

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS PARA OBTENER  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE LA ECOTOXICIDAD DE LOS  
PLAGUICIDAS EN LA DIVERSIDAD DE LA  
MACROFAUNA DEL SUELO EN EL CULTIVO DE PAPA  
(*Solanum tuberosum* L.) EN LA PROVINCIA DE LUYA,  
AMAZONAS**

**Autor: Bach. Gaby Jhuliana Rojas Muñoz**

**Asesor: M. Sc. Jesús Rascón Barrios**

**Registro N°: (.....)**

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2022**

## **DEDICATORIA**

### ***A MI FAMILIA***

*A mi padre Raúl, mi madre Flor, mi hija Antonella y mis hermanos, por su amor, su soporte incondicional, su trabajo y sacrificio, en estos años que permitieron mi formación profesional, las cuales fueron mi fuerza y motivación para continuar.*

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar agradezco a Dios por guiar, bendecir y fortalecer mi vida; permitiéndome afrontar la adversidad y continuar.

Agradezco a mis asesores del presente trabajo M. Sc Jesús Rascón Barrios y Mg. María Julia Silva Manco, por el soporte brindado durante todo el procedimiento del proyecto de tesis hasta su culminación.

Agradezco a mi familia, por ser motivación que me apoya e impulsa en mi formación personal y académica profesional.

Así como también, agradezco a los miembros del jurado de la tesis: M. Sc. Eli Pariente Mondragón, al M. Sc. Gino Alfredo Vergara Medina y la Ing. Betty Karina Guzman Valqui; por sus aportaciones y sugerencias para corregir el informe final.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ  
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**Dr. Policarpio Chauca Valqui**  
RECTOR

**Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón**  
VICERRECTOR ACADÉMICO

**Dra. Flor Teresa García Huamán**  
VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

**M.Sc. Rosalynn Yohanna Rivera López**  
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

## VISTO BUENO DEL ASESOR



**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

### ANEXO 3-K

#### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada EVALUACION DE LA ECOTOXICOLOGIA DE LOS PLAGUICIDAS EN LA DIVERSIDAD DE LA MACROFAUNA DEL SUELO EN EL CULTIVO DE PAPA (Solanum tuberosum L.) EN LA PROVINCIA DE UYA, AMAZONAS del egresado GABY JULIANA ROJAS MUÑOZ de la Facultad de INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL Escuela Profesional de INGENIERIA AMBIENTAL de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 24 de NOVIEMBRE de 2021



Firma y nombre completo del Asesor

M. Sc. JESÚS RASCÓN BARRIOS

## JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



---

M. Sc. Eli Pariente Mondragón

**Presidente**



---

M. Sc. Gino Alfredo Vergara Medina

**Secretario**



---

Ing. Betty Karina Guzman Valqui

**Vocal**

# CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

## ANEXO 3-O

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

EVALUACIÓN DE LA ECOTOXICIDAD DE LOS PLAGUICIDAS EN LA DIVERSIDAD DE LA MACROFAUNA DEL SUELO EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L) EN LA PROVINCIA DE LUYA, AMAZONAS.

presentada por el estudiante ( )/egresado (x) GABY JULIANA ROJAS MUÑOZ  
de la Escuela Profesional de INGENIERIA AMBIENTAL

con correo electrónico institucional gabyjhuliana1@gmail.com

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- La citada Tesis tiene 20 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (x) / igual ( ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene \_\_\_\_\_ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.

Chachapoyas, 17 de FEBRERO del 2022



  
SECRETARIO

  
VOCAL

  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....  
.....

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

## ANEXO 3-Q

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 04 de marzo del año 2022, siendo las 10:00 horas, el aspirante: Rojas Muñoz, Gaby Jhuliana, defiende en sesión pública presencial (  ) / a distancia ( X ) la Tesis titulada: "Evaluación de la ecotoxicidad de los plaguicidas en la diversidad de la macrofauna del suelo en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) en la provincia de Luya, Amazonas", teniendo como asesor a M. Sc. Jesús Rascón Barrios, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: M. Sc. Elí Pariente Mondragón

Secretario: M. Sc. Gino Alfredo Vergara Medina

Vocal: Ing. Betty Karina Guzman Valqui

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado ( X )                                  Desaprobado (    )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.



Siendo las 11:05 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

[Firma]  
SECRETARIO

[Firma]  
VOCAL

[Firma]  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:  
.....



## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS .....	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR.....	v
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS .....	vi
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	vii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	viii
ÍNDICE .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	14
II. MATERIALES Y MÉTODOS .....	17
2.1. Área de estudio .....	17
2.2. Encuestas .....	18
2.3. Ensayos toxicológicos.....	19
2.5. Análisis de datos .....	26
III. RESULTADOS .....	27
IV. DISCUSIÓN .....	39
V. CONCLUSIONES .....	42
VI. RECOMENDACIONES.....	43
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	44
ANEXOS .....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Concentración de plaguicidas para el bioensayo .....	22
<b>Tabla 2.</b> Nombre comercial del plaguicida utilizado. ....	29
<b>Tabla 3.</b> Concentración letal 50 de los plaguicidas.....	31
<b>Tabla 4.</b> Temperatura de los tratamientos de ensayo .....	32
<b>Tabla 5.</b> PH de los tratamientos de ensayo .....	32
<b>Tabla 6.</b> Humedad de los tratamientos del ensayo.....	33
<b>Tabla 7.</b> Prueba de T- Student para el pH.....	33
<b>Tabla 8.</b> Abundancia de macrofauna en el cultivo de papa – distrito de Trita .....	34
<b>Tabla 9.</b> Abundancia de macrofauna en el cultivo de papa – distrito de Conila.....	35
<b>Tabla 10.</b> Presencia de plaguicidas y la diversidad de la macrofauna .....	37
<b>Tabla 11.</b> T-Student para el índice H´ .....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización de los puntos de muestreo en los distritos de Trita y Conila, Provincia de Luya, Región Amazonas.....	17
<b>Figura 2.</b> Diagrama de flujo para el ensayo toxicológico con la <i>Eisenia foetida</i> .....	19
<b>Figura 3.</b> Instalación y prueba de saturación del sustrato artificial (A y B) .....	20
<b>Figura 4.</b> Sustrato artificial (A) y el acondicionamiento de las lombrices (B y C) .....	20
<b>Figura 5.</b> Vaciado de estómago de las lombrices (A), limpieza y pesado (B y C) .....	21
<b>Figura 6.</b> Preparación de las concentraciones y dispersión del plaguicida a los contenedores con sustrato artificial (A, B) y adición de las lombrices (C) .....	22
<b>Figura 7.</b> Control de supervivencia, temperatura, y pH (A, B y C) .....	23
<b>Figura 8.</b> Diseño experimental de los plaguicidas para 5 concentraciones .....	24
<b>Figura 9.</b> Diseño experimental para el muestreo de macrofauna.....	25
<b>Figura 10.</b> Diagrama de un monolito (A) y trampas de caída (B) .....	26
<b>Figura 11.</b> Gráfico de cajas de las estadísticas del género (A) y superficie (B) .....	27
<b>Figura 12.</b> Estadística de los datos básicos de los agricultores encuestados: sexo (C), formación académica (D), régimen de tenencia (E), agricultura asociada a la ganadería (F), mezcla de productos (G) y sigue las recomendaciones de los fabricantes (H).....	28
<b>Figura 13.</b> Ingrediente activo de los plaguicidas más utilizados en el área de estudio..	30
<b>Figura 14.</b> Presencia de mortalidad del <i>E. foetida</i> en las pruebas de toxicología en la cipermetrina (A) y la mezcla (cipermetrina + mancozeb) (B).....	31
<b>Figura 15.</b> Biplot que muestra la relación de abundancia de familias de macrofauna con los puntos de muestreo en los cultivos de papa, en los distritos de Trita y Conila.....	38

## RESUMEN

La cipermetrina y el mancozeb son plaguicidas utilizados para controlar plagas y enfermedades fúngicas, en el cultivo de papa. El objetivo de la investigación, fue evaluar la ecotoxicidad de estos plaguicidas en la diversidad de la macrofauna del suelo, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), donde se determinó la ecotoxicidad de la cipermetrina, del mancozeb y la mezcla de ambas, utilizando como bioindicador a la *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana). Se usaron bioensayos de supervivencia donde los individuos de *E. foetida* fueron expuestos a 5 diferentes concentraciones con 3 repeticiones más un control, por un periodo de 28 días, determinando la concentración letal media con el método estadístico de análisis Probit. Además, se realizó un muestreo en el cultivo de papa en los distritos de Trita y Conila para identificar la macrofauna, utilizando 6 puntos de muestreo en cada una de ellas, con el fin de vincular los resultados anteriores con las pruebas de ecotoxicología. Los resultados evidenciaron que la cipermetrina redujo la supervivencia de *E. foetida* con una concentración letal media de 24.12 g/L, lo cual fue 2.5 veces más tóxico que la mezcla (59.62 g/L), donde se observaron niveles menores de supervivencia. En el caso del mancozeb, este no presentó afectación. En la relación de la diversidad y el uso de plaguicidas, se identificó una baja diversidad y la presencia significativa de la familia Glossoscolecidae, donde Conila presentó un valor mayor ( $H' = 1,73$ ) en comparación con Trita ( $H' = 0,95$ ).

**Palabras clave:** Bioensayos, Cipermetrina, Insecticida, Fungicida, *Eisenia foetida*.

## ABSTRACT

Cypermethrin and mancozeb are pesticides used to control pests and fungal diseases in potato crops. The objective of the research was to evaluate the ecotoxicity of these pesticides in the diversity of the soil macrofauna, in the potato crop (*Solanum tuberosum* L.), where the ecotoxicity of cypermethrin, mancozeb and the mixture of both was determined, using *Eisenia foetida* (Californian red worm) as a bioindicator. Survival bioassays were used where individuals of *E. foetida* were exposed to 5 different concentrations with 3 repetitions plus a control, for a period of 28 days, determining the mean lethal concentration with the statistical method of Probit analysis. In addition, a sampling was carried out in the potato crop in the districts of Trita and Conila to identify the macrofauna, using 6 sampling points in each of them, in order to link the previous results with the ecotoxicology tests. The results showed that cypermethrin reduced the survival of *E. foetida* with a mean lethal concentration of 24.12 g/L, which was 2.5 times more toxic than the mixture (59.62 g/L), where lower levels of survival were observed. In the case of mancozeb, it was not affected. In the relation of diversity and the use of pesticides, a low diversity and the significant presence of the Glossoscolecidae family were identified, where Conila presented a higher value ( $H'=1.73$ ) compared to Trita ( $H'=0.95$ ).

**Keywords:** Bioassays, Cypermethrin, Insecticide, Fungicide, *Eisenia foetida*.

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) es considerado a nivel mundial, una de las actividades agrícolas que utiliza mayor cantidad de plaguicidas en todo su ciclo de siembra (Ramírez *et al.*, 2014). De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO y el Centro Internacional de la Papa - CIP, el empleo de plaguicidas en la papa se está incrementando en los países en desarrollo, debido a que los agricultores para incrementar la producción comienzan a sembrar en áreas y épocas no habituales. De esta manera, se demanda un mayor uso de productos agroquímicos, como fertilizantes o plaguicidas (FAO & CIP, 2008). Según los factores de intención de siembra analizados por el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego – MINAGRI del Perú, este incremento está enfocado en los precios favorables, la demanda en el mercado, el incremento de la disponibilidad de superficie agrícola, la mano de obra disponible para el agro, entre otras (MINAGRI, 2021). Varios de estos plaguicidas tienen un uso indebido, excesivo y sin ningún equipo de protección para el agricultor, conduciendo a que su entorno sea vulnerable debido a la acumulación de plaguicidas (Deknock *et al.*, 2019).

En Perú, la producción de papa registró un crecimiento del 45% entre los años 2004 y 2013, por su aporte a la dieta nacional, la actividad económica vinculada y por su área cultivada. Recalcando el hecho de que nuestro país tiene la más grande pluralidad de papa (*S. tuberosum*) a nivel mundial, al poseer 8 especies originarias domesticadas y 2301 de las más de 4 mil variedades que hay en América Latina (INEI, 2014).

La producción de papa es un monocultivo que constantemente ha estado unida a una alta dependencia de fertilizantes y plaguicidas, debido a que el cultivo continuo conduce a una reducción importante del pH, el carbono orgánico y crea copiosidad de bacterias del suelo (Li *et al.*, 2019). Este elevado empleo de plaguicidas también es provocado a que estos cultivos están propensos al ataque de múltiples microorganismos patógenos, plagas y malezas; siendo el gorgojo de los andes (*Premnotrypes spp.*) la plaga más limitante (Ramírez *et al.*, 2014).

Pese a que se utiliza los plaguicidas para controlar la plagas agrícolas, se ha comprobado el impacto para la macrofauna del suelo no destinatario, que están

presentes o liberados en los agroecosistemas, como es el caso de algunos artrópodos beneficiosos (Kumar & Kumar, 2019; Ricupero *et al.*, 2020). Los organismos de la macrofauna del suelo interceden en los procesos de aireación, infiltración, la integración de la materia orgánica y la conversión de los minerales en nutrientes para las plantas (Beauty *et al.*, 2020), es por ello que las condiciones biológicas, como la diversidad de la macrofauna, la densidad, la biomasa y su composición funcional, se encuentran perturbadas cuando hay un constante empleo de fertilizantes y plaguicidas, que varían de acuerdo al tipo y manejo del suelo (Tsufac *et al.*, 2021). Además de la mortalidad causada por los plaguicidas, se pueden observar efectos sub letales (como reducción de la fecundidad, fertilidad, tasas de presa / huésped, entre otros) sobre depredadores y parasitoides (Carvalho *et al.*, 2019).

El término plaguicidas incluye todos los ingredientes activos (I.A.) producidos para controlar plagas agrícolas, muy aparte de la formulación de su composición y concentración (Begum, 2012). Si bien el término se relaciona con sustancias utilizadas para controlar o matar plagas (por ejemplo, insecticidas, fungicidas, herbicidas), también se aplica a compuestos químicos que alteran el comportamiento o la fisiología de las plagas (por ejemplo, repelentes de insectos y reguladores del crecimiento) (WHO, 2009).

La cipermetrina, es un I.A. que pertenece al grupo de los piretroides, empleadas para el control de plagas (Corcellas, 2017). Actúa interfiriendo con los conductos de sodio en la membrana nerviosa, cortando la transmisión de impulsos en medio de las células nerviosas y la transferencia de iones (Devine *et al.*, 2008). Por otro lado, el mancozeb es un I.A. que pertenece al grupo de los ditiocarbamatos, que se usan para controlar las enfermedades fungosas (WHO, 1997). Actúa perturbando las funciones de la membrana celular, obstaculizando la respiración de los hongos (WHO, 2009). Ambos plaguicidas, tienen como objetivo eliminar plagas presentes en el cultivo de papa, a pesar de ello, tienden afectar otras especies de la macrofauna del suelo que no son su blanco (por ejemplo, a organismos que pertenecen a la macrofauna y tienen una labor específica como polinizadores de plantas, recicladores de nutrientes del suelo y depredadores de plagas) (Devine *et al.*, 2008).

Hay diversos planteamientos para la evaluación de riesgos de los plaguicidas, con todos los múltiples grados de dificultad y complejidad de la información, todos tienen como objetivo predecir el comportamiento y el riesgo de un plaguicida en el medio (Astaykina *et al.*, 2020). Entre los parámetros generalmente más usados para determinar la toxicidad de los plaguicidas, está la dosis letal media ( $DL_{50}$ ) ( $\text{mg kg}^{-1}$  o  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ), la concentración letal media ( $CL_{50}$ ) ( $\text{mgL}^{-1}$  o  $\mu\text{gL}^{-1}$ ) y el tiempo letal medio ( $TL_{50}$ ) (h), que son estimados estadísticos de una cantidad en mg de sustancia tóxica por kg de peso corporal que se necesita para acabar con el 50% de una población de animales de prueba después de un determinado tiempo (Chandra & Linthoingambi, 2017).

Las pruebas de toxicología son ensayos de laboratorio estandarizados, en conjunto de un biomarcador (Araneda, 2016). Estos organismos no destinatarios sirven para comprobar si existen efectos negativos en el ambiente por el uso de plaguicidas (Vargas & Ubillo, 2001). Entre los organismos de mayor empleo para las pruebas de toxicología está la *Eisenia foetida*, al considerarse una de las especies más representativas del ambiente terrestre (Roy *et al.*, 2020), ya que son organismos significativos en la desintegración de materia orgánica y la formación de suelos; y son considerados como excelentes bioindicadores de la calidad del suelo (Andréa, 2010; Bighiu *et al.*, 2020). Además de su facilidad de cultivar y de no requerir grandes volúmenes de suelo (Iannacone & Alvarino, 2016); incluso por su exposición a contaminantes por diferentes vías como su piel, debido a su constante contacto con el agua y los poros que se encuentra en el suelo (Arrázola, 2016).

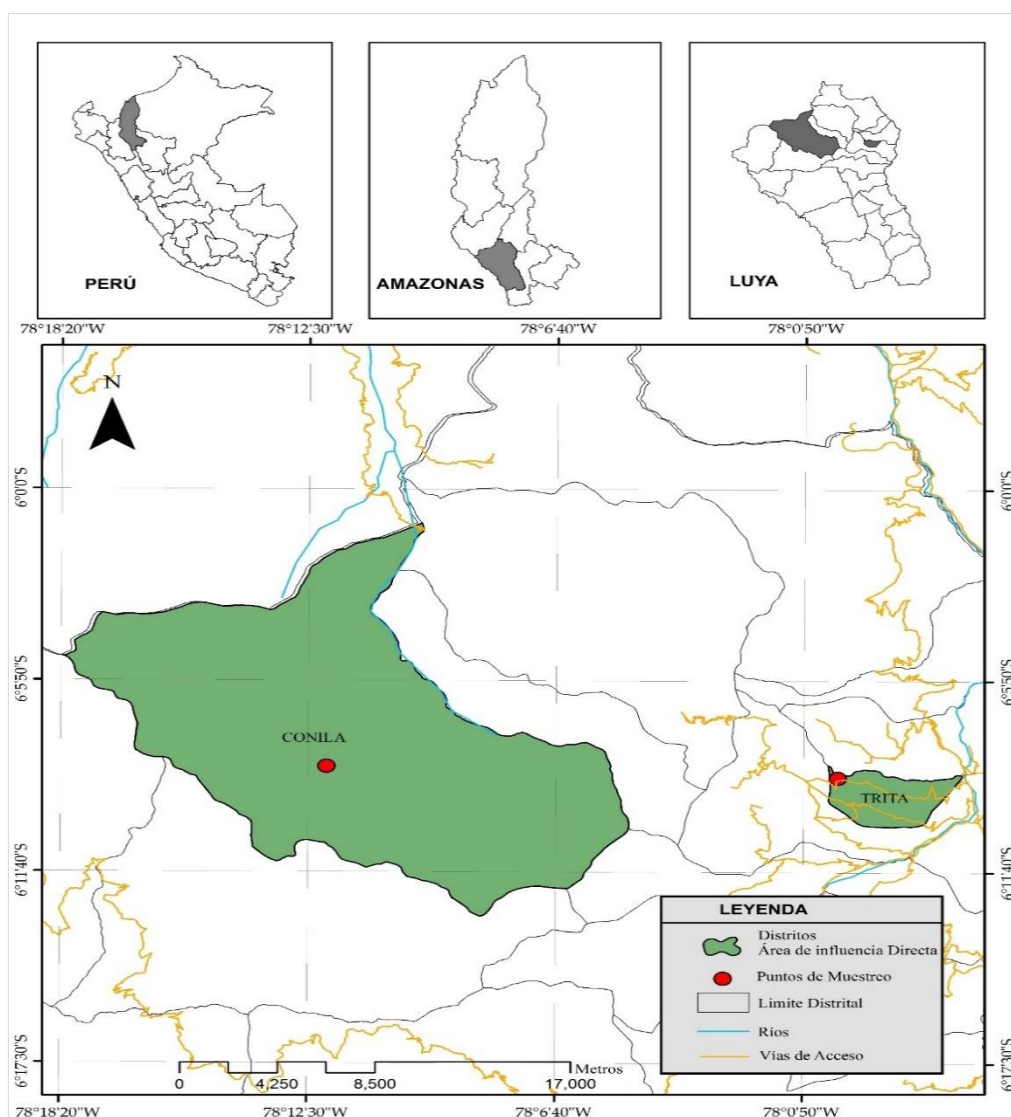
El departamento de Amazonas, a pesar de tener un enfoque económico dirigido principalmente hacia agricultura como cultivo de arroz, papa, maíz, trigo, entre otros; carece de estudios enfocados a la ecotoxicidad que los plaguicidas generan a la macrofauna del suelo. La finalidad de esta investigación fue determinar la  $LC_{50}$  de dos plaguicidas típicos del cultivo de papa y evaluar el efecto en la diversidad de la macrofauna del suelo en este tipo de cultivos.



## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Área de estudio

Los distritos de Trita y Conila se encuentran en la Provincia de Luya (Figura 1), y son considerados como los de mayor producción de papa a nivel de provincia (MINAGRI, 2019), en el departamento de Amazonas. Trita, tiene una población total de 1348 personas (INEI, 2018). Está ubicada a 2728 m de altitud y tiene una superficie total de 12.68 km<sup>2</sup>. Por otro lado, Conila, tiene una población total de 1840 personas (INEI, 2018). Está ubicada a 3250 m de altitud y cuenta con una superficie total de 256.17 km<sup>2</sup>. La población que habita en ambos distritos tiene un sustento económico enfocado principalmente en la ganadería y la agricultura (INEI, 2009). Teniendo a la papa y al maíz como sus cultivos más representativos.



*Figura 1. Localización de los puntos de muestreo en los distritos de Trita y Conila, Provincia de Luya, Región Amazonas.*

## 2.2. Encuestas

Para obtener datos acerca de los plaguicidas usados en la producción de papa y con los que se trabajó las pruebas de toxicología, se realizó una encuesta a los productores agrícolas de los distritos seleccionadas, la cual estuvo directamente estructurada con el tipo de productos agroquímicos que utilizan, validados por un comité de especialistas.

El tamaño de muestras (número de encuestas) para cada distrito se basó en la fórmula para calcular una población finita (Murray & Larry, 2009).

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \cdot N \cdot n \cdot p}{i^2(N - 1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra

N: tamaño de la población

Z: valor correspondiente a la distribución de gauss,  $Z_{\alpha=0.975}=1.96$

p: prevalencia esperada del parámetro a evaluar, en caso de desconocerse (p=0.5), que hace mayor el tamaño de muestra

q: 1-p (si p = 50%, q = 50%)

i: error que se prevé cometer (10%, i = 0.1)

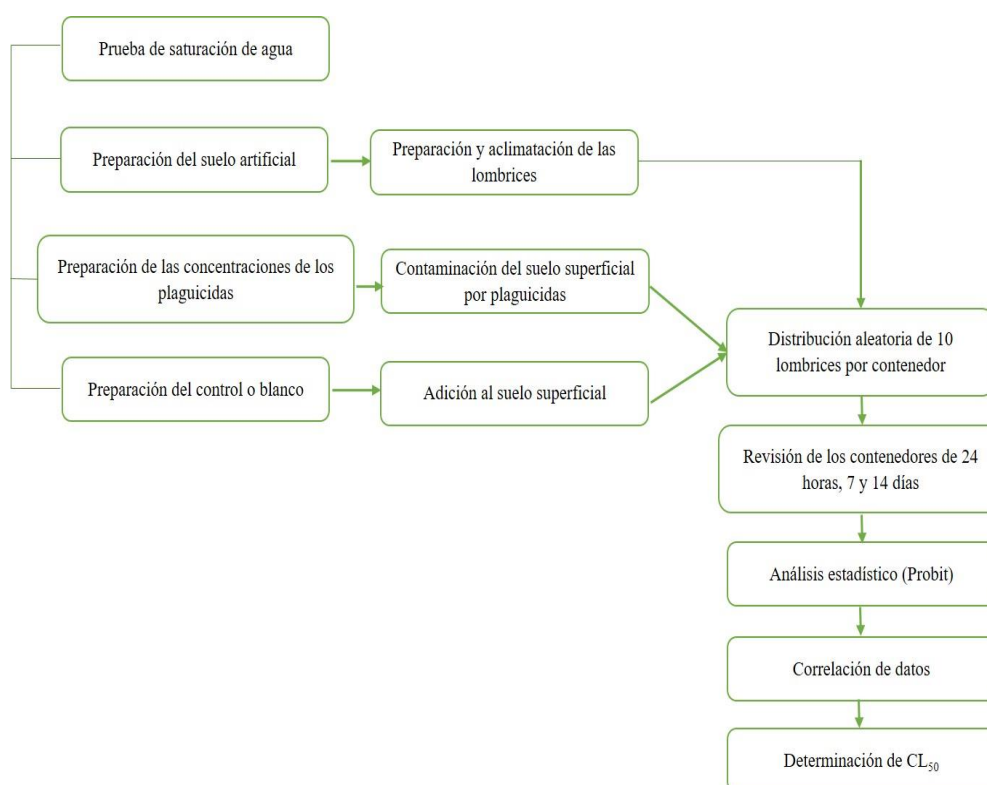
El número de productores agropecuarios de papa en el distrito de Conila fueron 409 y de Trita fueron 304 (INEI, 2012). Al utilizar la ecuación, se determinó un valor de 78 unidades de estudio para el distrito de Conila y 74 para Trita.

De acuerdo a los resultados de las encuestas, se seleccionaron dos plaguicidas para las pruebas ecotoxicología y se establecieron las áreas en cada distrito, donde se aplicó el muestreo de macrofauna. El cultivo de papa del distrito de Trita cuenta con un área de 5000 m<sup>2</sup> y de Conila con 7500 m<sup>2</sup>. El muestreo se realizó cuando el cultivo tuvo un mes y medio de sembrío, donde se aplicaron plaguicidas similares. Para el cultivo de papa en Conila, se encontró la presencia de los siguientes plaguicidas: propineb+cymoxanil, mancozeb, carbofuran y cipermetrina; mientras que para el cultivo de papa en Trita, se encontró a metalaxil+mancozeb, propineb, chlorpyrifos y lambda-cyhalothrin. Con la

diferencia de que, en los cultivos de Conila se usan las concentraciones recomendadas por el fabricante y en Trita se usa el doble de concentración.

### 2.3. Ensayos toxicológicos

Se realizó los bioensayos de toxicidad basándose en el método de la EPA (OPPTS 850.6200) donde se utilizó la lombriz roja californiana de tierra adulta, para evaluar suelos contaminados de 2 plaguicidas (insecticida y fungicida) y la mezcla de ambas. Las lombrices estuvieron expuestas a 5 diferentes concentraciones con 3 repeticiones, por un periodo de 28 días, con 4 revisiones semanales a partir del día 0: 7 días, 14 días y 28 días; teniendo un cultivo blanco con el que se pudo contrastar la presencia o no de efectos tóxicos letales, siguiendo un proceso estandarizado presentando en la **figura 2** (USEPA, 1996).



**Figura 2.** Diagrama de flujo para el ensayo toxicológico con la *Eisenia foetida*

#### 2.3.1. Prueba de saturación de agua

Se realizó la prueba de saturación o retención de agua en 100 g sustrato artificial, el cual permitió medir el volumen preciso con el fin de obtener el 70% de humedad, establecido por la EPA para los bioensayos. Tras la prueba se determinó 168 ml de volumen para cada concentración de plaguicidas y control blanco aplicados en los contenedores.



*Figura 3. Instalación y prueba de saturación del sustrato artificial (A y B)*

### 2.3.2. Preparación del sustrato artificial

El sustrato que se empleó en los bioensayos, fueron de áreas libres de plaguicidas con el fin de contar con un suelo limpio y que no influya en las pruebas experimentales. El mismo que se utilizó en la crianza de las lombrices siguiendo el proceso de adaptación.



*Figura 4. Sustrato artificial (A) y el acondicionamiento de las lombrices (B y C)*

### 2.3.3. Preparación y aclimatación de los organismos

El bioensayo utilizó como organismos de prueba a las lombrices con clitelo y cuya población no difiera en edad, tamaño y masa, con el fin de tener homogeneidad en las características morfológicas. Las cuáles fueron aclimatadas a condiciones similares de las zonas provenientes.

Antes de iniciar la prueba con las lombrices seleccionadas, se realiza el vaciado de sus intestinos, donde son ubicadas dentro de placas de Petri sobre papel filtro respectivamente humedecido con agua desmineralizada durante un periodo de 24 horas, para finalmente ser lavadas, secadas y pesadas.

Una vez concluido el procedimiento se dio inicio a la prueba de toxicidad, pesando en grupos de 10 las lombrices e introduciéndose en las unidades experimentales. Para lo cual se necesitó un promedio total de 540 individuos aproximadamente.



*Figura 5. Vaciado de estómago de las lombrices (A), limpieza y pesado (B y C)*

#### **2.3.4. Cálculo de la concentración letal**

De acuerdo a los resultados que se obtengan de las encuestas, se seleccionaron 2 productos comerciales de plaguicidas que son usados con mayor frecuencia. Luego procedió a caracterizar las propiedades del producto con ayuda de la etiqueta y cartillas informativas que vienen en cada empaque.

Para poder determinar las concentraciones, se realizó un cálculo de la concentración previa (ml/L), utilizando la cantidad propuesta por el fabricante para el cultivo de papa, para luego multiplicarla por 2, hasta obtener las 5 concentraciones.

Cabe recalcar, que en este punto se trabajó en concentraciones de ml y g de plaguicidas/litro de agua.



**Tabla 1.** Concentración de plaguicidas para el bioensayo

	BIOENSAYO		
	Cipermetrina	Mancozeb	Mezcla
C <sub>0</sub>	0 ml	0 g	0
C <sub>1</sub>	0.75 ml	2 g	0.75 ml + 2g
C <sub>2</sub>	1.5 ml	4 g	1.5 ml + 4g
C <sub>3</sub>	2.25 ml	6 g	2.25 ml + 6 g
C <sub>4</sub>	3 ml	8 g	3 ml + 8 g
C <sub>5</sub>	3.75 ml	10 g	3.75 ml + 10 g

### 2.3.5. Preparación del control positivo

El control positivo es agua que se aplicará en el mismo volumen que el resto pero sin plaguicida (blanco), que tuvo un número total de 3 repeticiones por tratamiento con el fin de obtener una mejor correlación de los datos.

### 2.3.6. Instalación de los contenedores para el bioensayo

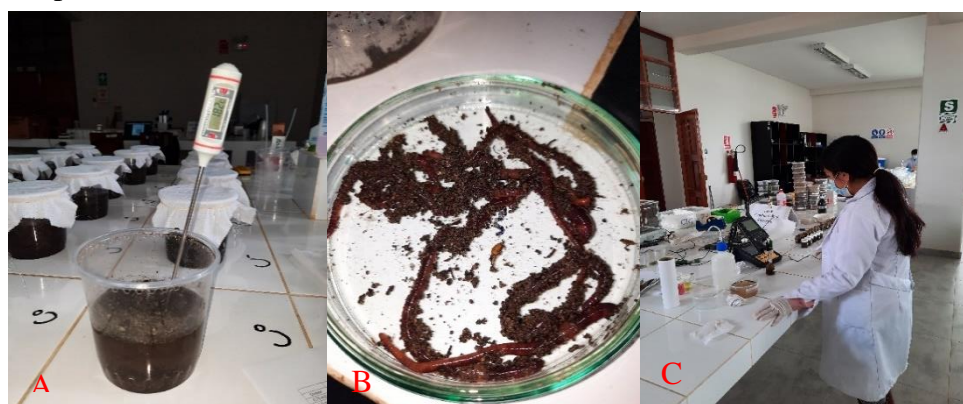
Las unidades experimentales estuvieron conformadas por 500 g de sustrato artificial dentro de un recipiente de plástico y 10 individuos de *E. foetida* con peso promedio de 0.3 g cada uno, los cuales fueron elegidos al azar y que contaron con su respectivo clitelo, además cada unidad estuvo protegida con una tela (lino fino) con la finalidad de mantener un intercambio gaseoso, evitando el contacto directo de la luz solar y manteniendo la temperatura en el rango aceptable ( $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ ). Así mismo se añadió una concentración diferente en cada unidad experimental (ml/kg). Se establecieron 5 concentraciones de dosis por plaguicidas con el fin de evaluar la CL<sub>50</sub> y así comparar la toxicidad entre ellas.



**Figura 6.** Preparación de las concentraciones y dispersión del plaguicida a los contenedores con sustrato artificial (A, B) y adición de las lombrices (C)

### 2.3.7. Periodo de exposición y control de organismos de prueba

La duración del bioensayo fue de 28 días. Dentro de este periodo se evaluó el comportamiento de los organismos ante la exposición de las soluciones químicas en las 3 revisiones programadas. A los 7 días de haber iniciado el bioensayo se extrajeron las lombrices de cada depósito, donde se tomaron los puntos finales de mortalidad, síntomas físicos (fragmentación: partición de la lombriz y oscurecimiento: cambio en el color de la lombriz). Luego fueron ubicadas en sus recipientes de origen para continuar con el proceso. El mismo procedimiento se repitió para el día 14 y finalmente para el día 28 (Cepeda & Carlosama, 2016).



*Figura 7. Control de supervivencia, temperatura, y pH (A, B y C).*

#### Parámetros fisicoquímicos de los bioensayos

Con la finalidad de cumplir con lo señalado por el método, se controlaron los siguientes parámetros:

- **Temperatura:** Se manejó un termómetro digital, el cual midió la temperatura semanalmente a cada unidad experimental (rango aceptable  $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ ).
- **Humedad:** Se realizó el monitoreo semanal de humedad a través de la prueba del puño (humedad mínima 45 %) (Martin & Muñoz, 2010).
- **pH:** Se realizó la prueba de pH al inicio y al final de la prueba, en el sustrato para las muestras y en el día 28 en los controles y las unidades experimentales de las diferentes concentraciones de los plaguicidas. Siguiendo el procedimientos del manual recomendado (rango 6.5-7) (Bazán Tapia, 2017)

- **Masa de la unidad:** Se hizo una revisión semanal a las unidades experimentales para controlar la humedad, compensando el peso perdido con agua.
- **Peso de lombrices:** de acuerdo a los controles propuestos se realizó el pesado por unidad experimental y durante el procedimiento se fueron retirando las que presentaron daños o mortalidad.

### 2.3.8. Diseño metodológico de las pruebas de ecotoxicología

Con el propósito de evaluar la CL<sub>50</sub>, dos de ellos en forma individual y un tercero usando la mezcla de ambos plaguicidas, se manejó un diseño de bloques completamente aleatorio (DBCA), que contó con un total de 54 unidades experimentales divididas como se muestra en la **figura 8**. Conformada por 9 controles, 5 concentraciones para cada plaguicida y 3 réplicas que permitieron adquirir resultados confiables y una buena correlación de datos.

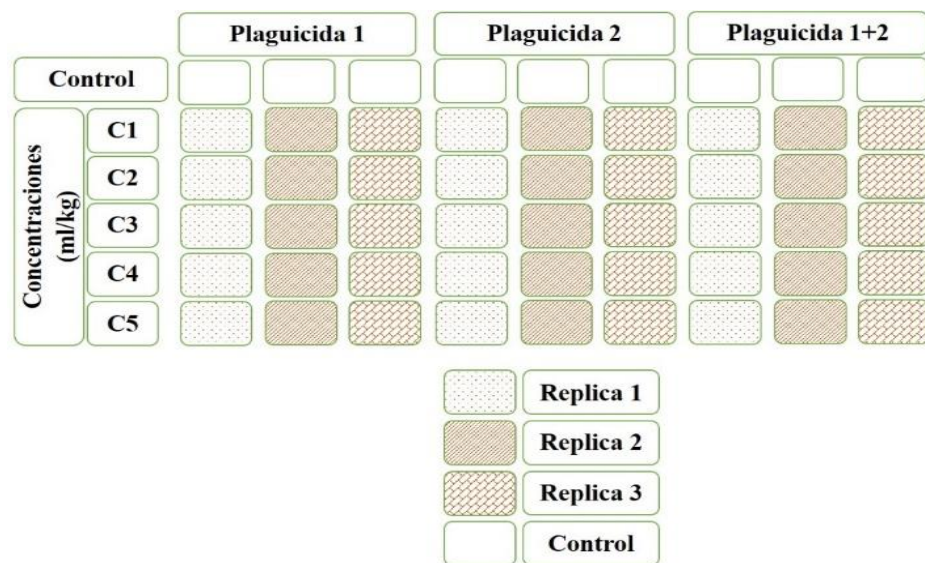
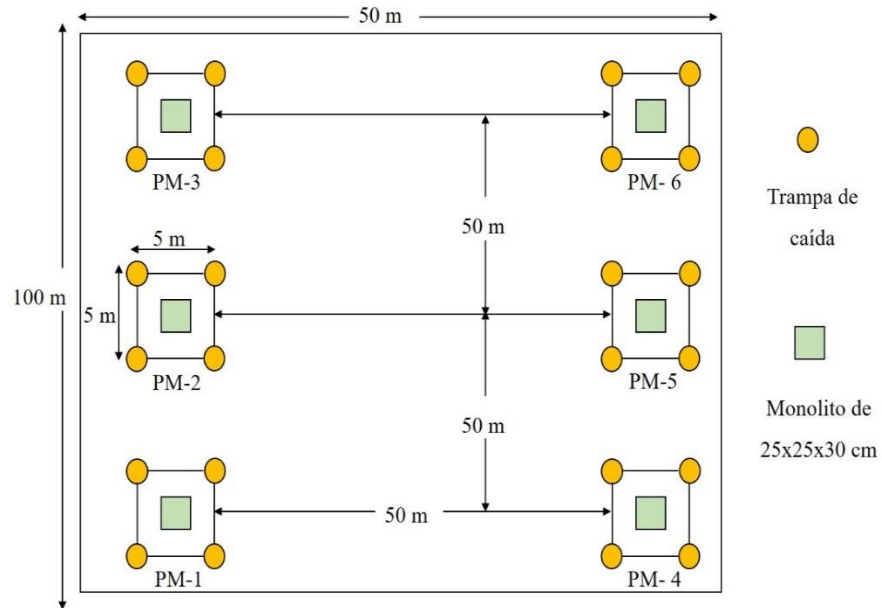


Figura 8. Diseño experimental de los plaguicidas para 5 concentraciones

### 2.4. Diversidad de macrofauna

Para evaluar la diversidad de la macrofauna en cada distrito, se delimitó un área de 50 m de ancho x 100 m de largo de un cultivo de papa seleccionado. El método de muestreo estuvo compuesta por 6 puntos de muestreo (**Figura 9**) considerando la combinación de 4 trampas de caída (Beccacece & Cherini, 2009) junto a 1 monolito (Beans, 2015) para abarcar a la gran diversidad de macrofauna en nuestro área de estudio (Cabrera *et al.*, 2017).





*Figura 9. Diseño experimental para el muestreo de macrofauna.*

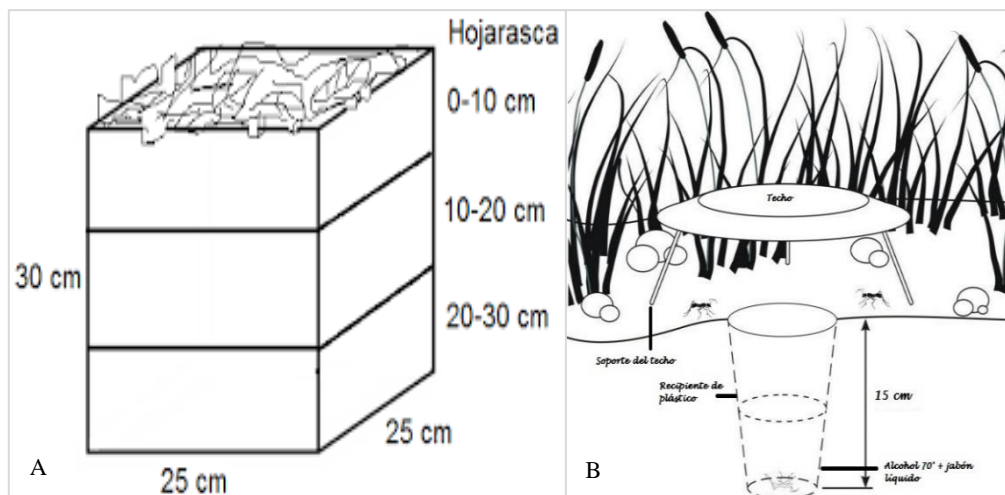
#### **2.4.1. Muestreo con Monolitos**

Después de definir el punto de muestreo, se realizó las medidas que definieron el tamaño del monolito (25x25x30) como se muestra en la **figura 10A**, donde se retiró la materia orgánica que se pudo encontrar en la superficie del punto. Se realizó el corte basándose en las medidas anteriores y se procedió a retirar toda la tierra proveniente del monolito y ubicarlo sobre un costal, para dispersar el sustrato. Después de esto se procedió a realizar el conteo y recolección de los organismos existentes en el área. Para su transporte, se pusieron en frascos que contenían alcohol (70°) y fueron trasladadas al laboratorio para su posterior identificación (Beans, 2015).

#### **2.4.2. Muestreo por trampas de caída (Pitfall)**

Este método consistió en la instalación de frascos de 250 ml conteniendo alcohol de 70° combinado con jabón líquido, dentro lo cultivos de papas ubicados a una profundidad equivalentes a la altura del frasco hasta el ras del suelo, como la **figura 10B**. La recolección se realizó pasado las 48 horas después de su instalación y fueron llevadas al laboratorio debidamente codificados. Ahí se realizó el traslado a contenedores limpios

conservándolos en alcohol de 70°. Para proceder con su identificación (Beccacece & Cherini, 2009).



*Figura 10. Diagrama de un monolito (A) y trampas de caída (B)*

## 2.5. Análisis de datos

Las encuestas a los productores agropecuarios, se utilizaron para estudiar, evaluar y determinar los principales plaguicidas que se utilizan en el cultivo de papa, dentro el área de estudio. Donde se realizó un análisis descriptivo con boxplot para resultados numéricos y gráficos de barras para los datos cualitativos.

Se manejó el software de estadística SPSS versión 22 para determinar la CL<sub>50</sub> de los plaguicidas seleccionados, mediante el modelo de regresión Probit.

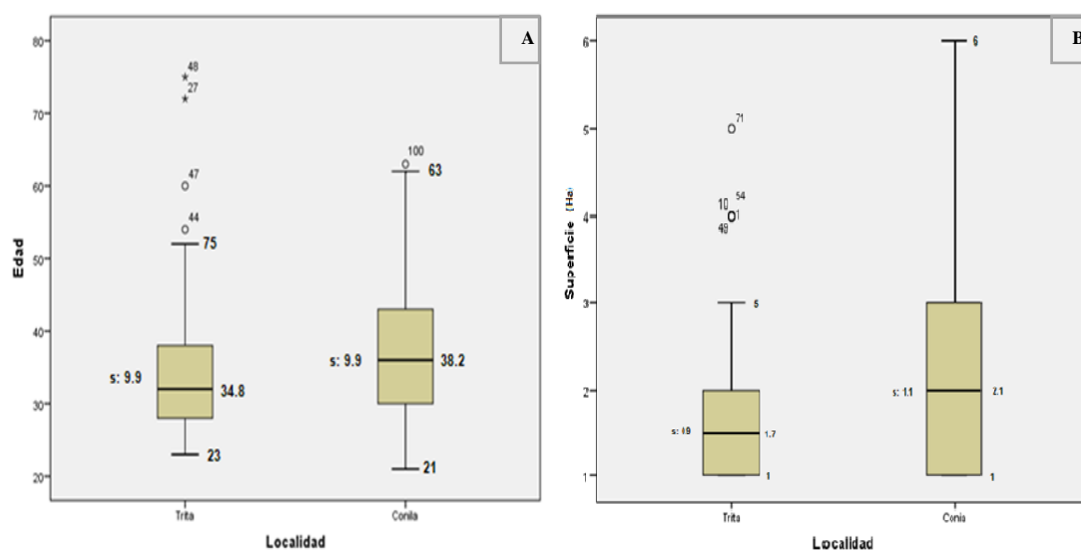
Los datos que se obtuvieron de las diferentes técnicas de muestreo, se trabajaron con el programa de Microsoft Excel 2010 para determinar la abundancia y el Índice de Diversidad de Shannon-Wiener. Asimismo aplicar la T-Student para evaluar contrastes en la diversidad de la macrofauna entre los distritos de Trita y Conila. Finalmente, para verificar la diversidad de la macrofauna con relación al uso de los plaguicidas entre los dos distritos, se realizó un análisis de complementos principales, el cual permitió agrupar los puntos de muestreo con similitud en los valores de la variable analizada en el estudio como diversidad.

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Caracterización de la actividad agrícola

En el distrito de Conila, presenta una edad máxima de agricultores con respecto a Trita, respecto a la edad mínima, ambos distritos tienen datos similares (Figura 12A).

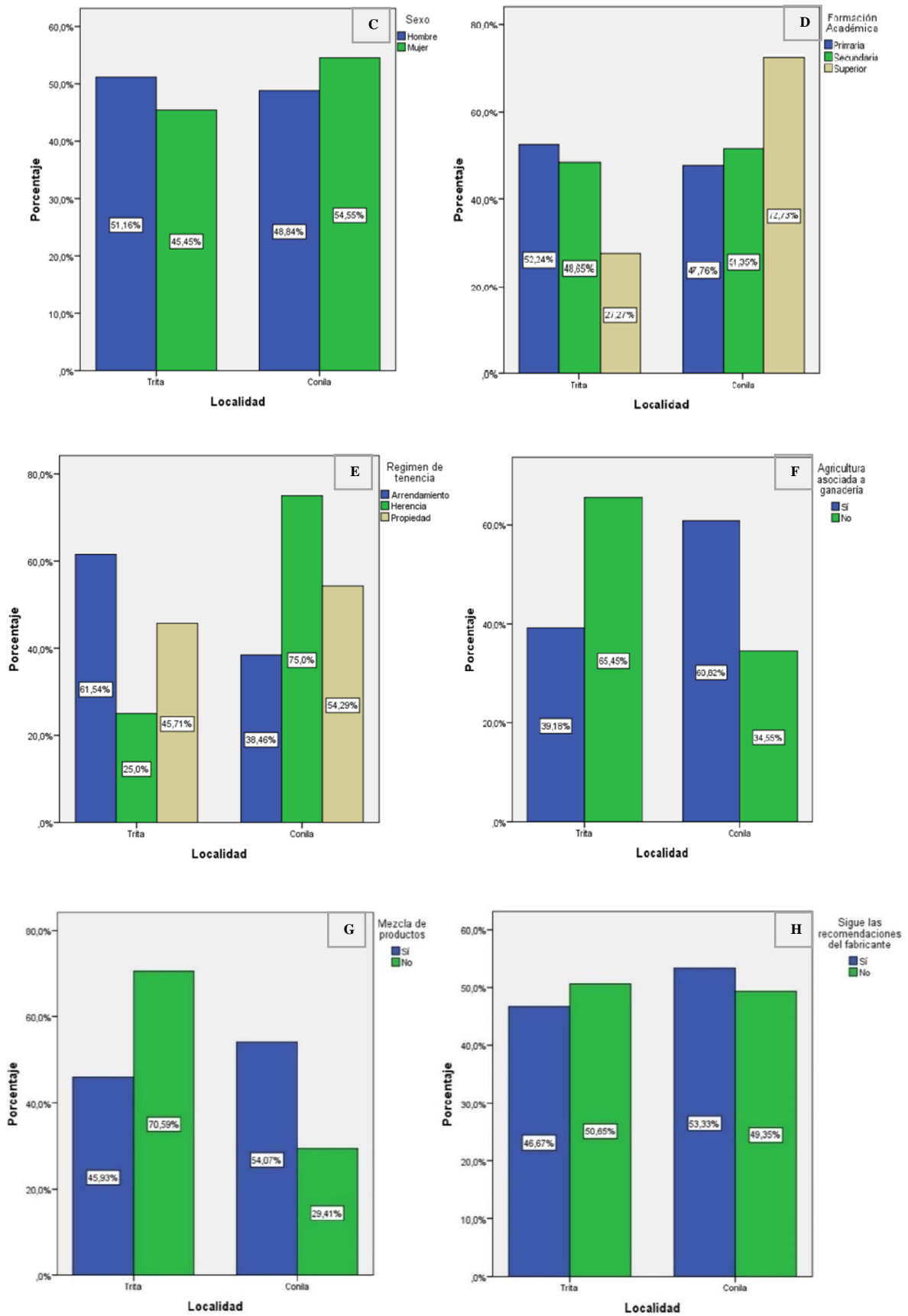
Se encontró en promedio 1.7 Ha de superficie cultivada por agricultor en el distrito de Trita; mientras que en Conila, el promedio fue 2.1 Ha (figura 12B).



*Figura 11. Gráfico de cajas de las estadísticas del género (A) y superficie (B)*

En la figura 13C, se visualiza el sexo de los agricultores, siendo el mayor porcentaje de agricultores, hombres (51.16%), en el distrito de Trita; mientras que en Conila, el mayor porcentaje de agricultores fueron mujeres (54.55%). En cuanto al nivel de instrucción, en Trita el mayor porcentaje de agricultores (52.24%) tiene una formación académica de nivel primaria; mientras que en Conila el 72.73%, tienen nivel superior (Figura 13D).

El mayor porcentaje de régimen de tenencia fue el arrendamiento, con un 61.54% para el distrito de Trita; mientras que, en Conila el mayor porcentaje (75.0%) fue la herencia (Figura 13F). Por otro lado, en el distrito Conila, los agricultores practican en un 60.82%, más la ganadería asociada a la agricultura a comparación del distrito de Trita (39.18%) (Figura 13G).



**Figura 12.** Estadística de los datos básicos de los agricultores encuestados: sexo (C), formación académica (D), régimen de tenencia (E), agricultura asociada a la ganadería (F), mezcla de productos (G) y sigue las recomendaciones de los fabricantes (H).

En el distrito de Conila, los agricultores realizan la mezcla de los plaguicidas en un 54.07 %, mayor a comparación de Trita (45.93%) (Figura 13G). Por otro lado, en el distrito de Trita, solo el 46.67% de los agricultores sigue las dosis impuestas por el fabricante en el manejo de los plaguicidas; a comparación de Conila (53.33%) (Figura 13H).

La **tabla 2** se presenta el nombre comercial de los plaguicidas utilizados por los agricultores. Donde se identificó que se utiliza de 1 a 7 plaguicidas durante el ciclo de siembra. Estos datos fueron utilizados para seleccionar los dos plaguicidas para las pruebas de ecotoxicología.

Los fungicidas Evitane y Hieloxil, son los más utilizados por los agricultores de Trita (54.1%) y Conila (44.9 %), ambos productos comerciales compuestos por los ingredientes activos: mancozeb y metalaxil + mancozeb, respectivamente. Los insecticidas Campal y Furadan, son los más utilizados por los agricultores de Trita (37.8%) y Conila (26.9 %), ambos productos comerciales compuestos por los ingredientes activos: cipermetrina y carbofuran, respectivamente (**Figura 14**).

**Tabla 2.** Nombre comercial del plaguicida utilizado.

	DISTRITO	TRITA	CONILA	I.A.
*	Macollador	50 %	25 %	
**	Evitane	54.1 %	25.6 %	Mancozeb
	Hieloxil	48.6 %	44.9 %	Metalaxil y Mancozeb
	Dithane	0 %	20.5 %	Mancozeb
	Attack	0 %	32.1 %	Cymoxanil y Mancozeb
	Antracol	7.7 %	0 %	Propineb
	Coraza	0 %	2.6 %	Dimethomorph y Mancozeb
	Nemisor	16.2 %	0 %	Mancozeb
	Helios	33.78 %	25.4 %	Cymoxanil y Propineb
	Manzate	10.3 %	0 %	Mancozeb
***	Campal	37.8 %	16.8 %	Cipermetrina
	Furadan	0	26.9 %	Carbofuran
	Famoss	6.8	19.2	Friponil
	Lasser	2.7 %	0 %	Methamidophos
	Compact plus	1.2 %	9.2 %	Cipermetrina

****	Carbodan 5G	6.8 %	19.2 %	Carbofuran
*****	Fuego extra	29.5 %	23.1 %	Paraquat y Diuron

Tipo de agroquímico: \*Bioestimulante, \*\*Fungicida, \*\*\*Insecticida, \*\*\*\* Insecticida y Nematicida, \*\*\*\*\* Herbicida

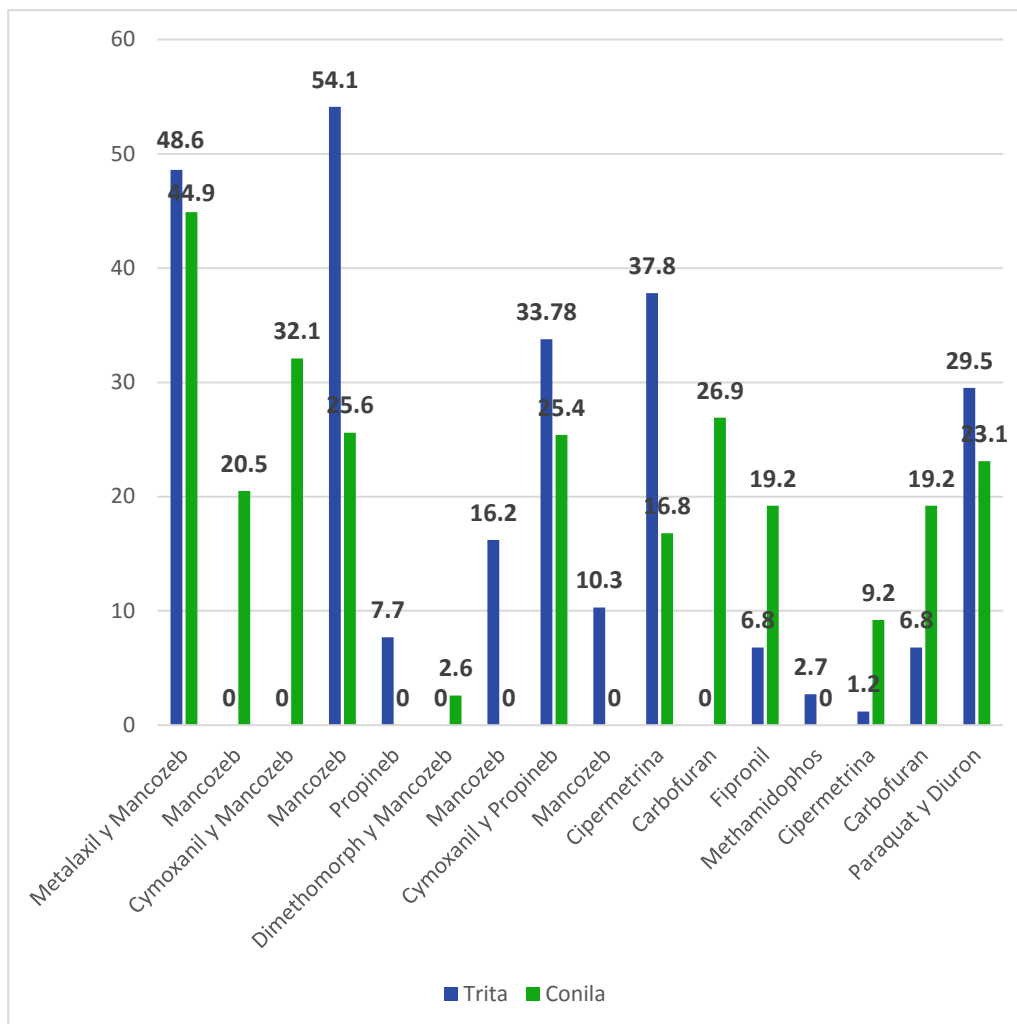


Figura 13. Ingrediente activo de los plaguicidas más utilizados en el área de estudio

### 3.2 Determinación de la concentración letal 50 (LC<sub>50</sub>)

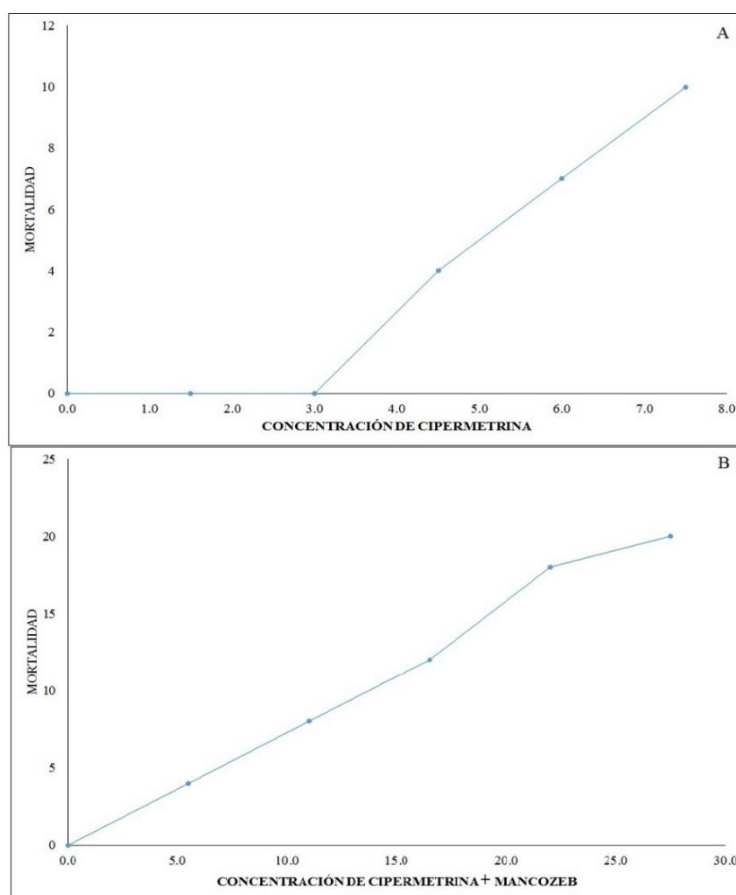
Este análisis se realizó con la propósito de definir la CL<sub>50</sub> de los plaguicidas, es decir la concentración que tiene el efecto de eliminar el 50% de la población de *E. foetida*. En la **tabla 3** se muestra la CL<sub>50</sub> de la cipermetrina y mancozeb de forma individual, y un tercero usando la mezcla de ambos plaguicidas. Se encontró una CL<sub>50</sub> de 24.12 g/L para el insecticida, cuyo I.A. es la cipermetrina; por otro lado, no se determinó la CL<sub>50</sub> para el fungicida cuyo I.A. es el mancozeb, debido a que no se encontró mortalidad de individuos de la especie *E. foetida*. Asimismo, la CL<sub>50</sub> para la mezcla resultó 59.62 g/L.

**Tabla 3.** Concentración letal 50 de los plaguicidas.

Plaguicida	Nombre	i.a.	LC <sub>50</sub>	Unidades
<b>Insecticida</b>	Campal 250 CE	cipermetrina	24.12	g/L
<b>Fungicida</b>	Dithane <sup>TM</sup> M-45 NT	mancozeb	-	g/L
<b>Insecticida</b> + <b>Fungicida</b>	Campal 250 CE + Dithane <sup>TM</sup> M-45 NT	cipermetrina + mancozeb	59.62	g/L

Nota: (-) no se determinó la CL<sub>50</sub> para el fungicida Dithane<sup>TM</sup> M-45 NT, debido a que no se encontró mortalidad de individuos de *E. foetida* para las concentraciones estudiadas.

Por otro lado, en la **figura 15**, se muestra respectivamente la variación de la mortalidad de la especie *E. foetida*, en las pruebas de toxicología respecto a la cipermetrina y la mezcla (cipermetrina + mancozeb). Se percibe un vínculo directo entre concentración y mortalidad.



**Figura 14.** Presencia de mortalidad del *E. foetida* en las pruebas de toxicología en la cipermetrina (A) y la mezcla (cipermetrina + mancozeb) (B).

### Control de las características fisicoquímicas del sustrato del ensayo

Este análisis se realizó con el objetivo de definir las características físicas del suelo, como temperatura, pH y humedad de los tratamientos, ya que pueden influir en la difusión de los contaminantes. La **tabla 4** revela la desviación estándar y la media de la temperatura de los tratamientos del ensayo. Este parámetro se redujo al finalizar el ensayo para todas las concentraciones de los plaguicidas analizados.

**Tabla 4.** Temperatura de los tratamientos de ensayo

Concentración (g/kg)	Día	Plaguicida					
		Cipermetrina		Mancozeb		Mezcla	
		Media	s	Media	s	Media	s
<b>Suelo no contaminado</b>	0	20.8	0.0	20.7	0.0	20.7	0.0
<b>Control</b>		18.6	0.3	18.5	0.3	18.4	0.3
<b>C<sub>1</sub></b>		18.3	0.3	18.2	0.3	18.3	0.4
<b>C<sub>2</sub></b>		18.3	0.3	18.2	0.2	18.2	0.2
<b>C<sub>3</sub></b>	28	18.2	0.3	18.0	0.2	18.1	0.2
<b>C<sub>4</sub></b>		18.1	0.2	18.0	0.1	18.1	0.2
<b>C<sub>5</sub></b>		18.1	0.2	18.0	0.1	18.0	0.1

Asimismo, la **tabla 5** muestra la media y desviación estándar del PH de los tratamientos del ensayo. Este parámetro se redujo ligeramente al finalizar el ensayo para todas las concentraciones de los plaguicidas analizados.

**Tabla 5.** PH de los tratamientos de ensayo

Concentración (g/kg)	Día	Plaguicida					
		Cipermetrina		Mancozeb		Mezcla	
		Media	s	Media	Media	Media	s
<b>Control</b>	0	7.0	0.0	7.0	0.0	7.0	0.0
<b>C<sub>1</sub></b>	28	6.7	0.0	6.8	0.1	6.9	0.1
<b>C<sub>2</sub></b>		6.7	0.1	6.9	0.1	6.8	0.1



<b>C<sub>3</sub></b>	6.7	0.1	6.9	0.1	6.8	0.1
<b>C<sub>4</sub></b>	6.6	0.1	6.9	0.1	6.7	0.1
<b>C<sub>5</sub></b>	6.7	0.1	6.8	0.1	6.7	0.1
<b>Control</b>	6.7	0.1	6.9	0.1	6.7	0.2

Por otro lado, la **tabla 6** muestra desviación estándar y la media de la humedad de los tratamientos del ensayo. Este parámetro se redujo al finalizar el ensayo para todas las concentraciones de los plaguicidas analizados.

**Tabla 6.** Humedad de los tratamientos del ensayo

Concentración (g/kg)	Día	Plaguicida					
		Cipermetrina		Mancozeb		Cipermetrina + Mancozeb	
		Media	s	Media	s	Media	s
<b>Suelo no contaminado</b>	0	70.0	0.0	70.0	0.0	70.0	0.0
<b>Control</b>	28	56.7	2.9	61.7	2.9	65.0	0.0
<b>C1</b>		56.7	2.9	61.7	2.9	65.0	0.0
<b>C2</b>		56.7	2.9	61.7	2.9	65.0	0.0
<b>C3</b>		56.7	2.9	61.7	2.9	65.0	0.0
<b>C4</b>		56.7	2.9	61.7	2.9	65.0	0.0
<b>C5</b>		56.7	2.9	61.7	2.9	65.0	0.0

Asimismo, en la **tabla 7** se realizó la prueba T, mediante la cual se contrastó el pH de los tratamientos con el valor inicial del pH del suelo; donde el p-valor fue menor que 0.05; es decir, entre cada tratamiento hay diferencia significativa con el valor inicial del pH.

**Tabla 7.** Prueba de T- Student para el pH

PLAGUICIDAS	T	GL*	P-VALOR	MEDIA	S
Cipermetrina	-12.42	17	.000	6.69	0.10
Mancozeb	-5.81	17	.000	6.86	0.10
Mezcla (C+M)	-7.49	17	.000	6.79	0.12

\*GL: Grado de libertad

### 3.3 Evaluación de la abundancia de la macrofauna del suelo

Este análisis se realizó con la objetivo de determinar la abundancia de familias de macrofauna edáfica en los cultivos de papa dentro de las áreas de estudio.

En Trita, se colectaron 1 300 organismos pertenecientes a 6 clases, 14 órdenes y 30 familias de macrofauna edáfica. Asimismo, las tres familias con mayor abundancia relativa fueron los Isotomidae (72.85%), Hypogastruridae (14.69%) y Phoridae (3.85%) (**Tabla 8**).

**Tabla 8.** Abundancia de macrofauna en el cultivo de papa – distrito de Trita

N°	Clase	Orden	Familia	Abundancia	Abundancia relativa
1	Arachnida	Araneae	Sicariidae	1	0.08%
2	Arachnida	Araneae	Sicaridae	2	0.15%
3	Chilopoda	Geophilomorpha	Geophilidae	1	0.08%
4	Collembola	Entomobryomorpha	Isotomidae	947	72.85%
5	Collembola	Poduromorpha	Hypogastruridae	191	14.69%
6	Collembola	Sp	Sp	2	0.15%
7	Diplópoda	Spirobolida	Trigoniulidae	1	0.08%
8	Insecta	Díptera	Phoridae	50	3.85%
9	Insecta	Coleóptera	Carabidae	12	0.92%
10	Insecta	Díptera	Cecidomyiidae	17	1.31%
11	Insecta	Hemíptera	Nabidae	1	0.08%
12	Insecta	Coleóptera	Staphylinidae	5	0.38%
13	Insecta	Hemíptera	Cicadellidae	7	0.54%
14	Insecta	Hemíptera	Aphididae	15	1.15%
15	Insecta	Thysanóptera	Phleothripidae	10	0.77%
16	Insecta	Lepidóptera	Noctuidae	1	0.08%
17	Insecta	Coleóptera	Silphidae	4	0.31%
18	Insecta	Hymenóptera	Vespidae	4	0.31%
19	Insecta	Coleóptera	Hesperiidae	1	0.08%
20	Insecta	Hymenóptera	Formicidae	3	0.23%
21	Insecta	Coleóptera	Cantharidae	1	0.08%
22	Insecta	Hymenóptera	Platygastridae	2	0.15%
23	Insecta	Coleóptera	Scarabaeidae	5	0.38%
24	Insecta	Díptera	Drosophilidae	4	0.31%

N°	Clase	Orden	Familia	Abundancia	Abundancia relativa
25	Insecta	Coleóptera	Dytiscidae	1	0.08%
26	Insecta	Coleóptera	Coccinellidae	1	0.08%
27	Insecta	Díptera	Ephydriidae	1	0.08%
28	Insecta	Orthoptera	Gryllidae	1	0.08%
29	Insecta	Díptera	Muscidae	1	0.08%
30	Oligochaeta	Haplotaxida	Glossoscolecidae	8	0.62%
				<b>1300</b>	<b>100.00 %</b>

En de Conila, se colectaron 1 201 organismos pertenecientes a 6 clases, 13 órdenes y 33 familias de macrofauna edáfica. Asimismo, las tres familias con mayor abundancia relativa fueron Isotomidae (47.29 %), Hypogastruridae (16.90 %) y Glossoscolecidae (13.57 %) (**Tabla 9**).

**Tabla 9.** Abundancia de macrofauna en el cultivo de papa – distrito de Conila

N°	Clase	Orden	Familia	Abundancia	Abundancia relativa
1	Arachnida	Mesostigmata	Parasitidae	2	0.17%
2	Arachnida	Araneae	Sicariidae	2	0.17%
3	Arachnida	Mesostigmata	Phytoseiidae	2	0.17%
4	Collembola	Entomobryomorpha	Isotomidae	568	47.29%
5	Collembola	Poduromorpha	Hypogastruridae	203	16.90%
6	Gastropoda	Pulmonata	Sp	3	0.25%
7	Insecta	Díptera	Phoridae	39	3.25%
8	Insecta	Coleóptera	Staphylinidae	26	2.16%
9	Insecta	Thysanóptera	Phlaeothripidae	10	0.83%
10	Insecta	Hemíptera	Cicadellidae	36	3.00%
11	Insecta	Hemíptera	Delphacidae	2	0.17%
12	Insecta	Coleóptera	Carabidae	24	2.00%
13	Insecta	Díptera	Drosophilidae	1	0.08%
14	Insecta	Díptera	Cecidomyiidae	51	4.25%
15	Insecta	Hemíptera	Aphididae	9	0.75%
16	Insecta	Coleóptera	Silphidae	4	0.33%
17	Insecta	Coleóptera	Dytiscidae	2	0.17%
18	Insecta	Díptera	Muscidae	3	0.25%

N°	Clase	Orden	Familia	Abundancia	Abundancia relativa
19	Insecta	Lepidóptera	Hesperiidae	5	0.42%
20	Insecta	Hymenóptera	Platygastridae	6	0.50%
21	Insecta	Hymenóptera	Braconidae	1	0.08%
22	Insecta	Coleóptera	Scarabeidae	1	0.08%
23	Insecta	Hymenóptera	Formicidae	3	0.25%
24	Insecta	Díptera	Sp	1	0.08%
25	Insecta	Coleóptera	Lampyridae	1	0.08%
26	Insecta	Díptera	Dolichopodidae	15	1.25%
27	Insecta	Hymenoptera	Vespidae	6	0.50%
28	Insecta	Díptera	Ephydriidae	1	0.08%
29	Insecta	Hemíptera	Nabidae	4	0.33%
30	Insecta	Díptera	Culicidae	1	0.08%
31	Insecta	Lepidóptera	Noctuidae	3	0.25%
32	Malacostraca	Isopoda	Armadillidae	3	0.25%
33	Oligochaeta	Haploxida	Glossoscolecidae	163	13.57%
				<b>1201</b>	<b>100.00%</b>

### 3.4 Relación entre la toxicidad de los plaguicidas y diversidad de la macrofauna

Este análisis determinó el vínculo entre la presencia de plaguicidas y la diversidad de la macrofauna del suelo, destinado al cultivo de papa, donde se pudo identificar una baja diversidad en ambos cultivos y una diferencia significativa entre ellos. La **tabla 10** muestra la relación entre la presencia de plaguicidas y la diversidad de la macrofauna. El índice de diversidad de macrofauna ( $H'$ ) fue mayor en el cultivo de papa de Conila; en la cual se encontró la presencia de los plaguicidas como metalaxil+mancozeb, propineb, chlorpyrifos; a comparación de Trita, donde su valor fue menor y se encontró la presencia de los plaguicidas metalaxil+mancozeb, propineb, chlorpyrifos y Lambda-cyhalothrin.

**Tabla 10.** Presencia de plaguicidas y la diversidad de la macrofauna

PUNTOS DE MUESTREO	DISTRITOS			
	TRITA		CONILA	
	Plaguicidas		Plaguicidas	
	H'	Ingrediente activo	H'	Ingrediente activo
1	1.21		1.33	
2	1.25	Mancozeb	1.48	Mancozeb
3	1.01	Propineb	1.40	Propineb
4	0.56	Cymoxanil	2.08	Metalaxil
5	0.57	Carbofuran	1.87	Chlorpyrifos
6	1.11	Lambda-cyhalothrin	2.23	Cipermetrina

Asimismo, se desarrolló la T-Student para el índice H' entre los dos distritos de Trita y Conila. En el cual encontró un p-valor del 0.003, es decir, existe diferencia significativa entre ambos distritos para la variable diversidad de especies de macrofauna; siendo Conila, el distrito con mayor diversidad de familias de macrofauna edáfica (1.85) como se presenta en la **tabla 11**.

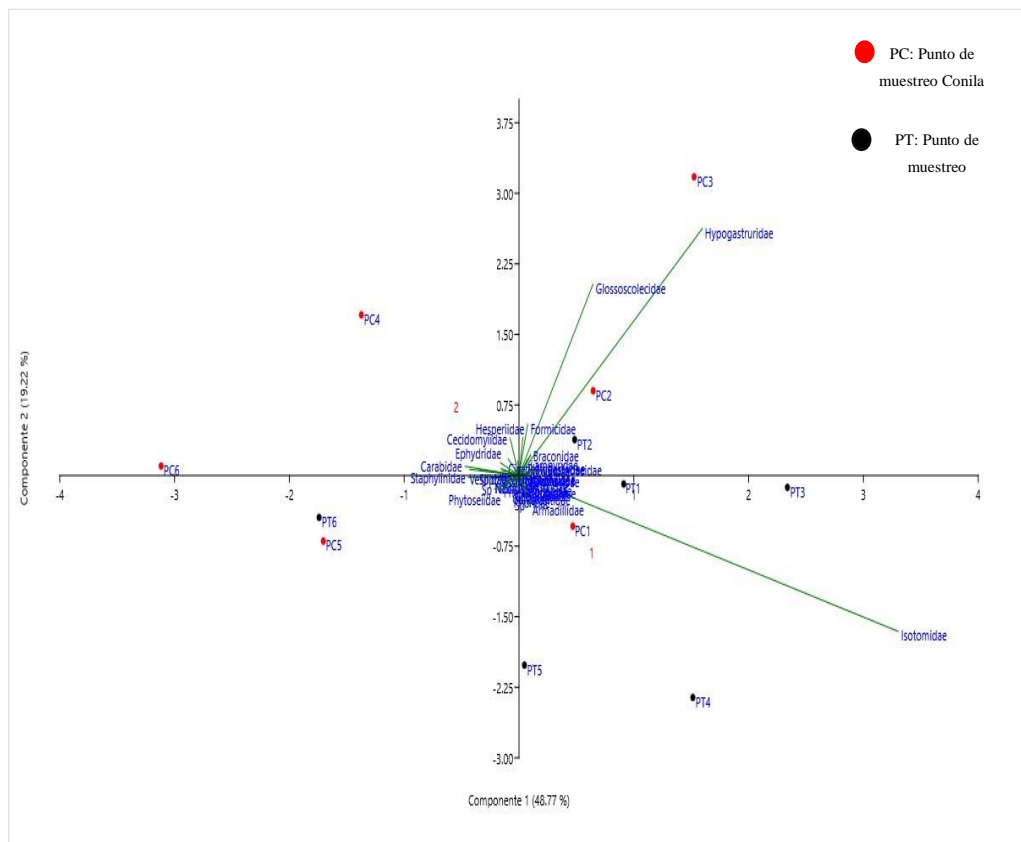
**Tabla 11.** T-Student para el índice H'

ESTADÍSTICO	TRITA	CONILA
Media	0.951666667	1.731666667
Varianza	0.096656667	0.144696667
Observaciones	6	6
Varianza agrupada	0.120676667	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	10	
Estadístico t	-3.889050452	
P(T<=t) una cola	0.001507103	
Valor crítico de t (una cola)	1.812461123	
P(T<=t) dos colas	0.0030142	
Valor crítico de t (dos colas)	2.228138852	

La **figura 16** representa un análisis de agrupamiento de las familias con mayor abundancia en ambos distritos. Donde la familia Isotomidae corresponde al

componente número 1, siendo la de mayor frecuencia, en correlación con los puntos de muestreo 1, 3 y 4 de Trita. Por otro lado, las familias de Hypogastruridae y Glossoscolecidae, pertenecen al componente número 2, siendo las de mayor frecuencia en correlación con los puntos de muestreo 2, 3 y 4 de Conila.

En relación de la diversidad con el uso de los plaguicidas, se puede identificar la diferencia en la abundancia de la familia Glossoscolecidae (lombriz de tierra) encontradas en ambos cultivos, donde hubo una mayor presencia de 13.57% en Conila (**Tabla 9**), a diferencia de lo encontrado en Trita, que tuvo un 0.62% de presencia (**Tabla 8**). Sabiendo además que en ambos cultivos utilizaron insecticidas y fungicidas, con la misma edad de sembrío e idénticos ingredientes activos, presentando diferencias significativas en su diversidad entre ambos cultivos, donde Conila presentó mayor diversidad con respecto al cultivo Trita. Los datos que pueden influir en esta variación de diversidad, son las circunstancias climatológicas de cada lugar, las características fisicoquímicas de cada suelo y la concentración de los plaguicidas que utilizaron.



**Figura 15.** Biplot que muestra la relación de abundancia de familias de macrofauna con los puntos de muestreo en los cultivos de papa, en los distritos de Trita y Conila.

## IV. DISCUSIÓN

### **Análisis y descripción de los agricultores agropecuarios**

Los agricultores de los distritos de Trita y Conila de la Provincia de Luya, utilizan insecticidas y fungicidas para controlar las plagas y enfermedades del cultivo de papa (Huanhuayo, 2017; Muñoz, 2019), entre 1 a 7 plaguicidas por ciclo de siembra, resaltando entre ellos los ingredientes activos, como la cipermetrina, el mancozeb y el carbofuran; como los más utilizados, tal como lo describen algunos autores (Aldás Aldás, 2012; Ramírez *et al.*, 2014).

### **Determinación de la ecotoxicidad de la Cipermetrina y Mancozeb**

Los insecticidas organofosforados y los piretroides, así como los fungicidas ditiocarbonatados han sido utilizados para eliminar plagas en el cultivo de papa (Benítez-Díaz *et al.*, 2015), como es el caso de la cipermetrina y mancozeb. En las pruebas de ecotoxicología, se presentó efectos de mortalidad respecto a la *Eisenia foetida*, donde se determinó la CL<sub>50</sub> de 24.12 g/L para la cipermetrina; que resultó mayor a la CL<sub>50</sub> de la mezcla (cipermetrina + mancozeb), donde se obtuvo 59.62 g/L, definiendo a la cipermetrina como un plaguicida tóxico para las lombrices de tierra (Patel & Prajapati, 2020), esto debido a que son organismos altamente susceptibles a los insecticidas, a través del contacto directo de la piel, lo cual es considerado una ruta importante para la absorción del tóxico o al alimentarse del sustrato contaminado (Chakra & Venkateswara, 2008), generando inmovilidad, rigidez y reducción de la biomasa de esta especie; además, de afectar el crecimiento, reproducción y alterando diversas actividades fisiológicas (Miglani & Bisht, 2020). Del mismo modo, Marinkovic *et al* (2020), evaluó la toxicidad del Lambda-cyhalotrin, que es otro insecticida piretroide, obteniendo el 30 % de mortalidad en el mismo periodo de prueba, datos similares a los obtenidos en el estudio. De acuerdo a otros autores como Ricardo *et al* (2010), donde realizaron la prueba del test de huida con el mismo I.A., comprobaron que este grupo es poco favorable para la supervivencia de las lombrices de tierra, considerándolo como una causa a la disminución de la cantidad y distribución de sus predadores vertebrados (Schaefer, 2003), sin embargo, Mora *et al* (2018) expuso que, el manejo de tasas altas insecticidas piretroides deben aplicarse únicamente cuando sean rigurosamente necesarias para el control de la plaga objetivo, ya que estas podrían complicar el proceso de control biológico de plagas en el cultivo.

Asimismo, no se determinó la CL<sub>50</sub> para el Mancozeb, al no presentarse efecto alguno, indicando menor sensibilidad del fungicida hacia el organismo bioindicador (Camargo *et al.*, 2019). Además de la mortalidad, se consideró otro factor como el pH, que presentó una diferencia significativa con respecto al aumento de las concentraciones, el cual fue medido en el día inicial y el día 28, donde hubo una disminución tanto en la cipermetrina, el mancozeb y la mezcla (Arrázola & Iannacone, 2021), donde se estima que estos valores se presentan por la descomposición del organismo bioindicador y la acción del plaguicida (Cepeda & Carlosama, 2016). A pesar de ser compuestos tóxicos, consideran que no son un riesgo relevante a nivel agudo en base a la mortandad de la lombriz roja californiana, aunque los investigadores observaron efectos sub-letales en el crecimiento de esta especie (Arrázola & Iannacone, 2021).

### **Determinación de la diversidad y abundancia de la macrofauna en los cultivos de papa**

La diversidad y abundancia de la macrofauna del suelo, de los diferentes grupos funcionales de las comunidades varían de acuerdo al tipo y uso de la labranza aplicada en los cultivos, esto se pudo observar en los resultados obtenidos (Cabrera, 2012), en el cual se determinó los grupos con mayor abundancia relativa cuales fueron: colémbolos, dípteros y oligoquetos, así como lo determinaron algunos autores (Botina *et al.*, 2012; Cabrera *et al.*, 2017), resaltando en los grupos taxonómicos obtenidos los colémbolos, dípteros y coleópteros con mayor abundancia. La abundancia de colémbolos, puede depender a que la mayoría de esta especie prefiere suelos ligeramente ácidos, y en este tipo de cultivo, su PH oscila entre 5.2-6.4 (Beauty *et al.*, 2020; FAO & CIP, 2008). Ambas diferentes con relación a los obtenidos por Castillo (2013), donde observaron menos diversidad de macrofauna, identificando solo 13 familias en su sistema de cultivo, en comparación con dos sistemas de suelo, vegetación natural y pastoreo.

### **Relación de dependencia de la abundancia y diversidad con el uso de plaguicidas en los cultivos de papa**

Muy aparte de los plaguicidas que fueron evaluados como la cipermetrina y el mancozeb, se identificaron otros plaguicidas en los cultivos de papa donde se



evidenció una diferencia significativa en abundancia, riqueza y diversidad, de la macrofauna en los distritos de Trita y Conila.

El índice de diversidad fue mayor en el cultivo de Conila, con un valor de 1.73 H'; en la cual se encontró la presencia de los plaguicidas como metalaxil+mancozeb, propineb, chlorpyrifos y cipermetrina, mientras que, fue menor el cultivo de papa del distrito de Trita, que resultó con un valor de 0.95 H', en la cual se encontró la presencia de los plaguicidas como propineb+cymoxanil, mancozeb, carbofuran y lambda cyhalothrin. Ambos resultados presentaron una baja diversidad en comparación con otros autores (Botina *et al.*, 2012; Santa Cruz & Burga, 2020), donde evaluaron la diversidad en cultivos de papa utilizando un sistema de manejo de labranza tradicional y otro estudio donde compararon el monocultivo en referencia a otros sistemas de uso de suelo, como bosques y pastizales (Sanchez, 2018), donde encontraron valores de H': 2.03 y H': 1.51, y se observó que en los suelos contaminados por plaguicidas, la diversidad de macrofauna edáfica es baja. Estos autores afirman que los valores están relacionados como efecto perjudicial de los plaguicidas sobre la diversidad de estos agro-ecosistemas (Mamabolo, 2019), y que depende del método de aplicación, frecuencia y tasa, así como las propiedades de las áreas de estudio como clima, pH, textura del suelo, materia orgánica y especies de organismos del suelo (Marinković *et al.*, 2020).

## V. CONCLUSIONES

El 100 % de los agricultores agropecuarios, de los distritos de Trita y Conila, utilizan insecticidas y fungicidas para el control de plagas y enfermedades del cultivo de papa, indicando que la aplicación la realizan de manera semanal. La cipermetrina y el mancozeb son los ingredientes activos de los plaguicidas con uso de mayor frecuencia.

Las pruebas de ecotoxicología de la Cipermetrina y la mezcla (Cipermetrina + Mancozeb) se determinó que a mayor concentración aumenta la mortalidad del organismo bioindicador (*E. foetida*), donde la CL<sub>50</sub> de la cipermetrina resultó 2.5 veces más tóxico que la CL<sub>50</sub> de la mezcla (Cipermetrina + Mancozeb). Los resultados de las pruebas de ecotoxicología respecto al Mancozeb, no presentó significancia respecto a la supervivencia del organismo bioindicador (*E. foetida*), indicando menor sensibilidad hacia el fungicida evaluado.

La riqueza, abundancia y diversidad resultó mayor en el cultivo de papa de Conila en comparación con Trita. En base a los resultados alcanzados en relación con la abundancia de la macrofauna, se concluye que el mayor número de organismos con fueron de las familias las Isotomidae e Hypogastruridae para ambos cultivos de papa de los distritos de Trita y Conila.

En la dependencia de la diversidad con el uso de plaguicidas, se puede identificar una baja diversidad con relación a otros sistemas de uso de suelo y la presencia significativa de la familia de Glossoscolecidae (lombrices de tierra) encontradas en cada una de ellas, donde hubo una mayor representación en el cultivo de Conila, a comparación de Trita, donde pudo influir los plaguicidas aplicados en cada una de ellas, el tipo de suelo, el clima y otros datos característicos de cada zona.

## **VI. RECOMENDACIONES**

De los hallazgos obtenidos, se resalta la importancia de realizar las pruebas toxicológicas incluyendo a otros organismos del suelo, además de la lombriz roja californiana como bioindicador, considerando los diferentes tipos de suelo, para evaluar con mayor eficacia las pruebas de ecotoxicología de los plaguicidas (insecticidas, fungicidas y herbicidas) utilizados en las actividades agrícolas de nuestra región.

Del mismo, considerar varios muestreos en las diferentes etapas de los cultivos propuestos, con el fin de tener mayor información respecto a las variaciones de diversidad de macrofauna afectada.

Además, considerando los efectos que causan los plaguicidas, se recomienda promover la agricultura ecológica, reduciendo su uso y reemplazándolas por un control biológico, policultivos y barreras naturales para controlar las plagas presentes en los cultivos.

Asimismo, el área de investigación del INDES-CES y la UNTRM debe continuar con el asesoramiento y financiamiento en los proyectos formulados e innovadores que presentan los alumnos de Pregrado y Postgrado tanto en la línea de toxicología como en otras, ya que estos estudios permitirán conocer los impactos que tienen los plaguicidas sobre la macrofauna edáfica, para proponer estrategias de conservación, buscando siempre el desarrollo sostenible.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, J. & Ingram, J. (1993). *Tropical soil biology and fertility: A handbook of Methods*, 2nd edition, CAB International, Wallingford.  
<https://doi.org/10.2307/2261129>
- Aldás Aldás, M. B. (2012). *Uso de insecticidas en el cultivo de papa (solanum tuberosum), por los socios de la corporación de asociaciones agropecuarias del Canton Quero "COAGRO-Q"*. Univeridad Tecnica de Ambato.
- Andréa, M. (2010). Uso De Minhocas Como Bioindicadores De Contaminação De Solos. *Acta Zoológica Mexicana (N.S.)*, 26(2), 95–107.  
<https://doi.org/10.21829/azm.2010.262880>
- Araneda, A. (2016). Uso de la lombriz de tierra como organismo indicador del impacto de pesticidas en el agrosistema. In *Universidad de Concepción Dirección de Postgrado Facultad*. UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN.
- Arrázola, E. M. (2016). *Evaluación del riesgo ambiental de la mezcla de alfa-cipermetrina e imidacloprid sobre la lombriz de tierra (Eisenia fetida)*. Universidad Científica del Sur.
- Arrázola, E. M., & Iannacone, J. (2021). Evaluación Del Riesgo Ambiental De La Mezcla De Alfa-Cipermetrina E Imidacloprid Sobre La Lombriz De Tierra (Eisenia Fetida) (Savigny, 1826). *The Biologist*, 19(1), 111–124.  
<https://doi.org/10.24039/rtb2021191898>
- Astaykina, A., Streletskii, R., Maslov, M., Kazantseva, S., Karavanova, E., & Gorbatov, V. (2020). Novel pesticide risk indicators for aquatic organisms and earthworms. *Agronomy*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/agronomy10081070>
- Bazán Tapia, R. (2017). M p a s a f r. In *Manual De Procedimientos De Los Análisis De Suelos Y Agua Con Fines De Riego* (p. 89).  
[https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/Bazan-Manual\\_de\\_procedimientos\\_de\\_los.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/Bazan-Manual_de_procedimientos_de_los.pdf)
- Beans, S. (2015). *Centro Internacional de Agricultura Tropical ( CIAT )* (p. 4).  
<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=catalco.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=053498>
- Beauty, K., Mishra, S. N., Panwar, V. P., Kumar, S., Kumar, S., & Kumar, R. (2020). *The Effect of Soil Organisms and Macro-Invertebrates In Physical and Chemical*

*Conditions of Soil*. 7, 463–470.

- Beccacece, H. M., & Cherini, M. de la P. (2009). *Técnicas generales de recolección y conservación de invertebrados*. [https://japt.es/animalia/claves/met\\_colect-cons.pdf.pdf](https://japt.es/animalia/claves/met_colect-cons.pdf.pdf)
- Begum, G. (2012). *Ecotoxicology*.
- Benítez-Díaz, P., Benítez-Díaz, P., Molina-Morales, Y., Sánchez-Gil, B., & Balza-Quintero, A. (2015). Residuos de plaguicidas en la cáscara e interior de la papa (*Solanum tuberosum* L.) proveniente de una región agrícola del estado mérida, Venezuela. *Bioagro*, 27(1), 27–36.
- Bighiu, M., Höss, S., Traunspurger, W., Kahlert, M., & Goedkoop, W. (2020). *Limited effects of pesticides on stream macroinvertebrates , bio fi lm nematodes , and algae in intensive agricultural landscapes in Sweden*. 174. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115640>
- Botina, B., Velásquez, Á., Bacca, T., Castillo, J., & Dias, L. G. (2012). Evaluación De La Macrofauna Del Suelo En *Solanum Tuberosum* (Solanales: Solanaceae) Con Sistemas De Labranza Tradicional Y Mínima. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 16(2), 69–77.
- Cabrera, G. (2012). *La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación / perturbación del suelo . Resultados obtenidos en Cuba*. 35(4), 349–363.
- Cabrera, G., Socarrás, A., Gutiérrez Cubría, E., Tcherva, T., Martínez-Muñoz, C., & Lozada Piña, A. (2017). La fauna del suelo. In *En:Diversidad biológica de Cuba: métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas* (C.A. Mancina y D. D. Cruz, Eds.) (p. 502). Editorial AMA.
- Camargo, L. S., Niemeyer, J. C., Iuñes de Oliveira, L. C., Alexandre, D., Gebler, L., & Klauberg-Filho, O. (2019). The fungicide mancozeb affects soil invertebrates in two subtropical Brazilian soils. *Chemosphere*, 232, 180–185. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.179>
- Carvalho, G., Grützmacher, A., Passos, L., & L. de Oliveira, R. (2019). Physiological and Ecological Selectivity of Pesticides for Natural Enemies of Insects. In *Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems: Biological Control and Functional Biodiversity* (pp. 1–539). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-24733-1\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-24733-1_6)

- Castillo, R. (2013). Diversidad y abundancia de macrofauna edáfica en tres sistemas de uso de suelo Illpa-Puno. In *Tesis*. Universidad Nacional Del Altiplano.
- Cepeda, C. A., & Carlosama, J. (2016). Determinación de la concentración letal 50 (cl50) en la lombriz californiana, *Eisenia foetida* (Lombriidae) de dos fungicidas de uso agrícola con el mismo principio activo (clorotalonil) [Universidad Santo Tomás]. In *instname:Universidad Santo Tomás*. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/2478>
- Chakra, N., & Venkateswara, J. (2008). Biological response of earthworm, *Eisenia foetida* (Savigny) to an organophosphorous pesticide, profenofos. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 71(2), 574–582. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2008.01.003>
- Chandra, I., & Linthoingambi, N. (2017). *Pesticides Classification and its Impact on Environment*. 8(03), 1889–1897. <https://doi.org/10.20546/ijemas.2019.803.224>
- Corcellas, C. (2017). *Estudi dels insecticides Piretroides en mostres ambientals i humanes Cayo Corcellas i Carramiñana*. Universidad de Barcelona.
- Deknock, A., De Troyer, N., Houbraken, M., Dominguez-Granda, L., Nolivos, I., Van Echelpoel, W., Forio, M. A. E., Spanoghe, P., & Goethals, P. (2019). Distribution of agricultural pesticides in the freshwater environment of the Guayas river basin (Ecuador). *Science of the Total Environment*, 646, 996–1008. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.185>
- Devine, G., Eza, D., Oigusuku, E., & Furlong, M. (2008). Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 25(1), 74–100. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2008.251.1241>
- FAO, & CIP. (2008). El Año Internacional de la Papa 2008 Gestión de las plagas y enfermedades de la papa. In *2008 Año internacional de la papa* (p. 2). <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/plagas.html>
- Grande, M. L. M., Braz, É. C., De Freitas Bueno, A., Da Silva, D. M., De Queiroz, A. P., & Ventura, M. U. (2018). Effect of increasing rate of insecticides on its selectivity for *trichogramma pretiosum riley* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Semina: Ciencias Agrarias*, 39(3), 933–946. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n3p933>
- Huanhuayo, K. (2017). “EL USO DE PLAGUICIDAS QUÍMICOS EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L), SU RELACIÓN CON EL MEDIO

AMBIENTE Y LA SALUD.” In *Occupational Medicine*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA.

- Iannacone, J., & Alvarino, L. (2016). SELECTIVIDAD DEL INSECTICIDA CARTAP EMPLEANDO BIOENSAYOS CON ORGANISMOS NO DESTINATARIOS. *Ecología Aplicada*, 4(1–2), 91. <https://doi.org/10.21704/rea.v4i1-2.303>
- INEI. (2009). Perfil Sociodemográfico del Departamento. In *Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda*.
- INEI. (2012). IV Censo Nacional Agropecuario 2012. *Resultados Definitivos. IV Censo Nacional Agropecuario*, 62. <http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCE NAGRO.pdf>
- INEI. (2014). *Producción de papa* (pp. 45–46).
- Kumar, V., & Kumar, P. (2019). Pesticides in agriculture and environment : Impacts on human health Chapter 7 Pesticides in agriculture and environment : Impacts on human health. *Contaminants in Agriculture and Environment: Health Risks and Remediation.*, 21. <https://doi.org/10.26832/AESA-2019-CAE-0160-07>
- Li, H., Wang, J., Liu, Q., Zhou, Z., Chen, F., & Xiang, D. (2019). Effects of consecutive monoculture of sweet potato on soil bacterial community as determined by pyrosequencing. *Journal of Basic Microbiology*, 59(2), 181–191. <https://doi.org/10.1002/jobm.201800304>
- Mamabolo, E. (2019). *DIVERSITY AND FUNCTIONS OF SOIL MACROFAUNA IN ORGANIC AND CONVENTIONAL WHEAT ECOSYSTEMS* (Issue January).
- Marinković, D., Nešin, K., Bursić, V., Vuković, G., Gvozdenac, S., Konstantinović, B., & Petrović, A. (2020). The effects of lambda-cyhalothrin on juvenile forms of *Eisenia fetida* (Oligochaeta , Lumbricidae). *Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management (JATEM)*, 3(1), 361–367. [http://www.fimek.edu.rs/downloads/casopisi/jatem/issue/v3\\_1/01-\(1\)\\_Marinkovic\\_et\\_al.\\_2020.\\_Vol.3\\_Issue\\_1\\_361-367.pdf](http://www.fimek.edu.rs/downloads/casopisi/jatem/issue/v3_1/01-(1)_Marinkovic_et_al._2020._Vol.3_Issue_1_361-367.pdf)
- Martin, E. C., & Muñoz, C. (2010). *Métodos para Medir la Humedad del Suelo para la Programación del Riego* (Issue September, p. 9).
- Miglani, R., & Bisht, S. S. (2020). World of earthworms with pesticides and insecticides. *Interdisciplinary Toxicology*, 12(2), 71–82. <https://doi.org/10.2478/intox-2019-0008>

- Muñoz, P. (2019). *Gestión de plaguicidas en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) y sus efectos en la salud y economía de los productores del Distrito de Chota-Cajamarca 2017*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Patel, P., & Prajapati, R. (2020). Possible Toxicological Effect of Pesticides, Cypermethrin on Earthworm (*Esiania fetida*). *International Journal of Research in Engineering Science and Management*, 3(12), 138–143.
- Ramírez, F., Fournier, M. L., Ruepert, C., & Hidalgo, C. (2014). Uso de agroquímicos en el cultivo de papa en Pacayas, Cartago, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 337–345. <https://doi.org/10.15517/am.v25i2.15441>
- Ricardo, T., Maitre, M. I., & Rodríguez, A. R. (2010). Efectos subletales de la lambda-dialotrina sobre *Eisenia fetida* (annelida, oligochaeta, lumbricidae). *Ciencia Del Suelo*, 28(1), 39–46.
- Ricupero, M., Desneux, N., Zappalà, L., & Biondi, A. (2020). Target and non-target impact of systemic insecticides on a polyphagous aphid pest and its parasitoid. *Chemosphere*, 247. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125728>
- Roy, J., Kumar Ojha, P., Carnesecchi, E., Lombardo, A., Roy, K., & Benfenati, E. (2020). First report on a classification-based QSAR model for chemical toxicity to earthworm. In *Journal of Hazardous Materials* (Vol. 386). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121660>
- Sanchez, G. (2018). *Evaluación de la macrofauna del suelo en cuatro diferentes sistemas de uso, en el distrito las Piedras, provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios*. <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/348/004-2-3-074.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Santa Cruz, S., & Burga, A. (2020). Macrofauna Edáfica como bioindicador de la calidad de suelo en el cultivo de arroz del distrito de san Rafael, Bellavista, San Martín [Universidad Peruana Unión]. In *Dirección general de Investigación*. [https://drive.google.com/file/d/1\\_IR8G2xOKhcG-2YVMyc1XXEeJ99GQQ2s/view](https://drive.google.com/file/d/1_IR8G2xOKhcG-2YVMyc1XXEeJ99GQQ2s/view)
- Tsufac, A. R., Enang, R. K., Yerima, B. P. K., & Awazi, N. P. (2021). Effects of agrochemical application on the diversity and abundance of soil macro-fauna in cocoa-based (*Theobroma cacao*) agroforestry systems in Cameroon. *African Journal of Agricultural Research*, 17(3), 387–395.



<https://doi.org/10.5897/ajar2020.15402>

- USEPA. (1996). *Ecological effects test guidelines. Earthworm Subchronic Toxicity Test - EPA 850.62.00. January, 19.* <http://www.oecd.org/env/ehs/testing/Draft-Updated-Test-Guideline-222-Earthworm-Reproduction-Test.pdf>
- WHO. (1997). *WHO/FAO DATA SHEETS ON PESTICIDES. N°94. DITHIOCARBAMATES (MANEB, ZINEB, MACONZEB)* (p. 18).
- WHO. (2009). *The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification 2009.*
- Giraldo D. L., & Palacio J. A. (2017). Efectos del clorpirifos sobre la supervivencia y reproducción del *Daphnia pulex*; Actualidades Biológicas, 21(71), 123-130. Recuperado a partir de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/actbio/article/view/329741>
- Murray R. Spiegel y Larry J. Stephens. (2009). Estadística. 4ta edición. Mc Graw-Hill. México, D.F.
- Vargas M., Robinson, & Ubillo F., Alejandrina. (2001). Toxicidad De Pesticidas Sobre Enemigos Naturales De Plagas Agricolas. Agricultura Técnica, 61(1), 35-41. <https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072001000100004> Huerta Lwanga, Esperanza, & Rodríguez-Olán, Jannet, & Evia-Castillo, Isabel, & Montejomeneses, Efraín, & Cruz-Mondragón, Marcela de la, & García-Hernández,
- Vischetti, C., Casucci, C., De Bernardi, A., Monaci, E., Tiano, L., Marcheggiani, F., Puglisi, E. (2020). Sub-Lethal Effects of Pesticides on the DNA of Soil Organisms as Early Ecotoxicological Biomarkers. *Frontiers in Microbiology*, 11. doi:10.3389/fmicb.2020.01892

## ANEXOS

### Anexo 01: Modelo de encuesta de campo

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



#### ENCUESTA AGRÍCOLA

Fecha: \_\_\_\_\_ Localidad: \_\_\_\_\_

I. Datos generales  
Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_  
Formación académica: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_  
Estado civil: \_\_\_\_\_ N° hijos: \_\_\_\_\_

II. Explotación  
1. Superficie total (Hectáreas, anegadas): \_\_\_\_\_  
2. Numero de parcelas:..... \_\_\_\_\_

III. Régimen de tenencia  
Propiedad ( ) Arrendamiento ( ) Herencia ( )  
Aparcería ( ) Comunal ( ) Otros ( )

IV. Tierra labrada, cultivos y agroquímicos  
1. ¿Se práctica la ganadería asociada a la agricultura?  
Si ( ) No ( )

2. ¿Cuál es el tipo de cultivo al que se dedica?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. Tipo de productos agrícolas que se aplican en las labores agrícolas  
Fertilizantes ( ) Insecticidas ( ) Fungicidas ( )  
Herbicidas ( ) Acaricidas ( ) Otros ( )  
Fitorreguladores ( ) Nematocida ( )  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. Nombre del producto comercial  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. ¿Realiza mezcla de los productos? Si ( ) No ( )  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6. Preparación de la dosis: ¿sigue las instrucciones del fabricante? Si ( ) No ( )  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

7. Cantidad de sustancia por Ha de cultivo ( / )  
8. Temporadas de dosificación durante el cultivo  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

9. Equipo de aplicación  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Firma

## Anexo 02: Ficha de macrofauna en el cultivo de papa en el distrito de Trita por punto de muestreo 01

DISTRITO DE TRITA												
PUNTO DE MUESTREO 01												
N°	Clase	Orden	Familia	Nombre común	M1	M2	M3	M4	M13	TOTAL	Pi	Pi*lnPi
1	Collembola	Entomobryomorpha	Isotomidae	Isotoma	56	64	5	41	0	166	0.643410853	-0.284
2	Collembola	Poduromorpha	Hypogastruridae		18	21	2	15	0	56	0.217054264	-0.332
3	Insecta	Díptera	Phoridae	Mosca	0	8	0	2	0	10	0.03875969	-0.126
4	Insecta	Coleóptera	Carabidae	Escarabajo	1	1	1	0	0	3	0.011627907	-0.052
5	Insecta	Díptera	Cecidomyiidae	Mosquito	1	2	1	1	0	5	0.019379845	-0.076
6	Insecta	Hemíptera	Nabidae	Chinche	1	0	0	0	0	1	0.003875969	-0.022
7	Insecta	Coleóptera	Staphylinidae		0	2	0	1	0	3	0.011627907	-0.052
8	Insecta	Hemíptera	Cicadellidae	Lorito	0	2	0	0	0	2	0.007751938	-0.038
9	Insecta	Hemíptera	Aphididae	Pulgón	0	1	0	1	0	2	0.007751938	-0.038
11	Insecta	Thysanóptera	Phleothripidae		0	0	1	0	0	1	0.003875969	-0.022
12	Insecta	Hymenóptera	Vespidae		1	0	0	0	0	1	0.003875969	-0.022
13	Arachnida	Araneae	Sicaridae	Araña	0	0	1	0	0	1	0.003875969	-0.022
14	Insecta	Hymenóptera	Formicidae	Hormiga	0	0	0	0	1	1	0.003875969	-0.022
15	Insecta	Coleóptera	Scarabaeidae	Larva de escarabajo	0	0	0	0	3	3	0.011627907	-0.052
16	Insecta	Díptera	Drosophilidae		1	2	0	0	0	3	0.011627907	-0.052
										258	1	-1.208

-1

1.21

### Anexo 03: Ficha de macrofauna en el cultivo de papa en el distrito de Trita por punto de muestreo 02

DISTRITO DE TRITA												
PUNTO DE MUESTREO 02												
N°	Clase	Orden	Familia	Nombre común	M5	M6	M7	M8	M14	TOTAL	Pi	Pi*lnPi
1	Collembola	Entomobryomorpha	Isotomidae	Isotoma	24	35	10	67	0	136	0.583690987	-0.314
2	Collembola	Poduromorpha	Hypogastruridae		3	27	4	32	0	66	0.283261803	-0.357
3	Collembola	Sp	Sp		0	0	1	0	0	1	0.004291845	-0.023
4	Insecta	Díptera	Phoridae	Mosca	3	0	0	4	0	7	0.030042918	-0.105
5	Insecta	Coleóptera	Carabidae	Escarabajo	2	1	2	1	0	6	0.025751073	-0.094
6	Insecta	Díptera	Cecidomyiidae	Mosquito	0	1	1	0	0	2	0.008583691	-0.041
7	Insecta	Coleóptera	Staphylinidae		1	0	1	0	0	2	0.008583691	-0.041
8	Insecta	Hemíptera	Cicadellidae	Lorito	0	0	0	1	0	1	0.004291845	-0.023
9	Insecta	Hemíptera	Aphididae	Pulgón	0	0	2	0	0	2	0.008583691	-0.041
10	Arachnida	Araneae	Sicariidae		0	1	0	0	0	1	0.004291845	-0.023
11	Insecta	Thysanóptera	Phleothripidae		1	2	1	0	0	4	0.017167382	-0.070
12	Insecta	Lepidóptera	Noctuidae	Polilla	1	0	0	0	0	1	0.004291845	-0.023
13	Insecta	Coleóptera	Silphidae		0	0	0	1	0	1	0.004291845	-0.023
14	Insecta	Coleóptera	Hesperiidae		1	0	0	0	0	1	0.004291845	-0.023
15	Insecta	Hymenóptera	Formicidae	Hormiga	0	1	0	0	0	1	0.004291845	-0.023
16	Diplópoda	Spirobolida	Trigoniulidae	Mil pies	0	0	0	0	1	1	0.004291845	-0.023
										233	1	-1.251

-1

1.25

### Anexo 04: Ficha de macrofauna en el cultivo de papa en el distrito de Trita por punto de muestreo 03

DISTRITO DE TRITA												
PUNTO DE MUESTREO 03												
N°	Clase	Orden	Familia	Nombre común	M9	M10	M11	M12	M15	TOTAL	Pi	Pi*lnPi
1	Collembola	Entomobryomorpha	Isotomidae	Isotoma	78	33	28	59	0	<b>198</b>	0.668918919	-0.269
2	Collembola	Poduromorpha	Hypogastruridae		28	12	7	22	0	<b>69</b>	0.233108108	-0.339
3	Insecta	Díptera	Phoridae	Mosca	3	2	5	3	0	<b>13</b>	0.043918919	-0.137
4	Insecta	Coleóptera	Carabidae	Escarabajo	1	0	0	0	0	<b>1</b>	0.003378378	-0.019
5	Insecta	Díptera	Cecidomyiidae	Mosquito	0	0	2	0	0	<b>2</b>	0.006756757	-0.034
6	Insecta	Hemíptera	Cicadellidae	Lorito	2	1	1	0	0	<b>4</b>	0.013513514	-0.058
7	Insecta	Hemíptera	Aphididae	Pulgón	0	0	2	1	0	<b>3</b>	0.010135135	-0.047
8	Insecta	Thysanóptera	Phleothripidae		0	1	0	1	0	<b>2</b>	0.006756757	-0.034
9	Insecta	Coleóptera	Cantharidae		0	1	0	0	0	<b>1</b>	0.003378378	-0.019
10	Insecta	Hymenóptera	Platygastridae		0	0	1	0	0	<b>1</b>	0.003378378	-0.019
11	Insecta	Coleóptera	Scarabaeidae	Larva de escarabajo	0	0	0	0	1	<b>1</b>	0.003378378	-0.019
12	Insecta	Coleóptera	Dytiscidae		0	0	1	0	0	<b>1</b>	0.003378378	-0.019
										<b>296</b>	1	-1.014
												-1
												<b>1.01</b>

**Anexo 05: Ficha de macrofauna en el cultivo de papa en el distrito de Trita por punto de muestreo 04**

DISTRITO DE TRITA												
PUNTO DE MUESTREO 04												
N°	Clase	Orden	Familia	Nombre común	M1	M2	M3	M4	M13	TOTAL	Pi	Pi*lnPi
1	Collembola	Entomobryomorpha	Isotomidae	Isotoma	89	44	39	48	0	220	0.883534137	-0.109
2	Insecta	Díptera	Phoridae	Mosca	5	4	2	1	0	12	0.048192771	-0.146
3	Insecta	Coleóptera	Carabidae	Escarabajo	1	0	0	0	0	1	0.004016064	-0.022
4	Insecta	Hemíptera	Aphididae	Pulgón	2	0	2	0	0	4	0.016064257	-0.066
5	Insecta	Díptera	Cecidomyiidae	Mosquito	0	2	0	1	0	3	0.012048193	-0.053
6	Insecta	Hymenóptera	Platygastridae		0	0	1	0	0	1	0.004016064	-0.022
7	Insecta	Díptera	Muscidae		0	0	0	0	1	1	0.004016064	-0.022
8	Oligochaeta	Haplotaxida	Glossoscolecidae		0	0	0	0	5	5	0.020080321	-0.078
9	Arachnida	Araneae	Sicariidae		0	0	0	0	1	1	0.004016064	-0.022
10	Insecta	Coleóptera	Staphylinidae		0	0	0	1	0	1	0.004016064	-0.022
										<b>249</b>	1	-0.564

-1

**0.56**

**Anexo 06: Ficha de macrofauna en el cultivo de papa en el distrito de Trita por punto de muestreo 05**

DISTRITO DE TRITA												
PUNTO DE MUESTREO 05												
N°	Clase	Orden	Familia	Nombre común	M5	M6	M7	M8	M14	TOTAL	Pi	Pi*lnPi
1	Collembola	Entomobryomorpha	Isotomidae	Isotoma	65	6	29	51	0	151	0.888235294	-0.105
2	Collembola	Sp	sp		0	1	0	0	0	1	0.005882353	-0.030
3	Insecta	Díptera	Phoridae	Mosca	3	0	3	1	0	7	0.041176471	-0.131
4	Insecta	Hemíptera	Aphididae	Pulgón	0	0	0	2	0	2	0.011764706	-0.052
5	Insecta	Díptera	Cecidomyiidae	Mosquito	1	0	0	0	0	1	0.005882353	-0.030
6	Insecta	Thysanoptera	Phleothripidae		1	0	0	1	0	2	0.011764706	-0.052
7	Insecta	Coleóptera	Coccinellidae	Mariquita	0	0	1	0	0	1	0.005882353	-0.030
8	Insecta	Coleóptera	Silphidae	Escarabajo	0	0	0	1	0	1	0.005882353	-0.030
9	Chilopoda	Geophilomorpha	Geophilidae	Cién pies	1	0	0	0	0	1	0.005882353	-0.030
10	Insecta	Coleóptera	Staphylinidae		0	0	1	1	0	2	0.011764706	-0.052
11	Insecta	Coleóptera	Scarabaeidae		0	0	0	0	1	1	0.005882353	-0.030
										<b>170</b>	1	-0.575
												-1
												<b>0.57</b>

**Anexo 07: Ficha de macrofauna en el cultivo de papa en el distrito de Trita por punto de muestreo 06**

DISTRITO DE TRITA												
PUNTO DE MUESTREO 06												
N°	Clase	Orden	Familia	Nombre común	M9	M10	M11	M12	M15	TOTAL	Pi	Pi*lnPi
1	Collembola	Entomobryomorpha	Isotomidae	Isotoma	13	25	38	0	0	76	0.767676768	-0.203
2	Insecta	Díptera	Phoridae	Mosca	0	1	0	0	0	1	0.01010101	-0.046
3	Insecta	Coleóptera	Carabidae	Escarabajo	0	0	0	1	0	1	0.01010101	-0.046
4	Insecta	Hemíptera	Aphididae	Pulgón	0	1	1	0	0	2	0.02020202	-0.079
5	Insecta	Díptera	Cecidomyiidae	Mosquito	0	2	1	1	0	4	0.04040404	-0.130
6	Insecta	Thysanoptera	Phleothripidae		1	0	0	0	0	1	0.01010101	-0.046
7	Insecta	Coleóptera	Silphidae	Escarabajo	1	0	1	0	0	2	0.02020202	-0.079
8	Insecta	Hymenóptera	Vespidae		1	0	2	0	0	3	0.03030303	-0.106
9	Insecta	Díptera	Ephydriidae	Mosca	0	1	0	0	0	1	0.01010101	-0.046
10	Insecta	Orthoptera	Gryllidae	Grillo	0	0	0	1	0	1	0.01010101	-0.046
11	Insecta	Díptera	Drosophilidae		0	0	0	1	0	1	0.01010101	-0.046
12	Oligochaeta	Haplotaxida	Glossoscolecidae		0	0	0	0	3	3	0.03030303	-0.106
13	Insecta	Hymenóptera	Formicidae		0	0	0	0	1	1	0.01010101	-0.046
14	Insecta	Coleóptera	Staphylinidae		0	0	1	1	0	2	0.02020202	-0.079
										<b>99</b>	1	-1.106

-1

**1.11**



**Anexo 08: Ficha de macrofauna en el cultivo de papa en el distrito de Conila por punto de muestreo 01**

DISTRITO DE CONILA												
PUNTO DE MUESTREO 1												
N°	Clase	Orden	Familia	Nombre común	M1	M2	M3	M4	M13	TOTAL	Pi	Pi*lnPi
1	Collembola	Entomobryomorpha	Isotomidae	Isotoma	42	38	8	48	0	136	0.638497653	-0.286
2	Collembola	Poduromorpha	Hypogastruridae		13	16	1	0	0	30	0.14084507	-0.276
3	Insecta	Díptera	Phoridae	Mosca	1	0	0	2	0	3	0.014084507	-0.060
4	Insecta	Coleóptera	Staphylinidae		1	1	1	0	0	3	0.014084507	-0.060
5	Insecta	Thysanóptera	Phlebotripidae		1	0	0	0	0	1	0.004694836	-0.025
6	Insecta	Hemíptera	Cicadellidae	Lorito	1	0	2	1	0	4	0.018779343	-0.075
7	Insecta	Hemíptera	Delphacidae		1	0	0	0	0	1	0.004694836	-0.025
8	Insecta	Coleóptera	Carabidae	Escarabajo	0	3	0	0	0	3	0.014084507	-0.060
9	Insecta	Díptera	Drosophilidae	Mosca	0	0	1	0	0	1	0.004694836	-0.025
10	Malacostraca	Isopoda	Armadillidae	Chanchito	0	0	2	0	0	2	0.009389671	-0.044
11	Insecta	Díptera	Cecidomyiidae	Mosquito	0	0	4	7	0	11	0.051643192	-0.153
12	Insecta	Hemíptera	Aphididae	Pukgón	0	0	1	0	0	1	0.004694836	-0.025
13	Arachnida	Mesostigmata	Parasitidae		0	0	0	1	0	1	0.004694836	-0.025
14	Oligochaeta	Haploxiida	Glossoscolecidae	Lombrices de tierra	0	0	0	0	16	16	0.075117371	-0.194
										213	1	-1.334

-1

1.33

### Anexo 09: Ficha de macrofauna en el cultivo de papa en el distrito de Conila por punto de muestreo 02

DISTRITO DE CONILA												
PUNTO DE MUESTREO 2												
N°	Clase	Orden	Familia	Nombre común	M5	M6	M7	M8	M14	TOTAL	Pi	Pi*lnPi
1	Collembola	Entomobryomorpha	Isotomidae	Isotoma	36	3	40	36	0	115	0.518018018	-0.341
2	Collembola	Poduromorpha	Hypogastruridae		4	35	9	5	0	53	0.238738739	-0.342
3	Insecta	Díptera	Phoridae	Mosca	3	1	0	0	0	4	0.018018018	-0.072
4	Insecta	Coleóptera	Staphylinidae		0	2	0	0	0	2	0.009009009	-0.042
5	Insecta	Thysanóptera	Phlebotripidae		0	1	0	1	0	2	0.009009009	-0.042
6	Insecta	Hemíptera	Cicadellidae	Lorito	1	1	1	1	0	4	0.018018018	-0.072
7	Insecta	Díptera	Cecidomyiidae	Mosquito	2	1	5	2	0	10	0.045045045	-0.140
8	Insecta	Hemíptera	Aphididae	Pukgón	0	0	1	0	0	1	0.004504505	-0.024
9	Insecta	Coleóptera	Silphidae		1	0	0	0	0	1	0.004504505	-0.024
10	Arachnida	Araneae	Sicariidae	Araña	1	0	0	0	0	1	0.004504505	-0.024
11	Insecta	Coleóptera	Dytiscidae		1	0	1	0	0	2	0.009009009	-0.042
12	Insecta	Díptera	Muscidae	Mosca	0	0	0	1	0	1	0.004504505	-0.024
13	Insecta	Coleóptera	Scarabeidae	Escarabajo	0	0	0	0	1	1	0.004504505	-0.024
14	Oligochaeta	Haploxida	Glossoscolecidae	Lombrices de tierra	0	0	0	0	24	24	0.108108108	-0.240
15	Insecta	Díptera	Sp		0	0	1	0	0	1	0.004504505	-0.024
										<b>222</b>	1	-1.481
												-1
												<b>1.48</b>

**Anexo 10: Ficha de macrofauna en el cultivo de papa en el distrito de Conila por punto de muestreo 03**

DISTRITO DE CONILA												
PUNTO DE MUESTREO 03												
N°	Clase	Orden	Familia	Nombre común	M9	M10	M11	M12	M15	TOTAL	Pi	Pi*lnPi
1	Collembola	Entomobryomorpha	Isotomidae	Isotoma	26	48	23	27	0	<b>124</b>	0.462686567	-0.357
2	Collembola	Poduromorpha	Hypogastruridae		8	4	44	8	0	<b>64</b>	0.23880597	-0.342
3	Insecta	Coleóptera	Staphylinidae		0	1	1	0	0	<b>2</b>	0.007462687	-0.037
4	Insecta	Hemíptera	Cicadellidae	Lorito	1	0	1	1	0	<b>3</b>	0.01119403	-0.050
5	Insecta	Díptera	Cecidomyiidae	Mosquito	1	3	1	1	0	<b>6</b>	0.02238806	-0.085
6	Insecta	Hemíptera	Aphididae	Pukgón	0	0	0	1	0	<b>1</b>	0.003731343	-0.021
7	Insecta	Díptera	Muscidae	Mosca	0	1	0	0	0	<b>1</b>	0.003731343	-0.021
8	Insecta	Lepidóptera	Hesperiidae	Mariposa	0	2	0	0	0	<b>2</b>	0.007462687	-0.037
9	Insecta	Hymenóptera	Platygastridae		0	1	0	1	0	<b>2</b>	0.007462687	-0.037
10	Insecta	Hymenóptera	Braconidae		0	1	0	0	0	<b>1</b>	0.003731343	-0.021
11	Oligochaeta	Haploxida	Glossoscolecidae	Lombrices de tierra	0	0	0	0	59	<b>59</b>	0.220149254	-0.333
12	Insecta	Hymenóptera	Formicidae	Hormiga	0	0	1	0	1	<b>2</b>	0.007462687	-0.037
13	Insecta	Coleóptera	Lampyridae		0	0	0	1	0	<b>1</b>	0.003731343	-0.021
										<b>268</b>	1	-1.397
												-1
												<b>1.40</b>

### Anexo 11: Ficha de macrofauna en el cultivo de papa en el distrito de Conila por punto de muestreo 04

DISTRITO DE CONILA												
PUNTO DE MUESTREO 04												
N°	Clase	Orden	Familia	Nombre común	M1	M2	M3	M4	M13	TOTAL	Pi	Pi*lnPi
1	Collembola	Entomobryomorpha	Isotomidae	Isotoma	5	23	11	32	0	71	0.348039216	-0.367
2	Collembola	Poduromorpha	Hypogastruridae		19	5	0	7	0	31	0.151960784	-0.286
3	Insecta	Coleóptera	Staphylinidae		3	2	0	3	0	8	0.039215686	-0.127
4	Insecta	Díptera	Phoridae	Mosca	2	2	4	6	0	14	0.068627451	-0.184
5	Insecta	Hemíptera	Delphacidae		1	0	0	0	0	1	0.004901961	-0.026
6	Insecta	Díptera	Cecidomyiidae	Mosquito	1	6	1	3	0	11	0.053921569	-0.157
7	Insecta	Díptera	Dolichopodidae		1	0	0	0	0	1	0.004901961	-0.026
8	Insecta	Hymenoptera	Vespidae		1	1	0	0	0	2	0.009803922	-0.045
9	Insecta	Coleóptera	Carabidae	Escarabajo	0	2	0	4	0	6	0.029411765	-0.104
10	Insecta	Hemíptera	Cicadellidae	Lorito	0	5	4	4	0	13	0.06372549	-0.175
11	Arachnida	Araneae	Sicariidae	Araña	0	1	0	0	0	1	0.004901961	-0.026
12	Insecta	Hemíptera	Aphididae	Pulgón	0	3	0	0	0	3	0.014705882	-0.062
13	Insecta	Hymenoptera	Platygastridae		0	2	0	0	0	2	0.009803922	-0.045
14	Insecta	Lepidóptera	Hesperiidae	Mariposa	0	1	1	0	0	2	0.009803922	-0.045
15	Insecta	Hymenoptera	Formicidae	Hormiga	0	1	0	0	0	1	0.004901961	-0.026
16	Insecta	Díptera	Ephydriidae		0	1	0	0	0	1	0.004901961	-0.026
17	Insecta	Thysanóptera	Phleothripidae		0	0	0	1	0	1	0.004901961	-0.026
18	Insecta	Hemíptera	Nabidae	Chinche	0	0	0	1	0	1	0.004901961	-0.026
19	Oligochaeta	Haploxida	Glossoscolecidae	Lombriz de tierra	0	0	0	0	34	34	0.166666667	-0.299
										<b>204</b>	1	-2.080

-1

<b>2.08</b>
-------------

## Anexo 12: Ficha de macrofauna en el cultivo de papa en el distrito de Conila por punto de muestreo 05

DISTRITO DE CONILA												
PUNTO DE MUESTREO 05												
N°	Clase	Orden	Familia	Nombre común	M5	M6	M7	M8	M14	TOTAL	Pi	Pi*lnPi
1	Collembola	Entomobryomorpha	Isotomidae	Isotoma	28	0	51	0	0	79	0.533783784	-0.335
2	Collembola	Poduromorpha	Hypogastruridae		9	0	0	5	0	14	0.094594595	-0.223
3	Insecta	Coleóptera	Staphylinidae		1	3	0	2	0	6	0.040540541	-0.130
4	Insecta	Díptera	Phoridae	Mosca	1	2	3	1	0	7	0.047297297	-0.144
6	Insecta	Díptera	Cecidomyiidae	Mosquito	0	2	4	0	0	6	0.040540541	-0.130
8	Insecta	Hymenoptera	Vespidae		0	1	1	0	0	2	0.013513514	-0.058
9	Insecta	Coleóptera	Carabidae	Escarabajo	0	2	1	0	0	3	0.02027027	-0.079
10	Insecta	Hemíptera	Cicadellidae	Lorito	2	2	2	2	0	8	0.054054054	-0.158
12	Insecta	Hemíptera	Aphididae	Pulgón	1	0	1	1	0	3	0.02027027	-0.079
13	Insecta	Hymenoptera	Platygastridae		0	0	1	0	0	1	0.006756757	-0.034
14	Insecta	Lepidóptera	Hesperiidae	Mariposa	0	0	1	0	0	1	0.006756757	-0.034
17	Insecta	Thysanóptera	Phleothripidae		1	1	2	1	0	5	0.033783784	-0.114
18	Insecta	Hemíptera	Nabidae	Chinche	0	0	1	0	0	1	0.006756757	-0.034
19	Insecta	Díptera	Culicidae	Zancudo	1	0	0	0	0	1	0.006756757	-0.034
20	Insecta	Lepidóptera	Noctuidae	Polilla	1	0	0	0	0	1	0.006756757	-0.034
21	Arachnida	Mesostigmata	Phytoseiidae		0	0	1	0	0	1	0.006756757	-0.034
22	Malacostraca	Isopoda	Armadillidae	Chanchito	0	0	0	1	0	1	0.006756757	-0.034
23	Gastropoda	Pulmonata	Sp	Babosa	0	0	0	0	1	1	0.006756757	-0.034
26	Oligochaeta	Haploxyida	Glossoscolecidae	Lombriz de tierra	0	0	0	0	7	7	0.047297297	-0.144
										<b>148</b>	1	-1.865
												-1
												<b>1.87</b>

### Anexo 13: Ficha de macrofauna en el cultivo de papa en el distrito de Conila por punto de muestreo 06

DISTRITO DE CONILA												
PUNTO DE MUESTREO 06												
N°	Clase	Orden	Familia	Nombre común	M9	M10	M11	M12	M15	TOTAL	Pi	Pi*lnPi
1	Collembola	Entomobryomorpha	Isotomidae	Isotoma	0	29	0	14	0	43	0.323308271	-0.365
2	Collembola	Poduromorpha	Hypogastruridae		2	9	0	0	0	11	0.082706767	-0.206
3	Insecta	Coleóptera	Staphylinidae		1	4	0	0	0	5	0.037593985	-0.123
4	Insecta	Díptera	Phoridae	Mosca	0	5	5	1	0	11	0.082706767	-0.206
6	Insecta	Díptera	Cecidomyiidae	Mosquito	0	4	1	2	0	7	0.052631579	-0.155
7	Insecta	Díptera	Dolichopodidae		0	0	2	0	0	2	0.015037594	-0.063
8	Insecta	Hymenoptera	Vespidae		1	0	0	1	0	2	0.015037594	-0.063
9	Insecta	Coleóptera	Carabidae	Escarabajo	3	4	4	1	0	12	0.090225564	-0.217
10	Insecta	Hemíptera	Cicadellidae	Lorito	0	1	2	1	0	4	0.030075188	-0.105
13	Insecta	Hymenoptera	Platygastridae		0	0	0	1	0	1	0.007518797	-0.037
17	Insecta	Thysanóptera	Phlaeothripidae		0	0	0	1	0	1	0.007518797	-0.037
18	Insecta	Hemíptera	Nabidae	Chinche	1	1	0	0	0	2	0.015037594	-0.063
20	Insecta	Lepidóptera	Noctuidae	Polilla	0	2	0	0	0	2	0.015037594	-0.063
21	Arachnida	Mesostigmata	Phytoseiidae		0	0	1	0	0	1	0.007518797	-0.037
23	Gastropoda	Pulmonata	Sp	Babosa	1	0	1	0	0	2	0.015037594	-0.063
24	Insecta	Coleóptera	Silphidae		3	0	0	0	0	3	0.022556391	-0.086
25	Insecta	Díptera	Muscidae	Mosca	0	0	0	1	0	1	0.007518797	-0.037
26	Oligochaeta	Haploxiida	Glossoscolecidae	Lombriz de tierra	0	0	0	0	23	23	0.172932331	-0.303
										<b>133</b>	1	-2.230

-1

2.23

**Anexo 14: Ficha supervivencia de la prueba de ecotoxicología**

	REPETICIÓN 1			REPETICIÓN 2			REPETICIÓN 3		
<b>11/12/2020</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
C0	10	10	10	10	10	10	10	10	10
C1	10	10	9	10	10	10	10	10	10
C2	10	10	9	10	10	10	10	10	10
C3	10	10	8	10	10	9	10	10	8
C4	9	10	8	10	10	8	9	10	8
C5	7	10	6	8	10	6	6	10	7
<b>18/12/2020</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
C0	10	10	10	10	10	10	10	10	10
C1	10	10	9	10	10	10	10	10	9
C2	10	10	8	10	10	9	10	10	9
C3	10	10	7	10	10	9	9	10	8
C4	8	10	5	9	10	6	8	10	8
C5	7	10	4	8	10	6	6	10	7
<b>25/12/2020</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
C0	10	10	10	10	10	10	10	10	10
C1	10	10	9	10	10	9	10	10	9
C2	10	10	8	10	10	8	10	10	8
C3	10	10	7	9	10	8	8	10	6
C4	8	10	5	9	10	6	7	10	6
C5	7	10	4	7	10	5	6	10	6
<b>1/01/2021</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
C0	10	10	10	10	10	10	10	10	10
C1	10	10	8	10	10	9	10	10	9
C2	10	10	6	10	10	8	10	10	8
C3	9	10	6	9	10	6	8	10	6
C4	8	10	4	9	10	4	6	10	4
C5	7	10	2	7	10	4	6	10	4

### **Anexo 15: Calculo del % de saturación de agua**

Se aplica la regla de tres simple, con los datos de la prueba de saturación, donde 48 ml lograron saturar 100 g de sustrato al 100 %.

$$48 \text{ ml} \rightarrow 100 \text{ g}$$

$$X \text{ ml} \rightarrow 500 \text{ g}$$

$$(100 \text{ g}) (X \text{ ml}) = (48 \text{ ml}) (500 \text{ g})$$

$$\mathbf{X = 240 \text{ ml}}$$

El resultado expresa que 240 ml saturan de 500 g al 100%. A partir de esto, se calcula el volumen de agua con el que se disolverá cada pesticida logrando saturar el 70 % del sustrato artificial tal como lo sugiere el reglamento.

$$240 \text{ ml} \rightarrow 100 \%$$

$$X \text{ ml} \rightarrow 70 \%$$

$$(100 \%) (X \text{ ml}) = (240 \text{ ml}) (70 \%)$$

$$\mathbf{X = 168 \text{ ml}}$$

El resultado obtenido expresa el volumen que se utilizó para disolver cada una de los plaguicidas para las pruebas de ecotoxicología.



### Anexo 16: Concentraciones

ENSAYO DEFINITIVO			
	P1*	P2*	P3*
C0	0 ml	0 g	0
C1	0.75 ml	2 g	0.75 ml + 2g
C2	1.5 ml	4 g	1.5 ml + 4g
C3	2.25 ml	6 g	2.25 ml + 6 g
C4	3 ml	8 g	3 ml + 8 g
C5	3.75 ml	10 g	3.75 ml + 10 g

**CONVERSIONES:** g a g/kg

**Datos:**

**P1\*:** Cipermetrina (Campal<sup>®</sup> 250 EC/ Insecticida)

**P2\*:** Mancozeb (Dithane<sup>™</sup> M-45 NT/ Fungicida)

**P3\*:** Cipermetrina+ Mancozeb (Mezcla)

Sustrato por contenedor: 500 gr

Densidad de Campal<sup>®</sup> 250 EC: 0.97 g/ml

ENSAYO DEFINITIVO							
Concentraciones	Cipermetrina			Mancozeb		Cipermetrina + Mancozeb	
	P1 (ml)	P1 (g)	P1 (g/L)	P2 (g)	P2 (g/L)	P3 (g)	P3 (g/L)
<b>C0</b>	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
<b>C1</b>	0.75	0.73	4.35	2.00	11.90	2.73	16.25
<b>C2</b>	1.5	1.46	8.69	4.00	23.81	5.46	32.50
<b>C3</b>	2.25	2.18	12.98	6.00	35.71	8.18	48.69
<b>C4</b>	3	2.91	17.32	8.00	47.62	10.91	64.94
<b>C5</b>	3.75	3.64	21.67	10.00	59.52	13.64	81.19

Aplicamos la regla de tres simple usando el volumen calculado en la prueba de retención de agua para calcular la concentración de los plaguicidas:

<b>Cipermetrina</b>	<b>Mancozeb</b>	<b>Cipermetrina + Mancozeb</b>
<b>C1:</b> 0.73 g → 168 ml X g → 1000 ml (168 ml) (X) = (0.73 g) (1000 ml) X = 4.35 gL <sup>-1</sup>	<b>C1:</b> 2 g → 168 ml X g → 1000 ml (168 ml) (X) = (2 g) (1000 ml) X = 11.90 gL <sup>-1</sup>	<b>C1:</b> 2.73 g → 168 ml X g → 1000 ml (168 ml) (X) = (2.73 g) (1000 ml) X = 16.26 gL <sup>-1</sup>
<b>C2:</b> 1.46 g → 168 ml X g → 1000 ml (168 ml) (X) = (1.46 g) (1000 ml) X = 8.69 gL <sup>-1</sup>	<b>C2:</b> 4 g → 168 ml X g → 1000 ml (168 ml) (X) = (4 g) (1000 ml) X = 23.81 gL <sup>-1</sup>	<b>C2:</b> 5.46 g → 168 ml X g → 1000 ml (168 ml) (X) = (5.46 g) (1000 ml) X = 32.50 gL <sup>-1</sup>
<b>C3:</b> 2.18 g → 168 ml X g → 1000 ml (168 ml) (X) = (2.18 g) (1000 ml) X = 12.98 gL <sup>-1</sup>	<b>C3:</b> 6 g → 168 ml X g → 1000 ml (168 ml) (X) = (6 g) (1000 ml) X = 35.71 gL <sup>-1</sup>	<b>C3:</b> 8.18 g → 168 ml X g → 1000 ml (168 ml) (X) = (8.18 g) (1000 ml) X = 48.69 gL <sup>-1</sup>
<b>C4:</b> 2.91 g → 168 ml X g → 1000 ml (168 ml) (X) = (2.91 g) (1000 ml) X = 17.32 gL <sup>-1</sup>	<b>C4:</b> 8 g → 168 ml X g → 1000 ml (168 ml) (X) = (8 g) (1000 ml) X = 47.62 gL <sup>-1</sup>	<b>C4:</b> 10.91 g → 168 ml X g → 1000 ml (168 ml) X = (10.91g)(1000 ml) X = 64.94 gL <sup>-1</sup>
<b>C5:</b> 3.64 g → 168 ml X g → 1000 ml (168 ml) (X) = (3.64 g) (1000 ml) X = 21.67 gL <sup>-1</sup>	<b>C5:</b> 10 g → 168 ml X g → 1000 ml (168 ml) (X) = (10 g) (1000 ml) X = 59.52 gL <sup>-1</sup>	<b>C5:</b> 13.64 g → 168 ml X g → 1000 ml (168 ml) (X) = (13.64 g) (1000 ml) X = 81.19 gL <sup>-1</sup>

ENSAYO DEFINITIVO							
Concentraciones	Cipermetrina			Mancozeb		Cipermetrina + Mancozeb	
	P1 (ml)	P1 (g)	P1 (g/kg)	P2 (g)	P2 (g/kg)	P3 (g)	P3 (g/kg)
<b>C0</b>	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>C1</b>	0.75	0.727	1.45	2.00	4.00	2.73	5.45
<b>C2</b>	1.5	1.455	2.91	4.00	8.00	5.46	10.91
<b>C3</b>	2.25	2.182	4.36	6.00	12.00	8.18	16.36
<b>C4</b>	3	2.91	5.82	8.00	16.00	10.91	21.82
<b>C5</b>	3.75	3.637	7.27	10.00	20.00	13.64	27.27

Aplicamos la regla de tres simple para obtener la concentración letal media en g/L. para la cipermetrina, usando el valor de 8.04 g/kg obtenido mediante Probit.

$$\begin{aligned}
 4.35 \text{ g/L} &\rightarrow 1.45 \text{ g/kg} \\
 X &\rightarrow 8.04 \text{ g/kg} \\
 (1.45 \text{ g/kg}) (X) &= (4.35 \text{ g/L}) (8.04 \text{ g/kg}) \\
 X &= \mathbf{24.12 \text{ gL}^{-1}}
 \end{aligned}$$

Aplicamos la regla de tres simple para obtener la concentración letal media en g/L. para la mezcla (cipermetrina+ mancozeb), usando el valor de 19.98 g/kg obtenido mediante Probit.

$$\begin{aligned}
 16.26 \text{ g/L} &\rightarrow 5.45 \text{ g/kg} \\
 X &\rightarrow 19.98 \text{ g/kg} \\
 (5.45 \text{ g/kg}) (X) &= (16.26 \text{ g/L}) (19.98 \text{ g/kg}) \\
 X &= \mathbf{59.62 \text{ gL}^{-1}}
 \end{aligned}$$

CIPERMETRINA			
Concentración (g/L)	N° de lombrices	N° de individuos muertos	
C0	0.0	30	0
C1	1.5	30	0
C2	3.0	30	0
C3	4.5	30	4
C4	6.0	30	7
C5	7.5	30	10

<b>MANCOZEB</b>			
<b>Concentración (g/L)</b>		<b>N° de lombrices</b>	<b>N° de individuos muertos</b>
C0	0	30	0
C1	4	30	0
C2	8	30	0
C3	12	30	0
C4	16	30	0
C5	20	30	0

<b>CIPERMETRINA+ MANCOZEB</b>			
<b>Concentración (g/L)</b>		<b>N° de lombrices</b>	<b>N° de individuos muertos</b>
C0	0.0	30	0
C1	5.5	30	4
C2	11.0	30	8
C3	16.5	30	12
C4	22.0	30	18
C5	27.5	30	20

### **Anexo 17: Control de pH**

	<b>REPETICIÓN 1</b>			<b>REPETICIÓN 2</b>			<b>REPETICIÓN 3</b>		
<b>pH inicial</b>	<b>6.99</b>	<b>6.99</b>	<b>6.99</b>	<b>6.99</b>	<b>6.99</b>	<b>6.99</b>	<b>6.99</b>	<b>6.99</b>	<b>6.99</b>
<b>19/03/2021</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
C0	6.70	6.75	6.81	6.79	6.96	6.99	6.75	6.75	6.80
C1	6.59	6.83	6.81	6.75	6.96	6.90	6.83	6.83	6.75
C2	6.56	6.85	6.86	6.70	7.00	6.89	6.85	6.86	6.70
C3	6.54	6.75	6.84	6.65	7.00	6.73	6.75	6.84	6.65
C4	6.60	6.75	6.79	6.60	6.94	6.83	6.75	6.79	6.60
C5	6.63	6.82	6.74	6.54	7.01	6.93	6.82	6.74	6.54

**P1:** Campal® 250 EC (Insecticida)

**P2:** Dithane™ M-45 NT (Fungicida)

**P3:** Campal® 250 EC + Dithane™ M-45 NT

<b>LÍMITES DE CONFIANZA</b>				
<b>PROBABILIDAD</b>	<b>95% DE LÍMITES DE CONFIANZA PARA CONCENTRACIÓN</b>			
	<b>ESTIMACIÓN</b>	<b>LÍMITE INFERIOR</b>	<b>LÍMITE SUPERIOR</b>	
,010	1924.310	-1403.986	3259.247	
,020	2641.332	-115.145	3784.048	
,030	3096.260	694.652	4124.950	
,040	3438.484	1297.709	4387.517	
,050	3716.857	1782.899	4606.447	
,060	3953.796	2190.895	4797.767	
,070	4161.546	2543.831	4970.313	
,080	4347.560	2855.124	5129.529	
,090	4516.733	3133.525	5279.035	
,100	4672.457	3385.071	5421.379	
,150	5317.196	4360.298	6076.960	
,200	5829.614	5031.893	6701.480	
,250	6269.223	5526.671	7318.653	
,300	6664.005	5917.856	7926.034	
,350	7029.830	6248.087	8521.124	
,400	7376.962	6541.626	9105.624	
,450	7712.816	6812.858	9683.905	
<b>PROBIT</b>	<b>,500</b>	<b>8043.346</b>	<b>7071.080</b>	<b>10261.727</b>
	,550	8373.875	7323.024	10845.827
	,600	8709.729	7574.261	11444.103
	,650	9056.861	7830.134	12066.269
	,700	9422.686	8096.604	12725.119
	,750	9817.468	8381.366	13438.924
	,800	10257.077	8695.846	14236.395
	,850	10769.495	9059.774	15168.582
	,900	11414.234	9514.694	16344.471
	,910	11569.958	9624.176	16628.878
	,920	11739.131	9742.966	16937.995
	,930	11925.146	9873.419	17278.050
	,940	12132.895	10018.928	17658.024
	,950	12369.834	10184.664	18091.604
	,960	12648.207	10379.116	18601.271
	,970	12990.432	10617.819	19228.194
	,980	13445.359	10934.615	20062.096
	,990	14162.381	11432.929	21377.424

<b>LÍMITES DE CONFIANZA</b>			
<b>PROBABILIDAD</b>	<b>95% DE LÍMITES DE CONFIANZA PARA CONCENTRACIÓN</b>		
	<b>ESTIMACIÓN</b>	<b>LÍMITE INFERIOR</b>	<b>LÍMITE SUPERIOR</b>
,010	-7750.770	-18686.020	-1727.143
,020	-4501.710	-14075.094	824.660
,030	-2440.286	-11159.528	2453.616
,040	-889.558	-8973.058	3685.812
,050	371.841	-7199.924	4693.500
,060	1445.489	-5695.318	5555.811
,070	2386.868	-4380.201	6316.016
,080	3229.761	-3206.484	7000.503
,090	3996.339	-2142.638	7626.619
,100	4701.974	-1166.828	8206.421
,150	7623.495	2826.977	10653.268
,200	9945.427	5923.341	12675.730
,250	11937.438	8493.682	14496.887
,300	13726.325	10705.491	16228.777
,350	15383.996	12650.625	17938.070
,400	16956.963	14390.518	19665.869
,450	18478.827	15974.882	21436.538
<b>PROBIT</b> ,500	<b>19976.563</b>	<b>17448.117</b>	<b>23265.143</b>
,550	21474.299	18850.453	25164.648
,600	22996.163	20218.447	27151.686
,650	24569.130	21586.773	29251.053
,700	26226.801	22991.651	31500.601
,750	28015.688	24476.537	33959.415
,800	30007.699	26102.562	36724.887
,850	32329.631	27972.016	39974.259
,900	35251.151	30297.018	44089.909
,910	35956.787	30855.191	45087.349
,920	36723.365	31460.353	46172.149
,930	37566.258	32124.438	47366.267
,940	38507.637	32864.645	48701.383
,950	39581.285	33707.165	50225.779
,960	40842.683	34694.994	52018.771
,970	42393.412	35906.815	54225.618
,980	44454.836	37514.002	57162.953
,990	47703.896	40040.266	61799.418

### Anexo 18: Control de temperatura

	REPETICIÓN 1			REPETICIÓN 2			REPETICIÓN 3		
<b>5/02/2021</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
C0	20.8	20.7	20.7	20.6	20.4	20.5	20.6	20.0	20.6
C1	20.7	20.6	20.6	20.5	20.4	20.4	20.5	20.4	20.6
C2	20.6	20.5	20.5	20.5	20.4	20.3	20.5	20.4	20.5
C3	20.5	20.4	20.4	20.4	20.3	20.3	20.4	20.3	20.4
C4	20.5	20.4	20.4	20.4	20.3	20.3	20.4	20.3	20.4
C5	20.5	20.4	20.4	20.4	20.3	20.3	20.4	20.3	20.4
<b>12/02/2021</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
C0	20.4	20.4	20.3	20.2	20.2	20.1	20.1	20.1	20.2
C1	20.2	20.1	20.1	20.0	19.9	19.9	20.1	20.1	20.2
C2	20.2	20.1	20.0	20.0	19.9	19.9	20.0	20.1	20.2
C3	20.1	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	20.0	20.0	20.2
C4	20.0	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	20.0	20.0	20.1
C5	20.0	19.9	19.9	19.9	19.9	19.8	20.0	20.0	20.1
<b>19/02/2021</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
C0	21.3	21.2	21.2	21.2	21.0	21.0	20.8	20.7	20.8
C1	21.2	21.0	21.1	21.0	20.8	20.9	20.7	20.5	20.6
C2	21.1	21.0	21.1	21.0	20.7	20.9	20.6	20.5	20.6
C3	21.0	20.8	20.9	20.9	20.7	20.8	20.6	20.5	20.6
C4	20.9	20.7	20.9	20.8	20.7	20.8	20.5	20.5	20.6
C5	20.8	20.6	20.8	20.8	20.6	20.7	20.5	20.5	20.6
<b>26/02/2021</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
C0	18.9	18.8	18.7	18.6	18.5	18.4	18.3	18.2	18.2
C1	18.6	18.6	18.7	18.3	18.1	18.2	18.0	18.0	18.0
C2	18.6	18.4	18.4	18.3	18.1	18.2	18.0	18.0	18.0
C3	18.5	18.2	18.2	18.2	18.0	18.1	17.9	17.9	17.9
C4	18.3	18.1	18.2	18.1	18.0	18.1	17.9	17.9	17.9
C5	18.2	18.1	18.1	18.1	18.0	18.0	17.9	17.9	17.9

**P1:** Campal® 250 EC (Insecticida)

**P2:** Dithane™ M-45 NT (Fungicida)

**P3:** Campal® 250 EC + Dithane™ M-45 NT

### Anexo 19: Control de humedad

	REPETICIÓN 1			REPETICIÓN 2			REPETICIÓN 3		
Humedad inicial	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%
<b>26/02/2021</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
C0	67%	68%	67%	68%	68%	68%	68%	68%	68%
C1	67%	68%	67%	68%	68%	68%	68%	68%	68%
C2	67%	68%	67%	68%	68%	68%	68%	68%	68%
C3	67%	68%	67%	68%	68%	68%	68%	68%	68%
C4	67%	68%	67%	68%	68%	68%	68%	68%	68%
C5	67%	68%	67%	68%	68%	68%	68%	68%	68%
<b>12/02/2021</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
C0	64%	65%	64%	64%	65%	64%	65%	65%	65%
C1	64%	65%	64%	64%	65%	64%	65%	65%	65%
C2	64%	65%	64%	64%	65%	64%	65%	65%	65%
C3	64%	65%	64%	64%	65%	64%	65%	65%	65%
C4	64%	65%	64%	64%	65%	64%	65%	65%	65%
C5	64%	65%	64%	64%	65%	64%	65%	65%	65%
<b>19/02/2021</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
C0	61%	63%	61%	63%	64%	63%	64%	64%	64%
C1	61%	63%	61%	63%	64%	63%	64%	64%	64%
C2	61%	63%	61%	63%	64%	63%	64%	64%	64%
C3	61%	63%	61%	63%	64%	63%	64%	64%	64%
C4	61%	63%	61%	63%	64%	63%	64%	64%	64%
C5	61%	63%	61%	63%	64%	63%	64%	64%	64%
<b>26/02/2021</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
C0	56%	58%	59%	57%	58%	59%	58%	60%	59%
C1	56%	58%	59%	57%	58%	59%	58%	60%	59%
C2	56%	58%	59%	57%	58%	59%	58%	60%	59%
C3	56%	58%	59%	57%	58%	59%	58%	60%	59%
C4	56%	58%	59%	57%	58%	59%	58%	60%	59%
C5	56%	58%	59%	57%	58%	59%	58%	60%	59%

**P1:** Campal® 250 EC (Insecticida)

**P2:** Dithane™ M-45 NT (Fungicida)

**P3** Campal® 250 EC + Dithane™ M-45 NT



## Anexo 20: Panel Fotográfico

- **Fase de Campo:** Encuestas, identificación de parcelas y toma de muestras de la macrofauna del suelo en los cultivos de papa.



**Fotografía A, B, C y D.** Encuestas a pobladores de los distritos de Conila y Trita.

- **Identificación de las áreas de estudio**



**Fotografía A y B.** Identificación de parcelas con cultivo de parcela de papa en etapa inicial en el distrito de Conila (1 mes y medio)



## Toma de muestra de la macrofauna del suelo

### Método de muestro por Trampas de caída y monolitos.



**Fotografía A y B:** Excavación e instalación de la trampa, agregando el alcohol combinado con jabón líquido, protegiendo y asegurando el techo de la trampa; **C y D:** Excavación de acuerdo a las medidas del monolito, verificación, conteo y traslado de organismos encontrados en el monolito.



- **Fase de laboratorio:** Identificación de especies recolectadas en los muestreos de macrofauna del suelo y Bioensayo de toxicología.



**Fotografía A:** Frascos traídos de campo, **B:** Limpieza y traslado de la muestra a un frasco limpio, **C:** Traslado del organismo a las placas Petri para llevarlas al estereoscopio y realizar su identificación, **D:** Organismo identificado, **E:** Selección de organismos identificados y clasificados por familia.



**Fotografía** A: *Phleothripidae*, B: *Platygastridae*, C: *Coccinellidae*, D: *Drosophilidae*, E: *Lampyridae*, F: *Aranaeae*, D: *Cecidomyiidae*, E: *Poduromorpha*