2. Riesgo bajo (0,01≥ 0,1) 3. Riesgo medio (0,1≤CR<1) y alto riesgo (CR≥1) (Sánchez-Bayo y col., 2002).

$$CR = \frac{PEC}{PNEC}$$

La suma de todos los CR, denota riesgo total en conjunto, y se halló la contribución de cada uno.

3 RESULTADOS

Se estableció el efecto agudo de la zeta-cipermetrina en *E. foetida* a los 14 d de exposición (Tabla N°1). Se comprobó un aumento significativo en el porcentaje de mortalidad de *E. foetida* en relación al control desde la dosis 30 mg·kg⁻¹ hasta 480 mg·kg⁻¹. La DL₅₀ a 14 d de exposición fue de 48,26 mg·kg⁻¹. Con respecto al promedio de pesos, hubo un decrecimiento notable en el peso a medida que aumentan las concentraciones, exceptuando en el control que hubo un incremento de peso con respecto al inicio de 2, 89 g a 3,18 g.

Tabla 1. Mortalidad y promedio de pesos de *Eisenia foetida* expuesta a la zeta-cipermetrina a 14 d de exposición

<i>Eisenia foetida</i>			
Dosis (mg·kg ⁻¹)	Efecto ecotoxicológico agudo zeta-cipermetrina (% M) 14 d (± DE)	Promedio de Pesos (g)	
		0 d (± DE)	14 d (± DE)
Control	0,00 (± 0,00)a	2,89 (± 0,06)a	3,18 (± 0,05)a
30	20,00 (± 0,71)b	2,55 (± 0,07)b	1,72 (± 0,15)b
60	65,00 (± 1,25)c	2,42 (± 0,06)b	1,10 (± 0,17)c
120	100,00 (± 0,00)d	2,51 (± 0,07)b	0,00 (± 0,00)d
240	100,00 (± 0,00)d	2,40 (± 0,04)b	0,00 (± 0,00)d
480	100,00 (± 0,00)d	2,31 (± 0,04)b	0,00 (± 0,00)d
DL ₅₀	48,26	N.C	N.C
DL ₅₀ -inferior	35,70	N.C	N.C
DL ₅₀ -superior	65,24	N.C	N.C
PNEC	0,04826	N.C	N.C
K-W	22,78	14,6	22,34
Sig.	0,00	0,01	0,00
Estadístico de Levene	6,4	0,41	8,07
Sig.	0,00	0,84	0,00
S-W	0,76	0,94	0,79
Sig.	0,00	0,14	0,00

% M: % mortalidad. DE: Desviación Estándar. NC.: No Corresponde DL₅₀: Dosis letal media. DL₅₀-inferior: Límite inferior de la DL₅₀. DL₅₀-superior: Límite superior de la DL₅₀. PNEC: Dosis sin efecto ecológico. K-W: Prueba de Kruskal –Wallis, prueba para evaluar la normalidad. Estadístico de Levene: Prueba para evaluar la homogeneidad de varianzas. S-W: Prueba de Shapiro - Wilks. Letras minúsculas iguales en una misma columna muestran que los porcentajes son estadísticamente iguales

Se observó el efecto agudo del profenofos en *E. foetida* a los 14 d de exposición (Tabla N°2). Se comprobó un aumento significativo en el porcentaje de mortalidad de *E. foetida* en relación al control desde la dosis de 625 mg·kg⁻¹ hasta 10 000 mg·kg⁻¹. La DL₅₀ a 14 d de exposición fue de 1 250 mg·kg⁻¹. Con respecto al promedio de pesos, hubo un decrecimiento notable en el peso a medida que aumentan las concentraciones, exceptuando en el control que hubo un incremento de peso con respecto al inicio de 2, 89 g a 3,18 g.

Tabla 2. Mortalidad y promedio de pesos de *Eisenia foetida* expuesta al profenofos a 14 d de exposición.

<i>Eisenia foetida</i>			
Dosis (mg·kg ⁻¹)	Efecto ecotoxicológico agudo profenofos (% M) 14 d (± DE)	Promedio de Pesos (g)	
		0 d (± DE)	14 d (± DE)
Control	0,00 (± 0,00)a	2,89 (± 0,06)a	3,18 (± 0,05)a
625	25,00 (± 1,56)b	2,22 (± 0,09)b	1,61 (± 0,39)ab
1 250	50,00 (± 1,83)c	2,23 (± 0,04)b	1,17 (± 0,47)b
2 500	100,00 (± 0,00)d	2,19 (± 0,08)b	0,00 (± 0,00)c
5 000	100,00 (± 0,00)d	2,27 (± 0,08)b	0,00 (± 0,00)c
10 000	100,00 (± 0,00)d	2,13 (± 0,05)b	0,00 (± 0,00)c
DL ₅₀	1 250	NC	NC
DL ₅₀ -inferior	810,30	NC	NC
DL ₅₀ -superior	1 928,30	NC	NC
PNEC	0,8103	NC	NC
K-W	21,94	11,39	22,03
Sig.	0,00	0,04	0,00
Estadístico de Levene	10,69	0,54	6,65
Sig.	0,00	0,75	0,00
S-W	0,73	0,84	0,76
Sig.	0,00	0,00	0,00

M: % mortalidad. DE: Desviación Estándar. NC.: No Corresponde DL₅₀: Dosis letal media. DL₅₀-inferior: Límite inferior de la DL₅₀. DL₅₀-superior: Límite superior de la DL₅₀. PNEC: Dosis sin efecto ecológico. K-W: Prueba de Kruskal –Wallis, prueba para evaluar la normalidad. Estadístico de Levene: Prueba para evaluar la homogeneidad de varianzas. S-W: Prueba de Shapiro - Wilks. Letras minúsculas iguales en una misma columna muestran que los porcentajes son estadísticamente iguales.

Se detectó el efecto agudo de la pendimetalina en *E. foetida* a los 14 d de exposición (Tabla N°3). Se comprobó un aumento significativo en el porcentaje de mortalidad de *E. foetida* en relación al control desde la dosis 2 666,67 mg·kg⁻¹ hasta 42 666,67 mg·kg⁻¹. La DL₅₀ a 14 d de exposición fue de 3 771,23 mg·kg⁻¹. Con respecto al promedio de pesos, hubo un decrecimiento notable en el peso a medida que aumentan las concentraciones, exceptuando en el control que hubo un incremento de peso con respecto al inicio de 2, 89 g a 3,18 g.

Tabla 3. Mortalidad y promedio de pesos de *Eisenia foetida* expuesta a la pendimetalina a 14 d de exposición

<i>Eisenia foetida</i>			
Dosis (mg·kg ⁻¹)	Efecto ecotoxicológico agudo pendimetalina (% M) 14 d (± DE)	Promedio de Pesos (g)	
		0 d (± DE)	14 d (± DE)
Control	0,00 (± 0,00)a	2,89 (± 0,06)a	3,18 (± 0,05)a
2 666,67	42,50 (± 0,85)b	2,17 (± 0,09)b	1,25 (± 0,15)b
5 333,33	57,50 (± 1,10)c	2,15 (± 0,07)b	0,92 (± 0,22)b
10 666,67	100,00 (± 0,00)d	2,32 (± 0,12)b	0,00 (± 0,00)c

21 333,33	100,00 (± 0,00)d	2,22 (± 0,09)b	0,00 (± 0,00)c
42 666,67	100,00 (± 0,00)d	2,16 (± 0,06)b	0,00 (± 0,00)c
DL ₅₀	3 771,23	NC	NC
DL ₅₀ -inferior	1 866,24	NC	NC
DL ₅₀ -superior	7 620,78	NC	NC
PNEC	3,77123	NC	NC
K-W	22,19	10,66	22,21
Sig.	0,00	0,06	0,00
Estadístico de Levene	9,00	0,42	8,82
Sig.	0,00	0,83	0,00
S-W	0,78	0,84	0,75
Sig.	0,00	0,00	0,00

M: % mortalidad. DE: Desviación Estándar. NC.: No Corresponde DL₅₀: Dosis letal media. DL₅₀-inferior: Límite inferior de la DL₅₀. DL₅₀-superior: Límite superior de la DL₅₀. PNEC: Dosis sin efecto ecológico. K-W: Prueba de Kruskal –Wallis, prueba para evaluar la normalidad. Estadístico de Levene: Prueba para evaluar la homogeneidad de varianzas. S-W: Prueba de Shapiro - Wilks. Letras minúsculas iguales en una misma columna muestran que los porcentajes son estadísticamente iguales.

Los resultados obtenidos (Tabla N°4) nos indican que el porcentaje de evasión de los tres plaguicidas tienen valores de 60%, 40% y 80% en las concentraciones de 30 mg·kg⁻¹, 625 mg·kg⁻¹ y 2 666,67 mg·kg⁻¹, respectivamente. Al ser todos resultados positivos, denota un comportamiento de evasión, por el lado de las lombrices con respecto al suelo infectado. El análisis del Chi-cuadrado (χ^2), nos indica que existe una conexión entre la evasión y la existencia del tóxico en el medio, para ambas concentraciones de zeta-cipermetrina, profenofos y pendimetalina; exceptuando la concentración de 312,5 mg·kg⁻¹ de profenofos y 1 333, 33 de pendimetalina. En este sentido, se puede inferir que el plaguicida con mayor evasión fue la pendimetalina con la dosis de 2 666,67 mg·kg⁻¹

Tabla 4. Efecto de evasión de la zeta-cipermetrina, el profenofos y la pendimetalina sobre *Eisenia foetida* expuesta a 3 d de exposición.

Plaguicidas	<i>Eisenia foetida</i>		Parámetros Sin Tóxico (%)	Con Tóxico (%)	χ^2	P
	Efecto de Evasión	Dosis (mg·kg ⁻¹)				
Zeta-Cipermetrina	15	45	55	4,27	0,04	
	30	60	40	7,91	0,01	
Profenofos	312,5	5	95	0,05	0,82	
	625	60	40	7,91	0,01	
Pendimetalina	1 333,33	40	60	3,33	0,07	
	2 666,67	80	20	15,24	0,00	

χ^2 : Chi Cuadrado. p: Significancia.

Los resultados conseguidos en este ensayo (Tabla N°5) nos demuestran que el porcentaje de la actividad alimentaria de la zeta-cipermetrina, el profenofos y la pendimetalina a 3 d de exposición, tienen los valores de 33,33%; 29,12% y 32,66% en las concentraciones en las concentraciones de 30 mg·kg⁻¹, 625 mg·kg⁻¹ y 2 666,67 mg·kg⁻¹, respectivamente. El análisis del Chi-cuadrado (χ^2), nos indica que existe una conexión entre la actividad alimentaria y la existencia del tóxico en el medio. para la zeta-cipermetrina, el profenofos y la pendimetalina en las concentraciones ya mencionadas. En este sentido, se puede inferir que el plaguicida con mayor actividad alimentaria fue la zeta-cipermetrina con la dosis de 15 mg·kg⁻¹

Tabla 5. Efecto de actividad alimentaria de la zeta-cipermetrina, el profenofos y la pendimetalina sobre *Eisenia foetida* expuesta a 3 d de exposición.

Plaguicidas	<i>Eisenia foetida</i>		Parámetros Actividad Alimentaria (%)	χ^2	p
	Dosis (mg·kg ⁻¹)	Actividad Alimentaria (%)			

Zeta-	15	54,19	0,76	0,39
Cipermetrina	30	33,33	10,97	0,00
Profenofos	312,5	39,65	3,63	0,06
	625	29,12	16,28	0,00
Pendimetalina	1 333,33	49,28	0,05	0,83
	2 666,67	32,66	10,86	0,00

χ^2 : Chi Cuadrado. p: Significancia.

El valor del TERA (Tabla N°6) para zeta-cipermetrina, profenofos y pendimetalina se calculó en base al MEC o PEC. Se obtuvo 482,6; 12 500 y 377 123 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Por otro lado, los RQa de cada plaguicida obtenidos fueron 1,04; 0,08 y 0,001; respectivamente, donde se caracteriza a la zeta-cipermetrina como un riesgo alto, mientras que el profenofos uno bajo y la pendimetalina nulo. Se demuestra que el RQa t es mayor a 1 y, por lo tanto, es un riesgo alto. Donde la mayor contribución la tiene la zeta-cipermetrina con un 92,77%, seguido del profenofos con un 7,14% y al final la pendimetalina con un 0,09%.

Tabla 6. Valores de la evaluación de impacto de la zeta-cipermetrina, el profenofos y la pendimetalina sobre *Eisenia foetida*.

Parámetros	Zeta-Cipermetrina	Profenofos	Pendimetalina
PEC ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,05 (BASF, 2014)	0,1 (Van den Brink y col., 2003)	0,005 (Vašíčková y col., 2019)
(DL ₅₀)	48,26	1 250	3 771,23
PNEC (DL ₅₀)	0,04826	1,25	3,77123
TER (DL ₅₀)	482.6	12 500	377 123
CR (DL ₅₀)	1,04	0,08	0,001
Contribución (%)	92,77	7,14	0,09
CR t (DL ₅₀)		1,121	

Dónde: PEC: Dosis ambiental prevista del suelo. PNEC: Dosis sin efecto ecológico. TER: ratio de exposición de toxicidad. CR: coeficiente de riesgo. CR t: coeficiente de riesgo total de un lugar. Contribución: % de contribución al riesgo por cada plaguicida.

4 DISCUSIÓN

Ecotoxicidad de los Plaguicidas

En esta investigación con *E. foetida* se presentaron los resultados en la mortalidad y disminución del peso para zeta-cipermetrina (DL₅₀ = 48,26 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Resultados similares se encontraron en la base de datos de plaguicidas de Republica Checa (PPP, 2019) donde figura un valor de DL₅₀ = 37,50 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Junquera, (2011) menciona que la cipermetrina, es también conocida como la zeta-cipermetrina. En base a ello, se contrasto con estudios como Hatnik y col., (2008) que obtuvo un valor en alfa-cipermetrina de 762 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Zhou y col., (2008) presentó un valor de 84,14 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y posteriormente en otro trabajo, años más tarde, Zhou y col., (2011) presento un valor similar para el mismo plaguicida de 86,04 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

La materia orgánica (MO) tiene una gran absorción de la zeta-cipermetrina siendo más disponible para ser ingerida por la lombriz a través de la cutícula o ingestión (Styrishave y col., 2010). Por lo tanto, la proporción de MO en el suelo del estudio se encontró inicialmente con 5,42 %, por lo cual no habría mucha adsorción del contaminante. Este hecho ocurre también en el estudio de Hatnik y col., (2008), ya que su suelo contó con 2,2 %, donde el plaguicida pudo estar disponible en el agua y/o sus partículas minerales.

Otra de las variables que intervienen la presencia de la zeta-cipermetrina son la solubilidad del agua y el coeficiente de partición (K_{ow}) al ser propiedades significativamente correlacionadas con la movilidad de los insecticidas en los suelos (Somasundaram y col., 1991). Zeta-cipermetrina tiene un K_{ow} de 5,5, indicando que tiende a acumularse en tejidos grasos de los organismos, esto hace que su potencial de infiltración sea de bajo alcance en suelos agrícolas (Sakata y col., 1986) como se evidenció en el trabajo de Huldbert y col., (2019) donde encontró un mayor número de *E. foetida* vivas en la parte superficial que metros más abajo.

Según Wang y col., (2012), la baja toxicidad de alfa-cipermetrina se da por su rápido metabolismo, debido a que puede metabolizarse antes de entrar al sistema nervioso central o que se una al receptor y sea redistribuido entre los receptores y el tejido. Hubo una clara evasión a modo de que esta dosis iba

incrementándose, así como en la actividad alimentaria. Esta conducta se argumenta por la extensa cantidad de quimiorreceptores que tienen las lombrices en el exterior de su cuerpo (Zhou y col., 2007).

Los plaguicidas con una vida media más larga tienen más probabilidades de acumularse después de aplicaciones repetidas y, en consecuencia, aumenta el riesgo de contaminar la superficie cercana agua, agua subterránea, plantas y animales (Hanson, y col. 2015). En el trabajo de Baker and Bellamy (2006), se evidencia que con una cantidad inicial de $204 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ la persistencia ambiental de la zeta-cipermetrina a 1 año en el suelo baja a $32 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, así como su solubilidad, la cual se extrajo de la data del trabajo de Dousse y col. (2015) donde especifica que su solubilidad es de $4 -10 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ definiéndola como ligeramente soluble, demostrando que sería más disponible hacia el suelo y la macrofauna local. Se infiere que la persistencia del plaguicida fue una variable desencadenante con respecto a la ecotoxicidad en el presente estudio, ya que esta puede disminuir en un rango 204 a $32 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en el transcurso de 1 año, donde el estudio fue de 14 días y la DL_{50} se encuentra en dicho rango.

Por otro lado, el profenofos, obtuvo una mortalidad de DL_{50} de $1\ 250 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y reducción de peso al pasar los días de la prueba. Otra investigación como la de Chakra-Reddy y Rao, (2008) presento valores como $4,56 (\mu\text{g}\cdot\text{cm}^2)$ y $3,55 (\mu\text{g}\cdot\text{cm}^2)$ a las 24 h y 48 h, respectivamente, los resultados diferentes se deben a que se usó otra metodología y nomenclatura en la investigación.

Con respecto a la evasión del suelo con profenofos se evidenció que solo existió una relación con la dosis de $625 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Chakra-Reddy y Rao, (2008) mencionan que esto puede deberse a que las lombrices de tierra se ven afectadas por los plaguicidas a través del contacto con la piel o alimentándose de residuos contaminados en el suelo. Principalmente, estos tóxicos pasan a través de la piel y llegan al fluido celómico y así ser transportados a través del cuerpo. No hubo una relación de la evasión con la otra dosis en profenofos, ya que las dosis para cada plaguicida que se usaron en las pruebas de evasión fueron menores a las de sus DL_{50} , y debido a que son mucho menores, es por ello no hay una relación entre las dosis y la evasión de las lombrices.

Kushwaha y col. (2016) afirma que la vida media de cualquier pesticida indica la persistencia en el medio que se encuentre siendo los pesticidas con vidas medias más cortas tienden a acumularse menos y a ser menos persistente en el medio ambiente. La persistencia de cada plaguicida varía considerablemente según las condiciones tales como calidad del suelo, medio acuoso, pH del medio y otros factores ambientales (TOXNET, 2014). Los valores de persistencia encontrados para profenofos en TOXNET (2002) fueron 104 a 108 d, 24 a 62 d, y 0,33 d para valores de pH de 5, 7 y 9, respectivamente. Otro factor clave es la solubilidad, donde en el trabajo de Ngan y col. (2005) destaca que la solubilidad del profenofos es muy alta, y debido a su poca persistencia en el medio, puede solubilizarse con facilidad con el agua. Siendo el pH del ensayo 8,13; se infiere que su persistencia podría ser menor a un mes (dentro del tiempo de exposición de la prueba), por lo que el resultado de ecotoxicidad se vio influenciado por este parámetro, pese a ello, su DL_{50} fue menor a la dosis recomendada por el fabricante

Se sabe que, la materia orgánica es fundamental para la alimentación de las lombrices. En el estudio de Gómez y col., (1999), la influencia del profenofos fue investigada en células de *Azospirillum brasilense*, donde encontraron que redujo significativamente la fijación del nitrógeno al suelo, lo cual estaría relacionado a la cantidad de materia orgánica disponible directamente, lo cual afectaría la actividad alimentaria como se evidencio a $625 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ donde la actividad alimentaria si se vio relacionada con la dosis.

Con la pendimetalina se evidenció una disminución del peso con respecto al incremento de las concentraciones del plaguicida y un DL_{50} de $3\ 771,23 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. En la misma base de datos (PPP, 2019) se encontró un valor de $DL_{50} > 1\ 000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. En el estudio de Mosqueda, Adjesiwor y Kniss, (2019) se menciona que el rango permitido para lombrices es $3\ 545,96 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ del plaguicida Prowl H_2O , hallándose cercano al valor del obtenido en este estudio al igual que el de Traoré y col., (2018) con un valor de $3\ 555,96 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Edwards y Brown (1982) declararon que los herbicidas (como la pendimetalina) tienden a tener baja toxicidad para las lombrices de tierra, pero puede causar una reducción de la población al disminuir aporte de materia orgánica y cobertura de plantas de malezas. Otros estudios han demostrado que, aunque los herbicidas pueden afectar las poblaciones de lombrices de tierra, el tipo y la cantidad de residuos de plantas acumuladas pueden tener un efecto mayor (Farenhorst 2003). Con respecto a la evasión, esta respuesta es también compartida con los resultados de Adelasoye y col, (2017) donde se demostró que el comportamiento es debido a una baja densidad poblacional de lombrices en las pruebas.

Con respecto a su persistencia en el ambiente, esta se adsorbe fuertemente a materia orgánica y minerales arcillosos y, por lo tanto, no es móvil en el suelo. Es moderadamente persistente con una vida media de campo de aproximadamente 90 días (Mohan y col., 2007), normalmente es degradado a través de fotodegradación, volatilización o por biodegradación (Zhang y col., 2000). Sin embargo, hay muy pocos informes sobre

degradación de pendimetalina por microorganismos del suelo (Veena y col., 2010). Tsiropoulos y Lolas (2004) describen que la persistencia de los herbicidas en general está influenciada por una serie de factores, como las propiedades moleculares, las condiciones ambientales, el tipo de suelo, temperatura, humedad y prácticas culturales. Con respecto a los resultados se puede inferir que, con una persistencia de 90 días en el medio, esta no influye en la prueba ecotoxicológica de 14 días su DL₅₀ ya que fue menor a la dosis recomendada por el fabricante, pero esta podría aumentar el riesgo de exposición ambiental y toxicidad hacia la siguiente cosecha.

Evaluación de Impacto de los Plaguicidas

Para la zeta-cipermetrina, el TER fue de 482,6 demostrando baja toxicidad con respecto a *E. foetida*. De acuerdo a la normativa de la Unión Europea, este valor es superior a 10, por lo que no se interpretaría como un impacto para el ambiente, al no mostrar un riesgo para *E. foetida*. Un TER de 1 500 fue determinado para la alfa-cipermetrina, según citado por Hartnik y col., (2008). Mientras que con el CR se obtuvo un valor de 1,04, y se considera un riesgo alto, muy por el contrario que el TER ya que el enfoque CR se utiliza en este estudio para señalar el organismo más sensible y permitir una evaluación de la mezcla de toxicidad en cada sitio monitoreado.

Mientras que para el profenofos su TER fue de 12 500 siendo mayor que la de zeta-cipermetrina. Vašíčková y col., (2019) definen al TER como una aproximación que caracteriza el riesgo de un compuesto independiente y da una estimación general del impacto para cada especie en el suelo. Mientras que el CR se aplica, al contrario, ya que se basa en la exposición de su toxicidad, como para el caso del profenofos que fue de un riesgo bajo con valor de 0,08. Los residuos de profenofos en el suelo plantean una serie de preocupaciones medioambientales, como los efectos adversos sobre los cultivos y la migración al agua subterránea (He y col., 2010; Bedi y col., 2015).

Por último, la pendimetalina demostró tener los valores de TER y CR más lejos del rango de impacto y riesgo en las diferentes clasificaciones con valores de 377 123 y 0,001, dando valores de riesgo nulos en ambos casos. Esto se puede deber donde Goto y Sudo 2015 (2018) sugieren que el contenido de lípidos simple de la pendimetalina no fue el único factor que afecta el potencial de bioacumulación, sino que las diferencias la composición de los lípidos podría generar variabilidad en la bioconcentración en los organismos biológicos (Van der Heijden y Jonker, 2011).

5 CONCLUSIONES

Los resultados de DL_{50-14d} evidencian que el nivel de ecotoxicidad de los plaguicidas analizados con *E. foetida*, fueron por debajo de las dosis recomendadas por el fabricante, a excepción de la zeta-cipermetrina. Las pruebas de evasión y de actividad alimentaria presentaron una relación con la dosis más cercana a sus DL₅₀. A partir de ello, y de la data extraída de la literatura, se obtuvieron valores que evalúan el impacto de estos tres plaguicidas. El valor TER para los tres plaguicidas fue calculado declarándose sin impacto hacia *E. foetida*. Sin embargo, en el valor del CR presentaron valores de riesgo alto en total donde la zeta-cipermetrina contribuyó con 92,77%, el profenofos un riesgo bajo con 7,14% y la pendimetalina sin riesgo con 0,09% lo cual podría afectar indirectamente a los cultivos de cebolla del distrito de Lurín. Se recomienda replicar el bioensayo en diferentes organismos no objetivos relacionados y a campo abierto, así como a concentraciones más bajas para obtener el NOEC y LOEC, y así obtener más data para establecer distintos estándares ambientales para dicha especie, ya que es crucial para la salud y calidad del suelo.

6 REFERENCIAS

- Adelasoye, K. A., Popoola, K. O. K., Awodoyin, R. O., and Ogunyemi, S. (2017). Earthworms' response to Pendimethalin in a maize-based cropping system and in situ toxicity testing in Southern Guinea Savannah, Nigeria. *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci.*, 4(1), 21-33. Disponible en: <https://bit.ly/3fHYqQt>
- Alonzo, L., y Chicas, S. (2013). Determinación de la Concentración Letal 50 (CL50%) de dos plaguicidas sintéticos utilizando *Eisenia foetida*. San Salvador. Disponible en: <https://bit.ly/38Enyn9>
- Alpha, R. (2017) Calculating LD₅₀/LC₅₀ using Probit analysis in Excel. Disponible en: <https://bit.ly/36vadLx>
- Alves, P., Cardoso, E., Martines, A., Sousa, J.P., and Pasini, A. (2013) Earthworm ecotoxicological assessments of pesticides used to treat seeds under tropical conditions. *Chemosphere*, 90:2674-2682. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.11.046>
- Baker, P. B., and Bellamy, D. E. (2006). Field and laboratory evaluation of persistence and bioavailability of soil termiticides to desert subterranean termite *Heterotermes aureus* (Isoptera:

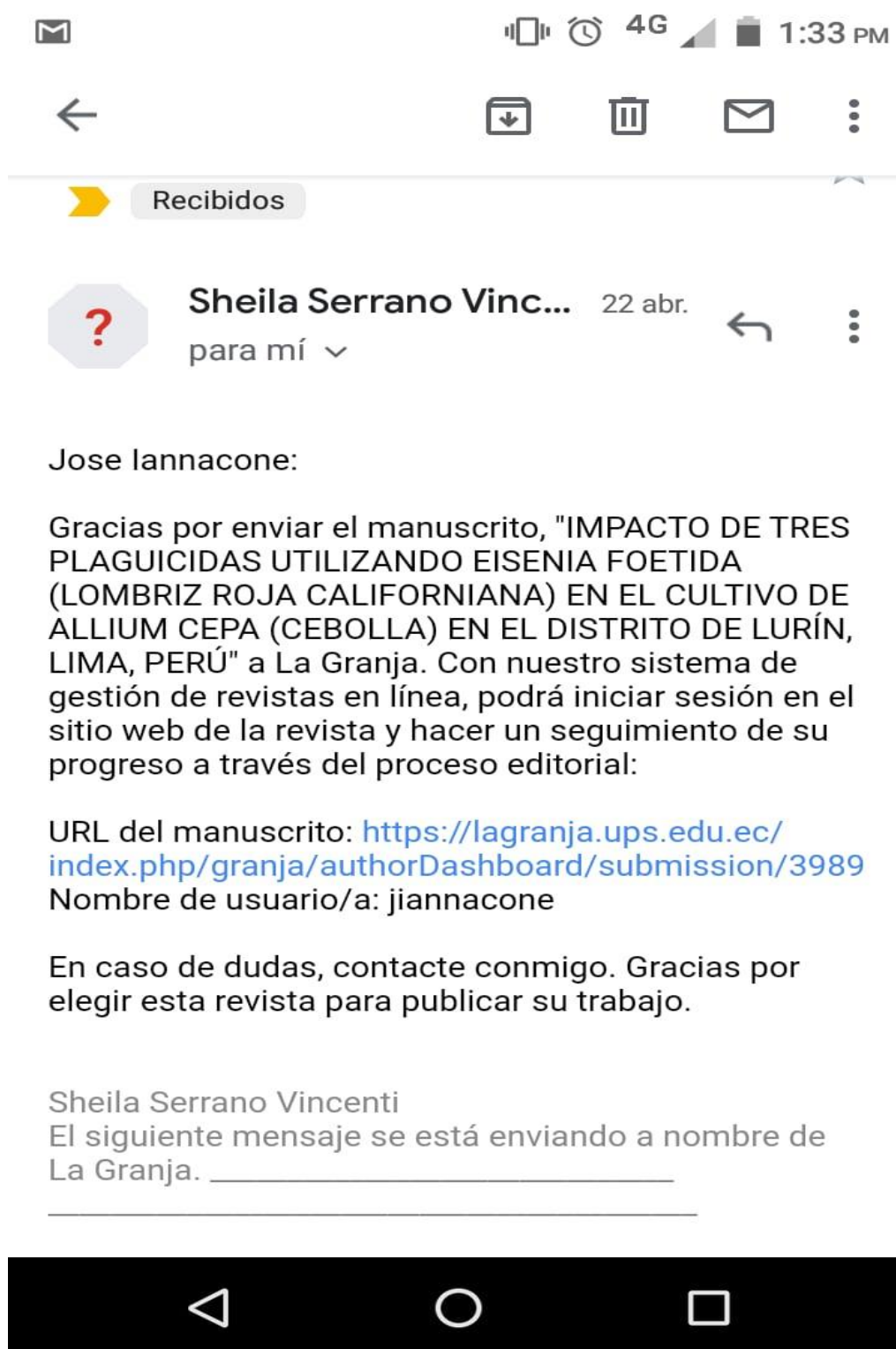
- Rhinotermitidae). *Journal of economic entomology*, 99(4), 1345-1353. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jee/99.4.1345>
- BASF. (2014) Registration Report: Alpha-cypermethrin, Central Zone: Germany.
- Bedi, J.S., Gill, J.P.S., Aulakh, R.S., and Kaur, P. (2015) Pesticide residues in bovine milk in Punjab, India: Spatial variation and risk assessment to human health. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 69:230–240. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00244-015-0163-6>
- Chakra-Reddy, N.C., and Rao, J.V. (2008) Biological response of earthworm, *Eisenia foetida* (Savigny) to an organophosphorus pesticide, profenofos. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 71(2):574-582. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2008.01.003>
- De Silva, P., and Van Gestel, C. (2009) Comparative sensitivity of *Eisenia andrei* and *Perionyx excavates* in earthworm avoidance tests using two soil types in the tropics. *Chemosphere*, 77:1609-1613. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.09.034>
- Dousse, D., De Alencastro, L. F., Grandjean, D., Jenni, R., and Zwahlen, F. (2015). Evaluation of the risk to groundwater after treating logs with cypermethrin. *Environmental Earth Sciences*, 73(7), 3275-3284. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3611-0>
- Edwards, P.J. and S.M. Brown (1982). Use of grassland plots to study the effects of pesticides on earthworms. *Pedobiologia*, 24: 145-150. Disponible en: <https://bit.ly/2AXHwwH>
- EC (2002) Guidance Document on Terrestrial Ecotoxicology in the Context of the Directive 91/414/EEC, pp. 1e39. SANCO/10329/2002), rev.2 final, 17.10.2002.
- FAO (2003) Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Disponible en: <https://bit.ly/36Bb4um>
- Farenhorst, A., Tomlin, A. and Bowman, B. (2003). Impact of Herbicide Application Rates and Crop Residue Type on Earthworm Weights. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 70, 0477–0484. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00128-003-0011-7>
- García-Santos, G., and Keller-Forrer, K. (2011) Avoidance behaviour of *Eisenia fetida* to carbofuran, chlorpyrifos, mancozeb and metamidophos in natural soils from the highlands of Colombia. *Chemosphere*, 84(5):651–656. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.03.036>
- Giménez, R., Della, P. y Odello, E. (2004) Efectos tóxicos de los insecticidas clorpirifos y teflutrina sobre la lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris* L.). *Agricultura Técnica*, 64:347-352. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072004000400003>
- Gómez, F., Martínez-Toledo, M. V., Salmerón, V., Rodelas, B., and González-López, J. (1999) Influence of the insecticides profenofos and diazinon on the microbial activities of *Azospirillum brasilense*. *Chemosphere*, 39(6), 945–957. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(99\)00026-0](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(99)00026-0)
- Goto, Y., and Sudo, M. (2018) Uptake and elimination kinetics of trifluralin and pendimethalin in *Pheretima* spp. and *Eisenia* spp. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(13):12352–12360. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1483-7>
- Hanson, B., C. Bond, K. Buhl, and D. Stone. (2015). Pesticide half-life fact sheet. National Pesticide Information Center, Oregon State University Extension Services. Disponible en: <https://bit.ly/32GnLoL>
- Hartnik, T., Sverdrup, L.E., and Jensen, J. (2008) Toxicity of the pesticide Alpha- Cypermethrin to four soil nontarget invertebrates and implications for risk assessment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27:1408–1415. Disponible en: <https://doi.org/10.1897/07-385.1>
- He, J., Fan, M., and Liu, X. (2010) Environmental behavior of profenofos under paddy field conditions. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 84:771–774. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00128-010-0023-z>
- Hulbert, D., Jamil, R. Z. R., Isaacs, R., Vandervoort, C., Erhardt, S., and Wise, J. (2019) Leaching of insecticides used in blueberry production and their toxicity to red worm. *Chemosphere*, 241:125091. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125091>
- INEI (2018). Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2018. Lima, Perú. Recuperado de: <https://bit.ly/30Xfagw>
- Junquera, P. (2011) Antiparasitarios externos (ectoparasiticidas) para el ganado bovino, ovino, caprino, porcino y aviar, perros y gatos. Disponible en: <https://bit.ly/3iKfztb>
- Kushwaha, M., Verma, S., and Chatterjee, S. (2016). Profenofos, an Acetylcholinesterase-Inhibiting Organophosphorus Pesticide: A Short Review of Its Usage, Toxicity, and Biodegradation. *Journal of environmental quality*, 45(5), 1478-1489. Disponible en: <https://doi.org/10.2134/jeq2016.03.0100>
- Lao, W., Tiefenthaler, L., Greenstein, D.J., Maruya, K.A., Bay, S.M., Ritter, K., and Schiff, K. (2012) Pyrethroids in Southern California Coastal Sediments. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 31 (7):1649–1656. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/etc.1867>
- Mohan SV, Krishna MR, Muralikrishna P, Shailaja S and Sarma PN. (2007). Solid phase bioremediation of pendimethalin in contaminated soil and evaluation of leaching potential. *Bioresour Technol.* Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.09.049>

- Moreno, J., y Huerse, R. (2010) Diagnóstico Socioeconómico de la Cuenca del río Lurín. Proyecto: "Desarrollo Territorial y Generación de Empleo en la Cuenca del Río Lurín". CGDD-CIED, Lima. Disponible en: <https://bit.ly/34lVH7g>
- Mosqueda, E.G., Adjesiwor, A.T., and Kniss, A.R. (2019) Relative toxicity of selected herbicides and household chemicals to earthworms. *bioRxiv*, 850222. Disponible en: <https://doi.org/10.1101/850222>
- Ngan, C. K., Cheah, U. B., Abdullah, W. W., Lim, K. P., and Ismail, B. S. (2005). Fate of chlorothalonil, chlorpyrifos and profenofos in a vegetable farm in Cameron Highlands, Malaysia. *Water, Air, & Soil Pollution: Focus*, 5(1-2), 125-136. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11267-005-7408-8>
- OECD (1984) OECD Guideline for testing of chemicals N° 207. Earthworm, acute toxicity tests, OECD, Paris, France.
- OECD (2004) OECD Guideline for the Testing of Chemicals. Test No. 222: Earthworm Reproduction Test (*Eisenia fetida/andrei*). Organization for Economic Co-operation and Development, Paris
- 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. Disponible en: <https://bit.ly/35junbl>
- Pivato, A., Lavagnolo, M.C., Manachini, B., Vanin, S., Raga, R., and Beggio, G. (2017) Ecological risk assessment of agricultural soils for the definition of soil screening values: a comparison between substance-based and matrix-based approaches. *Heliyon* 3. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00284>
- Ponz, P. (2010) Biorremediación de pendimetalina en ensayos de microcosmos controlados. Disponible en: <https://bit.ly/2rHQERi>
- PPDB (2019) PPDB - Pesticides Properties Data Base. University of Hertfordshire, UK. Disponible en: <https://bit.ly/2YSKdas>
- Romero, P.R., y Cantú, A.M. (2008) Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo: la experiencia en México. Instituto Nacional de Ecología. Disponible en: <https://bit.ly/38BdScI>
- Sakata, S., Mikami, N., Matsuda, T., and Miyamoto, J. (1986) Degradation and leaching behavior of the pyrethroid insecticide cypermethrin in soils. *Journal of Pest Science*, 11:71e79 Disponible en: <https://doi.org/10.1584/jpestics.11.71>
- Sanchez-Bayo, F., Baskaran, S., and Kennedy, I.R., (2002) Ecological relative risk (EcoRR): another approach for risk assessment of pesticides in agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 91:37e57. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00258-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00258-4)
- Styrishave, B., Hartnik, T., Christensen, P., Andersen, O., and 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*, 29:1084–1090 Disponible en: <https://doi.org/10.1002/etc.127>
- Tian, D., Mao, H., Lv, H., Zheng, Y., Peng, C., and Hou, S. (2018) Novel two-tiered approach of ecological risk assessment for pesticide mixtures based on joint effects. *Chemosphere*, 192: 362-371. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.11.001>
- TOXNET. 2002. Toxicology Data Network (TOXNET). US National Library of Medicine. Disponible en: <https://bit.ly/3jkUyWh>
- TOXNET. 2014. Toxicology Data Network (TOXNET). US National Library of Medicine. Disponible en: <https://bit.ly/2WA8q5i>
- Traoré, H., Crouzet, O., Mamy, L., Sireyjol, C., Rossard, V., Servien, R., and Benoit, P. (2018) Clustering pesticides according to their molecular properties, fate, and effects by considering additional ecotoxicological parameters in the TyPol method. *Environmental Science and Pollution Research*, 25: 4728-4738. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0758-8>
- Tsiropoulos, N. G., and Lolos, P. C. (2004). Persistence of pendimethalin in cotton fields under sprinkler or drip irrigation in central Greece. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 84(1-3), 199–205. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/0306731031000149714>
- Van der Heijden, S.A., and Jonker, M.T.O. (2011) Intra- and interspecies variation in bioconcentration potential of polychlorinated biphenyls: are all lipids equal? *Environmental Science & Technology*, 45:10408–10414. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/es2022158>
- Van den Brink, P. J., Sureshkumar, N., Daam, M.A., Domingues, I., Milwain, G.K., Beltman, W.H.J., and Satapornvanit, K. (2003) Environmental and human risks of pesticide use in Thailand and Sri Lanka; results of a preliminary risk assessment (No. 3/2003). Alterra: Disponible en: <https://bit.ly/2PhzumA>
- Van Gestel, C., and Weeks, J.M. (2004) Recommendations of the 3rd International Workshop on Earthworm Ecotoxicology, Aarhus, Denmark. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 57:100-105. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2003.08.011>
- Vašíčková, J., Hvězdová, M., Kosubová, P., and Hofman, J. (2019) Ecological risk assessment of pesticide residues in arable soils of the Czech Republic. *Chemosphere*, 216:479-487. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.10.158>

- Veena BM, Preezi NT, Robercyril SH, Skandar IM and Harichandra ZN. (2010). Biodegradation of pendimethalin by *Bacillus circulans*. *Indian J Biotechnol*. Disponible en: <https://bit.ly/2COQ3Tk>
- Wang, Y., Cang, T., Zhao, X., Yu, R., Chen, L., Wu, C., and Wang, Q. (2012) Comparative acute toxicity of twenty-four insecticides to earthworm, *Eisenia fetida*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 79:122-128. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.12.016>
- Wee, S.Y., and Aris, A.Z. (2017) Ecological risk estimation of organophosphorus pesticides in riverine ecosystems. *Chemosphere*, 188:575e581. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.09.035>
- Zhang C, Hughes JB, Nishino SF and Spain J. (2000). Slurry-phase biological treatment of 2,4- dinitrotoulene and 2,6-dinitrotoulene: role of bioaugmentation and effects of high dinitrotoulene concentrations. *Environ Sci Technol*. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/es000878q>
- Zhou, S., Duan, C., Wang, X., Wong, M., Yu, Z., and Fu, H. (2008) Assessing cypermethrin-contaminated soil with three different earthworm test methods. *Journal of Environmental Sciences*, 20:1381-1385. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(08\)62236-6](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)62236-6)
- Zhou, S., Duan, C., Michelle, W.H.G., Yang, F., and Wang, X. (2011) Individual and combined toxic effects of cypermethrin and chlorpyrifos on earthworm. *Journal of Environmental Sciences*, 23 (4):676–680. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(10\)60462-7](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(10)60462-7)
- Zhou, S., Duan, C., Fu, H., Chen, Y., Wang, X., and Yu, Z. (2007) Toxicity assessment for chlorpyrifos-contaminated soil with three different earthworm test methods. *Journal of Environmental Sciences*, 19:854-858. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(07\)60142-9](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(07)60142-9)

ANEXOS

EVIDENCIA DEL ENVÍO A REVISTA CIENTÍFICA



COPIA DE RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE ACEPTACIÓN E INSCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE TESIS Y NOMBRAMIENTO DEL ASESOR DE LA INVESTIGACIÓN

RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°031-2018-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lima, 13 de marzo del 2018

VISTO:

El informe técnico del Comité de Investigación de la Facultad, se aprueba el proyecto de tesis: "IMPACTO DE TRES PLAGUICIDAS UTILIZANDO *Eisenia foetida* (LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA) EN EL CULTIVO DE *Allium Cepa* (CEBOLLA) EN EL DISTRITO DE LURÍN, LIMA, PERÚ" presentado por don Diego Fernando Elías Estremadoyro con código de matrícula N° 100004190.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento de Estudios de Pregrado vigente, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental** en la Facultad de Ciencias Ambientales/Carrera de **Ingeniería Ambiental**, el bachiller de la especialidad de **Ingeniería y Gestión Ambiental** debe desarrollar la tesis titulada "IMPACTO DE TRES PLAGUICIDAS UTILIZANDO *Eisenia foetida* (LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA) EN EL CULTIVO DE *Allium Cepa* (CEBOLLA) EN EL DISTRITO DE LURÍN, LIMA, PERÚ". El bachiller ha presentado los expedientes correspondientes y efectuado los pagos respectivos. Estando a lo dispuesto por el Reglamento de Estudios de Pregrado vigente, las disposiciones vigentes y en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de la facultad.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el proyecto de tesis titulado "IMPACTO DE TRES PLAGUICIDAS UTILIZANDO *Eisenia foetida* (LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA) EN EL CULTIVO DE *Allium Cepa* (CEBOLLA) EN EL DISTRITO DE LURÍN, LIMA, PERÚ" del bachiller **Diego Fernando Elías Estremadoyro** con código de matrícula N° 100004190; así como, nombrar como asesor para el desarrollo de la tesis en mención al **Dr. José Alberto Iannacone Oliver**.

Regístrese, comuníquese y archívese


MAG. GONZALO FRANCISCO FLORES ROCA
Director Académico
Carrera de Ingeniería Ambiental



T // (51) 610 6400
opción 2
www.cientifica.edu.pe

Campus
Panamericana Sur
km 19 - Lima 42

RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°081-2020-DACIA-DAFCA-U.CIENTIFICA.

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lima 21 de mayo del 2020

VISTO:

La solicitud presentada por: **Diego Fernando Elias Estremadoyro** con el fin de modificar el título de la tesis: **Impacto de tres plaguicidas utilizando *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana) del cultivo de *Allium cepa* (cebolla) del distrito de Lurín, Lima, Perú por Impacto de los tres plaguicidas más utilizados del cultivo de *Allium cepa* (cebolla) del distrito de Lurín, Lima, Perú en *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana).**

CONSIDERANDO:

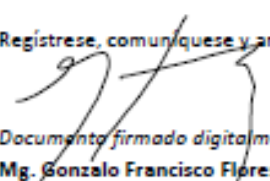
Que, de acuerdo a lo dispuesto en las Normas y Procedimientos de los Trabajos de Investigación para la Obtención de Títulos Profesionales y Grados Académicos, se admite el cambio del título de la tesis dados motivos que justifican el cambio.

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

SE RESUELVE:

Aprobar el cambio del título de la tesis titulada: **Diego Fernando Elias Estremadoyro** con el fin de modificar el título de la tesis: **Impacto de tres plaguicidas utilizando *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana) del cultivo de *Allium cepa* (cebolla) del distrito de Lurín, Lima, Perú por Impacto de los tres plaguicidas más utilizados del cultivo de *Allium cepa* (cebolla) del distrito de Lurín, Lima, Perú en *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana).**

Regístrese, comuníquese y archívese.


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

INSTRUMENTO E INFORMACIÓN DE UTILIDAD USADO EN LA INVESTIGACIÓN

CUADRO DE DATOS PROMEDIOS DE LOS PORCENTAJES DE HUMEDAD, MATERIA ORGANICA, pH y TEMPERATURA PARA LOS PLAGUICIDAS DE PRUEBA

Parámetros Físicoquímicos		Zeta-Cipermetrina		Profenofos		Pendimetalina	
		0 d (Inicial)	14 d (Final)	0 d (Inicial)	14 d (Final)	0 d (Inicial)	14 d (Final)
pH	Control	7,65	7,68	7,65	7,68	7,65	7,68
	C1	7,65	8,06	7,65	7,75	7,65	8,11
	C2	7,65	8,12	7,65	7,89	7,65	8,09
	C3	7,65	8,09	7,65	8,09	7,65	8,14
	C4	7,65	8,01	7,65	8,18	7,65	8,25
	C5	7,65	8,05	7,65	8,13	7,65	8,19
Temperatura (°C)	Control	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
	C1	20,0	20,0	20,0	20,2	20,0	20,7
	C2	20,0	19,8	20,0	20,3	20,0	20,6
	C3	20,0	19,7	20,0	20,2	20,0	20,3
	C4	20,0	19,8	20,0	20,4	20,0	20,3
	C5	20,0	19,8	20,0	20,6	20,0	20,3
Humedad (%)	Control	50	44,40	50	44,40	50	44,40
	C1	50	47,83	50	43,80	50	44,70
	C2	50	45,27	50	44,82	50	44,95
	C3	50	42,98	50	45,40	50	45,81
	C4	50	45,71	50	45,57	50	46,02
	C5	50	44,92	50	43,60	50	44,91
Materia Orgánica (%)	Control	5,42	4,16	5,42	4,16	5,42	4,16
	C1	5,42	4,36	5,42	3,50	5,42	3,29
	C2	5,42	3,56	5,42	4,70	5,42	3,27
	C3	5,42	2,95	5,42	3,18	5,42	3,09
	C4	5,42	3,53	5,42	5,06	5,42	5,66
	C5	5,42	4,42	5,42	2,69	5,42	5,25

Fuente: Elaboración propia

PANEL FOTOGRAFICO



Fotografía N° 1: Muestra de una *Eisenia foetida* adulta con clitelo definido extraída de la UNALM



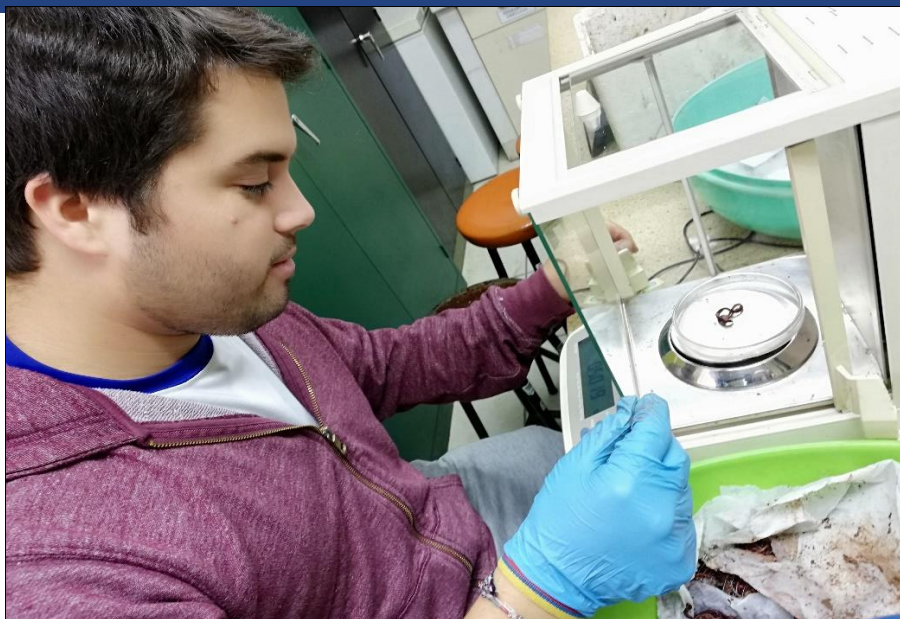
Fotografía N° 2: Preparación del Sustrato Artificial y sus componentes



Fotografía N° 3: Determinación del 50% de Humedad del Suelo Artificial para la Aclimatación y posteriores Ensayos Ecotoxicológicos.



Fotografía N° 4: Aclimatación y Alimentación de *Eisenia foetida*



Fotografía N° 5: Selección de *Eisenia foetida*



Fotografía N° 6: Preparación de las diferentes concentraciones de los plaguicidas del estudio.



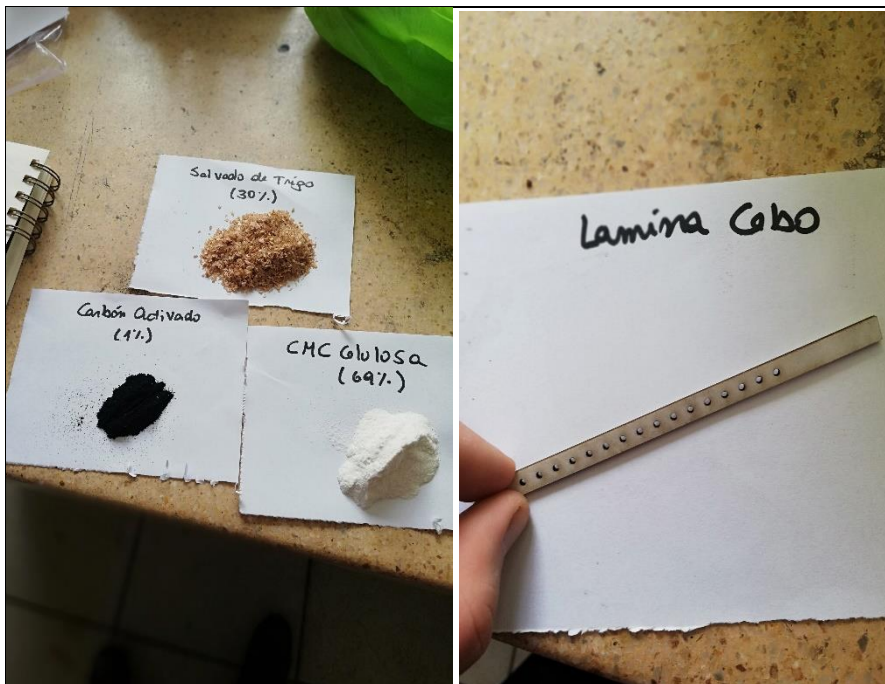
Fotografía N° 7: Toma de los parámetros fisicoquímicos al inicio y final de los ensayos ecotoxicológicos.



Fotografía N° 8: Vista panorámica de los ensayos ecotoxicológicos de los plaguicidas del estudio



Fotografía N° 9: Ensayo de Evasión, en el fondo diferenciando cual mitad de cada tratamiento es la control y la contaminada.



Fotografía N° 10: Materiales que conformaron el cebo para el ensayo de Actividad Alimentaria y la lámina del cebo



Fotografía N° 11: Vista panorámica de los ensayos de actividad alimentaria