

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES**



Evaluación de *Lumbricus* spp. como bioindicador de un suelo  
contaminado con butaclor a nivel de invernadero

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

**AUTORES**

Kathia Joselin Constantino Mas

Donaldo Pérez Pedraza

**ASESORES**

Carlos Hugo Egoávil De La Cruz

Johnny Souza Pérez

Rioja, Perú

2024

## METADATOS COMPLEMENTARIOS

### Datos de los Autores

#### Autor 1

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

#### Autor 2

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

#### Autor 3

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

#### Autor 4

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

---

### Datos de los Asesores

#### Asesor 1

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (Obligatorio)	

#### Asesor 2

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (Obligatorio)	

### Datos del Jurado

#### Presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

#### Segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

#### Tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

### Datos de la Obra

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

**\*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesauro).**

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 027 - 2024/UCSS/FCAA/DI

Siendo las 03:00 p.m. del jueves 30 de mayo de 2024 a través de la plataforma virtual zoom de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis integrado por:

- |                                    |                 |
|------------------------------------|-----------------|
| 1. Amada Victoria Larco Aguilar    | presidente      |
| 2. Armando Chiclla Salazar         | primer miembro  |
| 3. Elvira Teófila Castañeda Chirre | segundo miembro |
| 4. Carlos Hugo Egoávil de la Cruz  | asesor(a)       |

Se reunieron para la sustentación virtual de la tesis titulada:

**Evaluación de *Lumbricus* spp. como bioindicador de un suelo contaminado con butaclor a nivel de invernadero**

Que presentan los bachilleres en **Ciencias Ambientales**:

**Kathia Joselin Constantino Mas**  
**Donaldo Pérez Pedraza**

Cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el jurado acuerda:

APROBAR                    **X**

DESAPROBAR            ...

La tesis, con el calificativo de **BUENA** y eleva la presente acta al decanato de la **Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales**, a fin de que se declare **EXPEDITA** para conferirle el **TÍTULO** de **INGENIERO AMBIENTAL**.


Lima, 30 de mayo de 2024.



Amada Victoria Larco Aguilar  
Presidente



Armando Chiclla Salazar  
1° miembro



Elvira Teófila Castañeda Chirre  
2° miembro



Carlos Hugo Egoávil de la Cruz  
Asesor(a)

**Anexo 2**

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR DE TESIS CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

Nueva Cajamarca, 23 de setiembre del 2024.

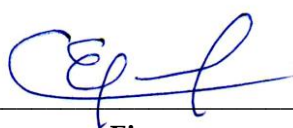
Señor(a),  
Wilfredo Mendoza Caballero  
Jefe del Departamento de Investigación  
Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que **la tesis**, bajo mi asesoría, con **título:** Evaluación de *Lumbricus* spp. como bioindicador de un suelo contaminado con butaclor a nivel de invernadero, presentado por la **Bach. Kathia Joselin Constantino Mas**, con código de estudiante 2015101973 y DNI 73890490 y el **Bach. Donaldo Pérez Pedraza**, con código de estudiante 2015102048 y DNI 71779160, para optar el **título profesional** de Ingeniero Ambiental ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud del 7 %**. Por tanto, en mi condición de asesor(a), firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



Firma

**Carlos Hugo Egoávil de la Cruz**

DNI N°: 09887433

ORCID: 0000-0002-8496-7205

Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales - UCSS

\* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación va dedicado en primer lugar a mi Madre Juana, quien con su esfuerzo y dedicación hizo de mí una persona de bien, confió en mí y nunca dudo de mis capacidades de superación. A mi padre Matías que, a pesar de la distancia siempre estuvo ahí conmigo apoyándome en todo momento. A mis hermanos Watson, Johana y Joel, que siempre me mostraron su apoyo incondicional durante toda mi etapa de formación universitaria. A mi tía Marveli, mi tío Velmer y a una persona muy especial, que siempre estuvieron ahí apoyándome y brindándome su apoyo moral e incondicional, para poder seguir adelante cumpliendo mis metas.

Kathia Joselin Constantino Mas

Dedico este trabajo a mis padres Hilma Pedraza Soberón y Antero Pérez Cabrera por brindarme su apoyo incondicional, por inculcar en mí unos muy buenos valores y por sus consejos y enseñanzas impartidas que me ayudaron a ser una persona perseverante, a crecer y superarme día a día en las diferentes etapas de mi vida. A mi hermana que desde un inicio siempre estuvo pendiente de mí y presta a ayudarme y a todos mis familiares que de una u otra manera estuvieron siempre presentes dándome su apoyo para mejorar como ser humano y cumplir todos mis objetivos académicos.

Donaldo Pérez Pedraza

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, nuestro agradecimiento a Dios por permitirnos llegar hasta esta etapa de nuestras vidas y por darnos la oportunidad de concretar un objetivo más en nuestra formación académica.

A la Universidad Católica Sedes Sapientiae, por darnos la oportunidad de formar parte de su familia universitaria y a todos los docentes por impartirnos sus conocimientos y los que nos han ayudado a desarrollarse profesionalmente.

Al Ing. Carlos Hugo Egoávil De la Cruz y al Ing. Johnny Souza Pérez, por su constante apoyo y paciencia en la realización de este trabajo de investigación, y por sus recomendaciones que fueron de gran ayuda para lograr concluir esta última etapa de nuestra formación universitaria.

También a todos nuestros amigos que estuvieron brindándonos su apoyo moral para superar los diferentes obstáculos que se presentaron a lo largo de nuestra etapa de formación académica.

# ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág</b>
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE APÉNDICES.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.1.1. Internacional.....	4
1.1.2. Nacional.....	13
1.2. Bases teóricas especializadas.....	15
1.2.1. Suelos.....	15
1.2.2. Contaminación del suelo.....	15
1.2.3. Organismos de suelo como bioindicadores.....	16
1.2.4. Las lombrices como bioindicadores.....	17
1.2.5. Plaguicidas.....	21
1.2.6. Comportamiento ambiental de los plaguicidas.....	23
1.2.7. Butaclor.....	25
1.2.8. Comercialización del butaclor a nivel latinoamericano y Perú.....	26
1.2.9. Evaluación de la eficacia de un producto fitosanitario.....	27
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
2.1. Diseño de la investigación.....	29
2.2. Lugar y fecha.....	29
2.3. Materiales y equipos.....	31
2.3.1. Materiales.....	31
2.3.2. Equipos.....	31
2.4. Descripción del experimento.....	31
2.5. Tratamientos.....	36
2.6. Unidades experimentales.....	36



2.7. Identificación de las variables y su mensuración .....	37
2.8. Diseño estadístico del experimento .....	37
2.9. Análisis estadísticos de datos .....	38
CAPÍTULO III: RESULTADOS .....	39
3.1. Porcentaje de mortandad de la población de <i>Lumbricus</i> spp. a la aplicación al suelo de tres dosis de butaclor .....	39
3.2. Porcentaje de eficacia de las diferentes dosis del herbicida butaclor sobre la población de <i>Lumbricus</i> spp. en un suelo agrícola, evaluadas cada tres días. ....	41
3.3. Tiempo en que el butaclor hace efecto sobre la población inicial de lombrices .....	43
CAPÍTULO IV: DISCUSIONES .....	47
4.1. Porcentaje de mortandad de la población de <i>Lumbricus</i> spp. a la aplicación al suelo de tres dosis de butaclor .....	47
4.2. Porcentaje de eficacia de las diferentes dosis del herbicida butaclor sobre la población de <i>Lumbricus</i> spp. en un suelo agrícola, evaluadas cada tres días. ....	48
4.3. Tiempo en que el butaclor hace efecto sobre la población inicial de lombrices .....	48
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES .....	50
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES .....	51
REFERENCIAS .....	52
TERMINOLOGÍA .....	61
APÉNDICES .....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. <i>Tipos de lombrices de tierra</i> .....	18
Tabla 2. <i>Propiedades físico-químicas del butaclor</i> .....	25
Tabla 3. <i>Tratamientos experimentales y dosis respectivas</i> .....	36
Tabla 4. <i>VARIABLES y su mensuración</i> .....	37
Tabla 5. <i>Análisis de Varianza del BCA</i> .....	38
Tabla 6. <i>Promedio del porcentaje de mortandad lo largo del periodo de evaluación (11 fechas)</i> .....	39
Tabla 7. <i>Análisis de la Varianza del porcentaje de mortandad a las dosis aplicadas de butaclor</i> .....	40
Tabla 8. <i>Prueba de Tukey sobre el promedio de mortandad a las dosis aplicadas de butaclor</i> .....	40
Tabla 9. <i>Promedio del porcentaje de eficacia, según Henderson-Tilton, en el periodo de evaluación</i> .....	42
Tabla 10. <i>Análisis de la Varianza del porcentaje de eficacia, según Henderson-Tilton</i> ....	42
Tabla 11. <i>Prueba de Tukey sobre el promedio de eficacia a las dosis aplicadas de butaclor</i> .....	42
Tabla 12. <i>Promedio de eficacia (Henderson-Tilton) a las dosis aplicadas de butaclor</i> .....	43
Tabla 13. <i>Análisis de la Varianza de la eficacia de la dosis de 2 L*ha<sup>-1</sup> de butaclor</i> .....	45
Tabla 14. <i>Análisis de la Varianza de la eficacia de la dosis de 3 L*ha<sup>-1</sup> de butaclor</i> .....	45
Tabla 15. <i>Análisis de la Varianza de la eficacia de la dosis de 4 L*ha<sup>-1</sup> de butaclor</i> .....	45
Tabla 16. <i>Resumen de pruebas de Tukey en el promedio de eficacia a las dosis aplicadas (0,05)</i> .....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<i>Figura 1.</i> Plantas bioindicadoras .....	16
<i>Figura 2.</i> Estructura química del butaclor.....	26
<i>Figura 3.</i> Producción y ventas de plaguicidas químicos de uso agrícola por tipo de control e ingrediente activo – Año 2016.....	27
<i>Figura 4.</i> Ubicación geográfica de la ciudad de Nueva Cajamarca y Área de experimento.....	30
<i>Figura 5.</i> Gráfico que muestra las dimensiones de los envases utilizados.....	34
<i>Figura 6.</i> Conteo de lombrices de cada maceta.....	35
<i>Figura 7.</i> Prueba de Tukey sobre los promedios de mortandad a las dosis aplicadas .....	41
<i>Figura 8.</i> Prueba de Tukey sobre los promedios de eficacia (Henderson-Tilton) a las dosis aplicadas de butaclor.....	43
<i>Figura 9.</i> Eficacia (Henderson-Tilton) a partir del día de su evaluación (T6), según dosis .....	44

## ÍNDICE DE APÉNDICES

	<b>Pág.</b>
Apéndice 1. Galería Fotográfica.....	63
Apéndice 2. Número de individuos encontrados en los periodos de evaluación, once intervalos cada 3 días después de aplicar los tratamientos de butaclor.....	67
Apéndice 3. Susceptibilidad a la aplicación de los tratamientos de butaclor, porcentaje de individuos ausentes respecto a la evaluación anterior, en los once intervalos de evaluación .....	68
Apéndice 4. Cálculo de las dosis empleadas y volumen de agua.....	69
Apéndice 5. Porcentaje de mortandad al butaclor durante los días de evaluación.....	70
Apéndice 6. Mortandad a la aplicación de los tratamientos de butaclor, número de individuos ausentes respecto a la evaluación anterior, en los once intervalos de evaluación .....	71
Apéndice 7. Base de datos utilizada en el análisis estadístico del estudio .....	72
Apéndice 8. Resultados del análisis físico-químico del sustrato inicial utilizado en el presente estudio .....	79
Apéndice 9. Resultados de los análisis físico-químico del sustrato final utilizado en el presente estudio, según tratamiento.....	80
Apéndice 10. Contenido de nutrientes del suelo versus porcentaje de susceptibilidad.....	84
Apéndice 11. Hoja Técnica del herbicida butaclor.....	87

## RESUMEN

A fin de apreciar la utilidad de la *Lumbricus* spp. como bioindicador para evaluar la contaminación del suelo por butaclor en la provincia de Rioja, se realizó bioensayos en invernadero bajo un diseño experimental en DBCA en macetas, utilizando suelo de bosque secundario para evaluar mortandad y eficacia del herbicida butaclor sobre la lombriz en un periodo de 33 días. Se aplicaron cuatro tratamientos de butaclor, dosis de 2 L\*ha<sup>-1</sup> (T2), 3 L\*ha<sup>-1</sup> (T3) y 4 L\*ha<sup>-1</sup> (T4) contra una muestra control (T1); con cuatro repeticiones cada uno. El análisis estadístico de los resultados se efectuó mediante el ANVA y los promedios de los tratamientos se comparó mediante Tukey al 5 % de significancia, empleando el software InfoStat (versión 2020). Los resultados de mortandad para la población de lombrices mostraron mayor significancia en los tratamientos T2, T3 y T4 con porcentajes promedios de 31,86; 22,37 y 28,53 %. Asimismo, los valores de eficacia sobre la población de *Lumbricus* spp., se evaluaron mediante la fórmula de Henderson-Tilton, observándose que T2 mostró más eficacia durante el periodo de evaluación, todas las dosis aplicadas tuvieron semejanza estadística en eficacia sobre las lombrices, el valor de la dosis del T3 fue ligeramente menor a T2 y T4. Los factores tiempo y dosis mostraron resultados significativos, a los tres días se observó mayor mortandad de lombrices respecto a los demás días, a través del valor eficacia se evidenció que el periodo de evaluación más resaltante fue entre los 12 días (25,03 % para T4) y 15 días (39.81 % para T2). La investigación concluyó en que si se puede utilizar la especie *Lumbricus* spp. como bioindicador para evaluar la contaminación del suelo por butaclor.

**Palabras claves:** *Bioensayos, butaclor, eficacia, Lumbricus spp, mortandad, supervivencia.*

## ABSTRACT

In order to assess the usefulness of *Lumbricus* spp. as a bioindicator to evaluate soil contamination by butachlor in the province of Rioja, greenhouse bioassays were conducted under a DBCA experimental design in pots, using secondary forest soil to evaluate mortality and efficacy of butachlor herbicide on the earthworm over a period of 33 days. Four treatments of butachlor were applied, doses of 2 L\*ha<sup>-1</sup> (T2), 3 L\*ha<sup>-1</sup> (T3) and 4 L\*ha<sup>-1</sup> (T4) against a control sample (T1); with four replicates each. The statistical analysis of the results was carried out by ANOVA and the averages of the treatments were compared by Tukey at 5% significance, using InfoStat software (version 2020). The mortality results for the earthworm population showed greater significance in treatments T2, T3 and T4 with average percentages of 31.86; 22.37 and 28.53 %. Likewise, the efficacy values on the population of *Lumbricus* spp. were evaluated using the Henderson-Tilton formula, showing that T2 showed more efficacy during the evaluation period, all the doses applied were statistically similar in efficacy on the earthworms, the value of the dose of T3 was slightly lower than T2 and T4. The time and dose factors showed significant results, at three days a greater mortality of earthworms was observed with respect to the other days, through the efficacy value it was evidenced that the most outstanding evaluation period was between 12 days (25.03 % for T4) and 15 days (39.81 % for T2). The research concluded that the species *Lumbricus* spp. can be used as a bioindicator to evaluate soil contamination by butachlor.

**Key words:** *Bioassays, butachlor, efficacy, Lumbricus spp, mortality, survival.*

## INTRODUCCIÓN

Anzalone (2007) refiere que la actividad agrícola ha ido creciendo a un ritmo muy acelerado llevando con todo esto al uso excesivo de productos de síntesis química como los herbicidas y fungicidas, entre otros, trayendo consigo diferentes problemas; dentro de los cuales se encuentra las alteraciones ocasionadas a la macrofauna del suelo, que parece ser un tema no tan considerable, pero resulta ser de vital importancia para mantener el equilibrio del suelo. En la actualidad se tiene al alcance una gran cantidad de investigaciones que giran en torno a los efectos nocivos hacia las lombrices de tierra por parte de los distintos productos químicos que cumplen la función de plaguicidas en diversos campos de la agricultura, teniendo en cuenta que las poblaciones de la mencionada especie son consideradas como organismos que tienen una gran importancia ecológica tanto porque son un indicador de la calidad de suelo y por su grado de sensibilidad a la contaminación del suelo (Mamani 2019).

Para Sotelo (2019) la creciente producción de alimentos que proceden del sector agropecuario se debe al incremento poblacional, entre otros elementos, lo cual ha obligado a la aplicación de productos químicos a los cultivos, muchos de ellos que fácilmente no se degradan en el suelo, utilizados para eliminar las malas hierbas y controlar las malezas que se adhieren a los cultivos; originando problemas ambientales, como la contaminación de los suelos. Así mismo, Datta *et al.* (2016), mencionan que el mundo necesita un ecosistema saludable que proporcione suelos fértiles, agua limpia, alimentos y otros recursos naturales; pero las actividades antropogénicas han llevado a un acelerado incremento de la contaminación de nuestro planeta tierra. La intensificación de las prácticas industriales y agrícolas, principalmente la utilización de pesticidas ha hecho que casi todos los recursos naturales sean afectados.

Wang *et al.* (2013) mencionan que el butaclor es un herbicida sistémico selectivo, el cual ha sido empleado ampliamente desde la década de 1970 con el fin de controlar las gramíneas anuales y las malezas de hoja ancha en los arrozales y en los sistemas de cultivos de tierras secas, al igual que otros herbicidas agrícolas. El butaclor simboliza una amenaza para las especies no objetivo en las áreas afectadas, ante ello, los autores mencionan que en aquellos

espacios en los cuales se ha usado este herbicida por un período prolongado, las malezas tienden a desarrollar resistencia a este producto químico; es ahí donde los agricultores con el fin de lograr un control efectivo de malezas, generalmente aumentan la dosis de aplicación de herbicida. Todo esto trae como consecuencia directa un incremento en la concentración de herbicida residual tanto en el agua como en el suelo, lo cual representa una amenaza significativa para los ecosistemas adyacentes.

Este trabajo de investigación tiene una gran importancia ya que sirvió para determinar que la *Lumbricus* spp. es un organismo biológico muy sensible y con la capacidad de identificar un suelo contaminado por el producto químico empleado, así mismo, se determinó el porcentaje de mortandad como también la eficacia del herbicida butaclor sobre la lombriz de tierra ante las diferentes dosis aplicadas. Adicionalmente a ello mediante pruebas de laboratorio se realizó el análisis del suelo de cada tratamiento, lo que nos permitió conocer con mayor certeza que los valores de nitrógeno, fósforo y potasio sufrieron alteraciones considerables respecto a los datos obtenidos inicialmente.

La presente investigación tiene como principal objetivo evaluar la utilización de la población de *Lumbricus* spp. como bioindicador para un suelo contaminado por el ingrediente activo butaclor (herbicida). Todo esto debido principalmente a que en los últimos años en la región San Martín se ha podido evidenciar la alta demanda de productos químicos dentro de los cuales está el butaclor, que se utilizan en las actividades agrícolas para el control de diversas plagas que atacan a los cultivos. Ante esta realidad es indispensable obtener información más verídica para determinar con mayor precisión los impactos negativos a la macro fauna del suelo que ocasiona el uso desmedido del producto químico seleccionado para el presente estudio, así mismo, la investigación permitió contar con datos reales para conocer la importancia que tiene la lombriz de tierra en la fertilidad del suelo, además de que los resultados obtenidos serán de mucha utilidad para próximos estudios enfocados en determinar consecuencias negativas de los productos químicos agrícolas, como también para poder aplicar medidas de control eficaces.



## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar la utilización de la población de *Lumbricus* spp. como bioindicador para un suelo contaminado por el herbicida butaclor.

### **Objetivos específicos**

- Determinar el porcentaje de mortandad de la población de *Lumbricus* spp. a la aplicación al suelo de tres dosis de butaclor, a fin de proponerlo como posible bioindicador a toxicidad.
- Evaluar el porcentaje de eficacia de las diferentes dosis del herbicida butaclor sobre la población de *Lumbricus* spp. en un suelo agrícola, registradas cada tres días.
- Determinar el tiempo en que alguna de las dosis de butaclor hace efecto sobre la población inicial de lombrices.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes

#### 1.1.1. Internacionales

Hodson *et al.* (2023), realizaron su el artículo titulado “El aumento del crecimiento de las plantas en presencia de lombrices de tierra se correlaciona con cambios en el microbiota del suelo, pero no con la disponibilidad de nutrientes”, Reino Unido. En este estudio cultivaron diferentes cepas de trigo en presencia y ausencia de la lombriz endogea *Allolobophora chlorotica* Savigny y bajo regímenes de riego regulares o de sequía, para tal caso, seleccionaron cinco variedades diferentes de trigo y un total de 120 lombrices adultas. Evaluaron el microbioma del suelo, el crecimiento de las plantas junto con el contenido y disponibilidad de nutrientes en el suelo. El ensayo fue ejecutado con 20 tratamientos y cuatro repeticiones, siendo un total de 80 unidades experimentales y el periodo de duración fue de 53 días. Para el análisis de datos utilizaron SigmaPlot para Windows 14,5 mediante un análisis de varianza de tres vías (ANOVA), seguido de pruebas post hoc de Holm-Sidak con las cuales compararon entre tratamientos, la normalidad y varianzas iguales fue evaluado mediante las pruebas de Shapiro-Wilks y Brown-Forsythe. Los resultados indicaron que hubo diferencias en la supervivencia entre los tratamientos de riego; el número promedio de lombrices fue de  $2,4 \pm 0,8$  en los tratamientos con riego y  $1,0 \pm 1,1$  en los tratamientos secos. Durante los 53 días la masa de las lombrices aumentó a  $0,315 \pm 0,080$  g en los tratamientos regados y disminuyó a  $0,112 \pm 0,029$  g en los tratamientos secos respecto a la masa inicial ( $0,197 \pm 0,046$  g). Los nutrientes en la planta, nitrógeno (N), fósforo (P), y silicio (Si), no mostraron un patrón consistente con los tratamientos, pero el total de N, P y Si de la planta reflejaron la biomasa de la planta y disminuyeron en los tratamientos con riego y presencia de lombriz más que en los tratamientos en secano y ausencia de lombriz; así mismo, reportaron un 0,30 % de fósforo en el suelo húmedo con lombrices y 0,32 % en suelo húmedo sin lombrices; así como 0,31 % de fósforo en suelo seco con lombrices y 0,30 % en suelo seco sin lombrices. Los autores concluyeron que las lombrices de tierra pueden mejorar el

crecimiento de las plantas, comúnmente debido a la mayor disponibilidad de nitratos producto de la degradación acelerada de la materia orgánica, cambios en el microbioma del suelo y la disponibilidad de otros nutrientes (P, Si).

Mehran y Fatemeh (2023) ejecutaron un trabajo de investigación “Toxicidad comparativa del butaclor fresco y caducado para las lombrices de tierra *Eisenia fétida* Savigny en suelo natural: respuestas de biomarcadores”, Shahr-e Kord, Irán. El propósito fue comparar los cambios en los biomarcadores de estrés oxidativo en lombrices de tierra *Eisenia fetida* bajo la exposición de butaclor fresco y caducado en un suelo natural. El experimento consistió en cuatro tratamientos con cuatro repeticiones, por cada unidad experimental, en la que utilizaron 500 g de suelo más 20 lombrices adultas con un peso de 350 y 400 mg; además de las respectivas concentraciones subletales (1/5, 1/10 y 1/20 de CL<sub>50</sub>) por un periodo de ocho días. Para el análisis de datos estadísticos aplicaron la prueba de Kolmogorov-Smirnov, con la cual examinaron la normalidad de distribución de las variables y con el fin de buscar las diferencias entre las medias de los tratamientos realizaron el análisis de varianza unidireccional (ANOVA) y la prueba HSD de Tukey con el 95 % de nivel de confianza ( $p < 0,05$ ), para ello utilizaron el software SPSS (2019 v26). Los resultados indicaron que el butaclor fresco y vencido ocasionaron daños oxidativos y alteraciones en los tejidos de las lombrices en mayor incidencia el fresco sobre el vencido, particularmente al final de ocho días. Los autores concluyeron que los valores de CL<sub>50</sub> obtenidos para el butaclor fresco y caducado ( $\leq 440$  y  $\leq 471$ ) mg\*kg de suelo seco, respectivamente, hacen que la formulación caducada sea más tóxica para las lombrices de tierra utilizadas.

Rubiano (2019) desarrolló un estudio denominado “Evaluación ecotoxicológica de plaguicidas sobre *Eisenia fetida*”, Chía, Colombia. El objetivo fue determinar el efecto ecotoxicológico del plaguicida con compuesto activo procloraz sobre la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*). Esta investigación fue de tipo experimental, en la que consideró un diseño completamente al azar. La metodología consistió en realizar una prueba de toxicidad, para la cual empleó cinco tratamientos con cuatro repeticiones, en cada una de las 20 unidades experimentales colocó 10 lombrices, 15 mL de agua más las dosis correspondientes del plaguicida (0,4; 0,8; 1,2; 1,6 y 2 cc.L<sup>-1</sup>). El análisis estadístico fue a través del software IRMA-QCal, con el cual calculó las curvas de dosis-respuestas y generó

los valores de dosis letal media ( $DL_{50}$ ) y dosis letal al 90 por ciento ( $DL_{90}$ ), así mismo, aplicó la prueba de Kruskal-Wallis con el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI (Versión 16.1.11) para establecer la relación entre las dosis con la biomasa y el número de Ootecas. Los resultados evidenciaron que mientras más incrementaba las concentraciones del producto químico, los efectos toxicológicos fueron más notorios. El estudio concluyó que los individuos utilizados son capaces de sobrevivir ante una exposición crónica al procloraz, pero con el inconveniente de que limitan otros procesos esenciales tales como la alimentación; que implica reducción en la biomasa y en la concepción de huevos generando un problema de mayor magnitud que tiene que ver con la reproducción de la especie.

Mamani (2019) realizó la investigación “El uso de *Lumbricus terrestris* Linneo. como bioindicador de suelos contaminados”, ejecutada en Barcelona, España. El objetivo fue el estudio de las enzimas de hidrolisis de detoxificación como la acetilcolinesterasa (AChE), glutation-S-transferasa (GST) carboxilesterasas (CE) como biomarcadores para determinar si existe alguna potencial afectación fisiológica y el grado de activación de cada enzima en la especie de *Lumbricus terrestris*. En el estudio desarrolló dos experimentos bajo condiciones controladas, a una temperatura de 15 °C y en oscuridad, en el primer ensayo empleó lamotrigina, fipronil, cocaína, BNPP ( $1 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ ), y adicionalmente un tratamiento control (no expuesto) más un total de 40 especímenes de lombrices; mientras que el segundo experimento fue ejecutado teniendo en cuenta la toxicidad del fipronil y aplicó cinco concentraciones ( $0,03125$ ;  $0,0625$ ;  $0,125$ ;  $0,25$  y  $0,5 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ ) junto con 36 individuos de lombrices. Los datos obtenidos fueron analizados mediante la prueba no paramétrica Wilcoxon, teniendo en cuenta un valor de  $p < 0,05$  y utilizó para ello el software SPSS v24. Los resultados registraron que al contrastar los controles y las lombrices de tierra que estaban expuestas a los contaminantes mostraron diferencias significativas en aquellos expuestos al pesticida BNPP para la actividad CE, al usarse los sustratos 1NB y p-NPB. Este último sustrato le resultó siendo el más sensible ya que también observó diferencias significativas entre los especímenes expuestos a la cocaína, sin embargo, cuando probó diferentes concentraciones de fipronil, encontró diferencias significativas en AChE solo en concentraciones de  $0,125$  y  $0,25 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ . El estudio concluyó que para que se pueda evaluar la actividad de la CE es muy recomendable usar variedad de sustratos, utilizar el homogenizado de todo el tejido y hacer la evaluación combinando con otros biomarcadores tales como la AChE y la GST.

Medina y Vélez (2018) desarrollaron un trabajo de investigación denominado “Evaluación de la calidad del suelo por el empleo de agroquímicos en sistemas productivos de arroz y plátano de la trocha cuatro del municipio de Granada”, Meta, Colombia. El objetivo fue evaluar la calidad del suelo por empleo de agroquímicos, en los cultivos de arroz y plátano de la trocha cuatro del municipio de Granada, determinando las propiedades químicas y la presencia de invertebrados (lombriz de tierra). Este proyecto fue desarrollado en dos predios (finca La Montaña y Pensilvania), en la finca La Montaña, escogieron seis lotes con cultivos de arroz y en la finca Pensilvania cinco lotes (cuatro con cultivo de plátano y uno en estado barbecho). La metodología aplicada en esta investigación fue dividida en tres fases: caracterización de los sistemas productivos, muestras y mediciones, y finalmente una fase de evaluación de calidad del suelo. En la primera fase realizaron visitas de reconocimiento y aplicación de encuestas, las cuales utilizaron para la selección de los predios modales; la fase dos les permitió valorar y describir los parámetros biológicos, químicos y la textura del suelo por el método de Bouyoucos y en la fase final determinaron los valores de pH, MO, K, P, así como la presencia de lombrices de tierra. Para el análisis estadístico de los datos, utilizaron el software IBM SPSS Statistic, con el que calcularon el coeficiente de correlación Pearson para la comparación de los lotes ocupados por los cultivos (arroz y plátano) con el lote en estado barbecho. Los resultados que obtuvieron con esta investigación fueron: el rango de potasio fue muy bajo, en el caso del fósforo solamente en el cultivo de arroz se obtuvieron valores superiores a los 40 ppm, la materia orgánica fue muy deficiente en las áreas de ambos cultivos, adicionalmente a ello corroboraron la nula existencia de la lombriz de tierra en el lote con cultivo de arroz y poca presencia en el cultivo de plátano y en cuanto a los valores de pH estuvo en un rango entre 5 y 6,2. Los autores concluyeron que la agricultura convencional tiene un impacto negativo para la calidad del suelo, todo esto debido al uso desmedido de los agroquímicos los cuales causan un impacto negativo directo a la biota del suelo.

Castillo *et al.* (2016) desarrollaron un estudio toxicológico denominado “Efectos letales y subletales de cinco plaguicidas utilizados en el cultivo de arroz sobre la lombriz de tierra *Eisenia fetida*”, en Alcalá de Henares, Madrid, España. El objetivo fue investigar la toxicidad de cinco pesticidas típicamente utilizados en el cultivo de arroz sobre la lombriz de tierra *Eisenia fetida* e identificar biomarcadores enzimáticos e histopatológicos efectivos para evaluar su contaminación en condiciones de campo. El estudio fue experimental, para

el cual emplearon 10 individuos de *Eisenia fetida* en cada recipiente de prueba. La metodología que aplicaron consistió en realizar pruebas en triplicado con cinco niveles de tratamiento en una serie geométrica ( $n = 3$ ) y un control con cinco replicas ( $n = 5$ ), cada unidad experimental estuvo conformada por recipientes de vidrio de 500 ml, en los cuales colocaron 200 g de suelo artificial enriquecidos con soluciones de plaguicidas empleados (triclorfón, dimetoato, carbendazim, tebuconazol y procloraz). Los puntos finales que evaluaron en este estudio incluyeron: comportamiento de evitación, grado de mortalidad, disminución de peso, actividades enzimáticas (colinesterasa, lactato deshidrogenasa y fosfatasa alcalina) y consecuencias histopatológicas después de transcurridos 14 días de exposición al producto. Los datos obtenidos fueron analizados utilizando un ANOVA unifactorial, seguido de un análisis con la prueba estadística de Fisher; así mismo, utilizaron la prueba de chi-cuadrado con los datos obtenidos del ensayo de comportamiento de evitación, en todas las pruebas estadísticas utilizaron un nivel de significación de 0,05. Los resultados obtenidos dieron a conocer que el carbendazim es un plaguicida altamente tóxico para *Eisenia fetida* ( $DL_{50} = 2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  de peso seco), el insecticida dimetoato ocasionó una toxicidad aguda moderada ( $DL_{50} = 28 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  de peso seco) y los otros plaguicidas mostraron un bajo grado de toxicidad (valores de  $DL_{50}$  superiores a  $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  de peso seco), sin embargo, lograron identificar la pérdida de peso como un punto final sensible, con valores de concentración de efecto no observado (NOEC) aproximadamente dos veces o inferiores a los valores calculados de  $DL_{10}$ . Los autores concluyeron que las investigaciones realizadas hacia los efectos de las actividades enzimáticas y las alteraciones histopatológicas observadas (lesiones musculares circulares y longitudinales, tejidos edematosos, degeneración endotelial y necrosis) de la *Eisenia fetida*, demostraron ser biomarcadores sensibles para hacer un control en la contaminación por pesticidas.

Vandana y Keshav (2016) desarrollaron un estudio denominado “Efecto del herbicida butaclor sobre la lombriz de tierra *Eutyphoeus waltoni* Michaelsen” Gorakhpur, India. El objetivo fue determinar la toxicidad del herbicida butaclor sobre la lombriz *Eutyphoeus waltoni* en diferentes combinaciones de materia prima de estiércol de búfalo con residuos agrícolas en condiciones de laboratorio. En la prueba de toxicidad emplearon una población de 20 lombrices adultas expuestas a concentraciones de herbicida butaclor de 0,3; 0,6; 0,9 y  $1,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , en diferentes combinaciones de materias primas como estiércol de búfalo, paja de trigo, salvado de grano y suelos (arenoso y arcilloso) por un periodo de tiempo de 24 a

240 h. El experimento fue desarrollado con cinco tratamientos (incluido el control) y seis repeticiones por cada tratamiento. Emplearon el análisis estadístico ANOVA unifactorial para el estudio de la diferencia significativa entre LC<sub>50</sub> de las diferentes dosis y tiempo de exposición; el valor de la pendiente fue calculado de acuerdo con el método de los programadores informáticos POLO. Los resultados no registraron mortalidad en grupos de control durante todo el período de estudio y que la toxicidad del butaclor depende tanto del tiempo de exposición como de la dosis contra la lombriz de tierra *E. waltoni* en todos los tratamientos expuestos, así mismo, reportaron que la toxicidad máxima del butaclor fue mayor en los suelos arenosos en todos los periodos de exposición (24, 48, 72, 96, 120 y 240 h), con límites de confianza del 95 % de LC<sub>50</sub>. El valor de t fue mayor que 1,96 y una heterogeneidad menor a 1. El estudio concluyó que, con el adecuado material de alimentación, las lombrices de tierra pueden tolerar el efecto tóxico de los herbicidas.

García *et al.* (2014) en el estudio denominado “Las lombrices modifican la biomasa vegetal y la captura de nitrógeno bajo condiciones de heterogeneidad de nutrientes del suelo y elevadas concentraciones de CO<sub>2</sub>”, Francia; tuvieron como objetivo evaluar la heterogeneidad de los nutrientes del suelo, las lombrices de tierra (*Eisenia fetida*), la calidad del material orgánico (hojas y raíces marcadas con 15N de proporciones C: N contrastantes) y las concentraciones elevadas de CO<sub>2</sub> atmosférico (cámaras de fitotrones). Este estudio fue experimental, en el que emplearon un ANOVA anidado de cinco vías modelo, el cual incluyó la concentración de CO<sub>2</sub>, heterogeneidad de nutrientes (NH), lombrices (E) y calidad del material orgánico (NQ), adicionalmente, emplearon el mismo modelo ANOVA para analizar los efectos de los tratamientos en la proporción de la biomasa de los brotes. Para el análisis estadístico de los datos utilizaron el software SPSS versión 14,0. Los resultados mostraron que alrededor del 60 % de los gusanos agregados se recuperaron al final del experimento, con una reducción promedio de biomasa del 46 % por microcosmos; la absorción de nitrógeno en comparación con los parches fue un 35 % menor en el tratamiento heterogéneo en presencia de lombrices, pero solo un 15 % menor en ausencia de lombrices. Al ser digeridos por lombrices de tierra (*Eisenia fetida*), afectaron la biomasa y redujeron la recuperación de nitrógeno de la materia orgánica en un 26 y 36 %. También encontraron una interacción CO<sub>2</sub>-E significativa (*p* y *L*; 0,01), lo que indica que un mayor contenido de nitrógeno en las hojas en presencia de lombrices de tierra y en condiciones ambientales de CO<sub>2</sub>. Los autores concluyeron que las lombrices de tierra pueden contrarrestar las respuestas

positivas de crecimiento de las plantas a la heterogeneidad del suelo al aumentar la reducción de la disponibilidad de las plantas al estimular la inmovilización microbiana de N, lo que reduce la absorción de las plantas.

Milanović *et al.* (2014) desarrollaron una investigación denominada “Efectos de tres plaguicidas sobre la lombriz de tierra *Eisenia fetida* (Savigny 1826) en condiciones de laboratorio: Evaluación de la mortalidad, biomasa e inhibición del crecimiento”, en Novi Sad, Serbia. El objetivo fue obtener una comprensión más completa de los efectos tóxicos de un insecticida (galition), herbicida (terbis) y limacida (gardene) sobre la especie *Eisenia fetida*, así como para proporcionar datos informativos para su uso en evaluación del riesgo ecológico en el ecosistema del suelo. El estudio fue experimental, para lo cual emplearon 10 individuos de lombrices por cada unidad experimental, la población evaluada fue distribuida en cinco tratamientos, incluido el control, contando cuatro repeticiones por tratamiento. En el análisis estadístico emplearon un ANOVA unifactorial ( $p < 0,05$ ) para determinar los efectos de los plaguicidas en el crecimiento de las lombrices; para la comparación de medias (crecimiento) aplicaron la prueba de Dunnett y para los datos que obtuvieron de la inhibición del crecimiento usaron el Student Newman Keuls. Los resultados mostraron que la concentración más baja (1/4 RAD) del insecticida luego de la exposición de 7 y 14 días no originó muerte, ni tampoco la concentración más elevada del insecticida (4×RAD), después de transcurridos siete días. En cambio, el herbicida de triazina terbis fue el que presentó el mayor grado de toxicidad para el organismo en prueba  $DL_{50}$  ( $1,26 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) y en cuanto a la inhibición del crecimiento en todas las concentraciones fue significativamente positiva, aunque determinaron que *Eisenia fetida* es susceptible al insecticida galition, valor de ( $DL_{50}$  mayor que su RAD); por otra parte, el metaldehído gardena les resultó ecológicamente seguro, (valor de  $DL_{50}$  más alto que su RAD) y el peso no presentó cambio alguno. Los autores concluyeron que cada uno de los pesticidas evaluados mostraron distinto grado de toxicidad para *Eisenia fetida* y que la mortandad aumentó con mayores concentraciones y a mayor tiempo de exposición.

Scharenbroch y Johnston (2011), en el artículo sobre “Estudio de microcosmos de la lombriz de tierra común (*Lumbricus terrestris*) y las propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo urbano diseñado”, Chicago, Estados Unidos; tuvieron como objetivo fue evaluar la



variación de la biomasa de lombrices, las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, la lixiviación de aniones y la salida de C a la superficie. El experimento consistió en un diseño experimental de dos por dos, con dos tratamientos de compactación (con y sin compactación), dos tratamientos de cama (con y sin cama), y dos tratamientos con lombrices (con y sin lombrices), haciendo un total de 15 réplicas de cada una de las ocho combinaciones (incluido el control), para un total de 120 microcosmos los cuales fueron mantenidos en un invernadero a 20 °C con 14 horas de luz y 10 horas de oscuridad, por un periodo de 140 días. Para el estudio de los datos utilizaron un análisis de variancia (ANOVA) con el fin de buscar las diferencias entre medias de los tratamientos; la prueba W de Shapiro-Wilk, con la cual verificaron la normalidad de la distribución de los datos y la prueba de Mann-Whitney y Kruskal-Wallis, para examinar datos anormales, para todo ello emplearon el software SAS JMP 7.0. Los resultados mostraron que las lombrices de tierra redujeron la densidad aparente en el suelo compactado; incremento de la biomasa de las lombrices entre los 7 a 14 días (aumento del N, Ca<sup>+2</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> del suelo y la salida de Carbono a la superficie) y reducción desde los 28 a 140 días (disminución del N, Ca<sup>+2</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y la salida de Carbono a la superficie). Así mismo, reportaron que, durante el período de incremento de la biomasa de lombrices, el N de dicha biomasa se incrementó a 14 mg\*kg<sup>-1</sup> en relación con el testigo que fue de 9 mg\*kg<sup>-1</sup>, en cambio, en la etapa en que se reduce la biomasa, el N disminuyó alrededor de 1 mg\*kg<sup>-1</sup>. Los autores concluyeron que la disminución de la biomasa de lombrices de tierra desde el día 28 al 140 está relacionada con las limitaciones físicas del suelo, específicamente abrasión agregada e insuficiente profundidad.

Andréa (2010) elaboró un artículo denominado “El uso de las lombrices como bioindicadores de la contaminación del suelo”, São Paulo, Brasil. Tuvo como objetivo hacer una recopilación de varios estudios eco toxicológicos de 63 autores diferentes en el que corrobora y discutió resultados obtenidos de diversos ensayos, donde los organismos vivos empleados como bioindicadores de la contaminación de los suelos fueron las lombrices de tierra. Con este estudio dio a conocer que la bioacumulación de los productos obtenidos del petróleo, los pesticidas, compuestos veterinarios, metales pesados van a depender totalmente de aspectos como: la especie de lombriz, el compuesto y dosis empleada, el tiempo de exposición a dicho compuesto y de la misma manera las características tanto del organismo como del suelo en el cual se hospedan. Así mismo, Andréa, efectuando una comparación entre todos los ensayos coleccionados, logró identificar algunas respuestas más notorias de

las lombrices ante la reacción a los contaminantes, las cuales van desde variaciones en el peso, anomalías y efectos fisiológicos, problemas para la formación de sus capullos, reacciones evidentes en el comportamiento, pérdida de la capacidad para excavar, y la poca aceptación por los suelos contaminados. La investigadora mencionó que los datos que se pueden recopilar al realizar estudios similares van a ser muy variados y abundantes, pero lo más importante antes de iniciar con el trabajo es que se debe tener en cuenta el tipo de ejemplar, sus categorías ecológicas, la afinidad con otro tipo de organismos y posteriormente conocer cuáles son los escenarios ambientales en las que se pueden desarrollar. La investigación concluyó en que el uso de lombrices como biomarcadores en los estudios de toxicidad, resulta en respuestas prometedoras ya que se puede predecir riesgos tóxicos en niveles tróficos más altos y por ello es muy importante el estudio de todos los parámetros posibles para que se pueda determinar en su totalidad de que los efectos tóxicos son producidos por los productos químicos usados en la agricultura.

Muthukaruppan y Paramasamy (2010) desarrollaron un trabajo de investigación denominado “Efecto del herbicida butaclor sobre la lombriz de tierra *Eisenia fetida*: su perspicuidad histológica”, Madurai, India. Tuvieron como objetivo determinar los efectos ante la exposición al herbicida butaclor. La investigación fue experimental, las variables que evaluaron fueron: la biomasa, desarrollo del clitelo, producción de capullos y los cambios histológicos en la lombriz *Eisenia fetida* en un periodo de 60 días. Los tratamientos estuvieron compuestos de diferentes dosis de estiércol seco de vaca, contaminados con: 0,2575; 0,5150 y 2,5750 mg\*kg<sup>-1</sup> de butaclor basado en la dosis de DL<sub>50</sub>; el control fue cada 15 días hasta los 60 días (cuatro observaciones en total). El experimento consistió en cuatro tratamientos con cinco repeticiones, obteniendo 20 unidades experimentales incluidas las de control. El diseño estadístico que utilizaron fue un diseño completamente al azar (DCA). Los datos obtenidos fueron analizados con la prueba de Tukey con una significancia de  $p < 0,05$ . Los resultados indicaron que la lombriz de tierra en el tratamiento control mostró una biomasa promedio de  $0,365 \pm 0,0194$  y los tratamientos expuestos: 0,2575 mg\*kg<sup>-1</sup> con valor de  $0,3534 \pm 0,0278$ ; 0,5150 mg\*kg<sup>-1</sup> con valor de  $0,3626 \pm 0,0404$  y 2,5750 mg\*kg<sup>-1</sup> con valor de  $0,342 \pm 0,0203$ ; así mismo, determinaron que el desarrollo máximo de clitelo en las lombrices de la muestra control fue de 40 % a los 30 días; 43,3 % para 0,2575 mg\*kg<sup>-1</sup> a los 29 días; 33,3 % para 0,5150 mg\*kg<sup>-1</sup> y 26,6 % para 2,5750 mg\*kg<sup>-1</sup> de concentración; en relación a la producción de capullos registraron que la menor producción de capullos fue

en la dosis de 0,2575 mg y la cantidad media en la dosis 0,5150 mg. Los autores concluyeron que las lombrices de tierra si se pueden usar como organismos de prueba para diferentes estudios de toxicidad producidos por los herbicidas, ya que son especies muy sensibles, lo cual facilita que se pueda determinar los cambios en la producción de biomasa y capullos y los cambios histológicos en los tejidos.

Bhadauria y Gopal (2009) desarrollaron un estudio denominado “Papel de las lombrices de tierra en el mantenimiento de la fertilidad del suelo a través de la producción de estructuras biogénicas”, Uttar Pradesh, India. El objetivo fue hacer una revisión sobre la función que cumplen las lombrices de tierra en el mantenimiento de la fertilidad del suelo. Dichos autores aluden las siguientes características: que las lombrices de tierra son importantes en las comunidades de fauna del suelo en la mayoría de los ecosistemas y son una gran proporción de la biomasa de la macrofauna; la actividad de estas especies es beneficiosa ya que pueden mejorar el ciclo de nutrientes del suelo, además de mejorar la actividad de otros microorganismos benéficos del suelo, mediante la producción de moco asociado con la excreción de agua en los intestinos de las lombrices de tierra; un efecto con mayor significancia es la concentración de grandes cantidades de nutrientes (N, P, K y Ca), los cuales van a ser fácilmente asimilables por las plantas en las deposiciones frescas. Asimismo, concluyeron que las lombrices aceleran la mineralización y la renovación de la materia orgánica del suelo; también mencionan que las lombrices de tierra aumentan la mineralización del nitrógeno, a través de efectos directos e indirectos en la comunidad microbiana. Por ejemplo, que el fósforo disponible se incrementa en un suelo limpio de 0,15 a 0,24 mg\*100 g<sup>-1</sup> en el excremento de lombriz; el potasio disponible de 3,31 en el suelo a 4,78 en el excremento; mientras que en un suelo con rastrojos el fósforo se incrementa de 0,19 a 0,22 y para el potasio de 5,98 a 7,36. Los autores mencionan que si se les da el manejo apropiado a las lombrices de tierra, estas pueden mantener los rendimientos de los cultivos, lo cual involucraría la reducción de los insumos de fertilizantes.

### **1.1.2. Nacionales**

Sotelo (2019) desarrolló un estudio denominado “Toxicidad aguda de tres plaguicidas (butaclor, oxiclورو de cobre y clorpirifos) sobre el anfípodo bentónico marino *Apohyale grandicornis*”, realizado en Lima, Perú. El objetivo fue determinar en un tiempo de 96 horas

la dosis letal media ( $CL_{50}$ ) del herbicida butaclor, fungicida oxiclورو de cobre y del insecticida clorpirifos. El estudio fue experimental, el cual fue desarrollado bajo un Diseño en Bloques Completamente Randomizado (DBCR). La metodología que aplicó consistió en realizar ensayos de toxicidad con cinco tratamientos incluida la muestra control y cuatro repeticiones para cada tratamiento, haciendo un total de 20 unidades experimentales. Las dosis de butaclor fueron de 4; 0,4; 0,004 y 0,0004  $mg \cdot L^{-1}$ ; para oxiclورو de cobre concentraciones de 500; 50; 5 y 0,5  $mg \cdot L^{-1}$  y del insecticida clorpirifos concentraciones de 1; 0,1; 0,001 y 0,0001  $mg \cdot L^{-1}$ . Para el análisis estadístico de los datos empleó un ANOVA con un nivel de significancia de  $p \leq 0,05$ , con la finalidad de calcular las diferencias de las mortalidades y para la validación de los ensayos de toxicidad individual utilizó el programa SPSS versión 24,0. Los resultados que obtuvo mostraron que el butaclor ocasionó 100 % de mortandad de lombrices a partir de la dosis de 0,4  $mg \cdot L^{-1}$  en las 24, 48, 72 y 96 h; con el insecticida clorpirifos observó la muerte de las lombrices al 100 % a las 96 h en la concentración de 1  $mg \cdot L^{-1}$  y para el oxiclورو de cobre evidenció que no llegó al 100 % de muerte de los individuos, pero que la mayor mortandad (88 %) correspondía a las 96 horas con la dosis de 500  $mg \cdot L^{-1}$ . El estudio concluyó que, de acuerdo con la toxicidad de los productos químicos empleados luego de un periodo de 96 horas de exposición, estos se pueden ordenar de manera ascendente de la siguiente manera: oxiclورو de cobre 0,54  $mg \cdot L^{-1}$ , clorpirifos 0,021  $mg \cdot L^{-1}$  y butaclor 0,019  $mg \cdot L^{-1}$ , siendo este último al que le atribuyó el grado más alto de toxicidad debido a que significó 1,11 veces más tóxico que el clorpirifos y 28,42 más tóxico que el oxiclورو de cobre.

Peña (2018) ejecutó un trabajo de investigación denominado “Evaluación de riesgo ambiental de los pesticidas metamidofos, alfa-cipermetrina y su mezcla en *Eisenia andrei*”, Lima, Perú. El objetivo fue evaluar los efectos tóxicos letales y subletales de dos plaguicidas: metamidofos, alfa cipermetrina y su mezcla en *Eisenia andrei*. El estudio experimental empleó 10 individuos de lombrices (peso promedio de 350 – 550 mg) para cada unidad experimental, la población estudiada fue distribuida en seis tratamientos incluido el control, cada uno con cuatro repeticiones. El periodo de exposición de la población de lombrices fue de 14 días. En el análisis de los datos, empleó la prueba de Shapiro Wilk para identificar su distribución normal, la prueba de Levene para su homogeneidad de varianzas, el ANOVA para apreciar el efecto de los plaguicidas y las pruebas de Tukey y Dunnet para la comparación de medias. Los resultados que obtuvo en este estudio respecto a la dosis letal

media (DL<sub>50</sub>) en la exposición individual a metamidofos y alfa-cipermetrina fue de 3,19 y 274,82 mg\*kg<sup>-1</sup> y en cuanto a la exposición mixta los resultados fueron de 1,17 y 37,01 mg\*kg<sup>-1</sup>. A medida que aumentó el nivel de tratamiento en los ensayos realizados, el efecto subletal en las lombrices manifestó una disminución significativa. La investigación concluyó que el metamidofos causa efectos tóxicos letales a partir de las dosis más bajas y mientras mayor el tiempo de exposición la toxicidad aumenta; en cuanto al producto alfa-cipermetrina concluyó que ocasiona efectos tóxicos letales, los cuales se evidencian en el porcentaje de mortandad de las lombrices y efectos subletales que se corrobora con la disminución en el peso de cada individuo.

## **1.2. Bases teóricas especializadas**

### **1.2.1. Suelos**

Sturba (2021) y Montaña *et al.* (2017), mencionan que el suelo es una matriz ambiental sumamente compleja cuya protección es prioritaria para la supervivencia misma del hombre, ya que constituye la base de las diferentes actividades productivas que nos brindan los alimentos.

Mientras que Jiménez (2017) menciona que el suelo es uno de los recursos que tiene un valor incalculable en el planeta ya que es un ecosistema vivo compuesto por minerales, materia orgánica, agua y aire. Además, realiza un sin número de funciones como brindar soporte a las plantas y ser el hábitat de diversos microorganismos que viven dentro de este recurso.

### **1.2.2. Contaminación del suelo**

Según Rodríguez *et al.* (2019) el término “contaminación del suelo” hace referencia a la existencia de agentes químicos o de sustancias cuya naturaleza no corresponde al factor suelo y que están presentes en cantidades más altas de lo normal, lo cual trae consigo una serie de efectos negativos a los diversos organismos, ecosistemas y en general a la biodiversidad presente. La mayoría de estos contaminantes tienen origen en las actividades productivas que el hombre realiza, aunque esta contaminación también puede darse de manera natural y que puede ocurrir mediante algunos componentes de minerales, los cuales en altas

concentraciones se vuelven tóxicos. Los autores concluyeron que no es posible determinar directamente un suelo contaminado y que tampoco puede ser percibido visualmente, estas características particulares ocasionan que el problema se vuelva en un peligro oculto.

Así mismo, Mejía y Ortega (2014) mencionan que el suelo normalmente se contamina por distintos factores como: la aplicación de plaguicidas, por el rompimiento de tanques de alcantarillado subterráneos, pozos ciegos, entre otros; lo cual hacen que los suelos vayan perdiendo su producción y con el pasar del tiempo se vuelvan infértiles.

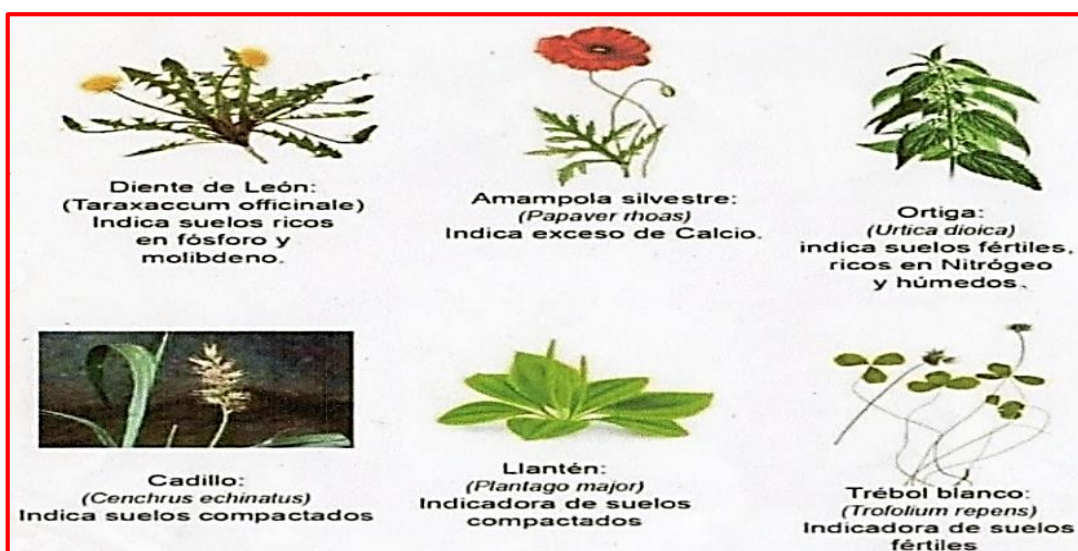
### 1.2.3. Organismos de suelo como bioindicadores

Roldán (2020) describe a los bioindicadores como organismos vivos, debido a sus rasgos ecológicos, estos cuentan con una alta sensibilidad a los diversos cambios que se generan en nuestro medio ambiente. Los bioindicadores suelen reaccionar al detectar presencia de contaminantes en la naturaleza; dentro de este grupo están algunas plantas, insectos, peces, anélidos, etc.

En la Figura 1 se puede apreciar algunas especies de plantas bioindicadoras.

**Figura 1**

*Plantas bioindicadoras*



*Nota.* Las plantas bioindicadores de contaminación extraído de Roldán (2020).  
<https://www.ecologiaverde.com/bioindicadores-que-son-tipos-y-ejemplos-2846.html>

#### **1.2.4. Las lombrices como bioindicadores**

Bello (2012) menciona que las diversas variedades de lombrices se califican teniendo en cuenta el grado en que toleran los aspectos del suelo como, por ejemplo, la densidad aparente, el nivel de compactación, o la ausencia de porosidad, lo cual se deriva a una capacidad de infiltración baja. A partir de estas características se hace fácil poder identificar grupos de lombrices las cuales cumplan la función como indicadores ya sea de un suelo fértil, intermedio o pobres y muy compactados. Además, que se dan cambios en la estructura de la población de estas lombrices como: la abundancia de especies, la manera cómo cambia o las alteraciones genéticas que se presentan en algunas especies de lombrices; estos cambios están asociados directamente a los problemas o efectos tóxicos acumulativos de los distintos agroquímicos, y son estos los que permitirán evaluar o determinar la capacidad biológica para la recuperación de los suelos.

Las lombrices terrestres intervienen en los servicios ecosistémicos del suelo y son potenciales indicadores de la salud del suelo, pero el creciente uso de plaguicidas puede traer efectos negativos sobre los mismos. Rafael *et al.* (2015), en un estudio con un periodo de 28 días de evaluación, observaron síntomas negativos sobre la lombriz *Octolasion cyaneum* así como cambios morfológicos que demuestran la mortandad de esta al insecticida clorpirifos. concluyendo que, la aplicación reiterada de insecticidas puede afectar a las poblaciones de lombrices.

- **Tipos de lombrices de tierra**

Según Stanley y Preetha (2016) dan a conocer que las lombrices de tierra son de diferentes tipos y pueden dividirse principalmente en tres grupos ecológicos, cuya distribución se hace teniendo en cuenta los hábitos alimenticios y de excavación: Endogeas, Epigeas y Anécicas.

Domínguez y Gómez (2010) definen a los tres grupos ecológicos de las lombrices de tierra, las cuales se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1***Tipos de lombrices de tierra*

<b>Tipos</b>	<b>Descripción</b>
<b>Endogeas</b>	Son especies que por lo general habitan en el suelo a una considerable profundidad, se alimentan de materia orgánica presente en este. También poseen dos características muy peculiares una de ellas es que presentan una pigmentación baja y la otra es que constituyen sistemas horizontales ramificados.
<b>Epigeas</b>	Estas especies comúnmente se han utilizado a gran escala en los procesos de vermicultura y vermicompostaje, esto debido a ciertas características particulares que presentan estas lombrices como: la capacidad de colonizar residuos de manera natural; la digestión y absorción de materia orgánica; la capacidad de tolerancia ante un amplio rango de condiciones ambientales y por su alta tasa de reproducción.
<b>Anécicas</b>	Estos individuos viven de forma casi estable en las galerías verticales que son expandidas hacia el perfil del suelo. Mayormente las lombrices suelen salir en la noche para alimentarse, es aquí donde sus excrementos son depositados. Normalmente estos individuos tienen un tamaño considerable y poseen un color pardo oscuro cuando llegan a la edad adulta. En cuanto a sus tasas reproductivas, que fueron medidas teniendo en cuenta la producción de capullos, es relativamente baja.

*Nota.* Elaboración propia a partir de la información de Domínguez y Gómez (2010). <https://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v26nspe2/v26nspe2a23.pdf>

Según Bello (2012) menciona que los bioindicadores (lombrices), constituyen una de las herramientas o métodos de gran significación con los cuales se puede medir, determinar el grado de contaminación y los daños ocasionados a los suelos como producto de los efectos tóxicos, todo esto como consecuencia del intensivo uso y manera irresponsable de los productos químicos.



## Lombrices de tierra

Las lombrices de tierra pertenecen a los invertebrados, debido a que estas carecen de una columna vertebral, estos anélidos son de sangre fría que juntamente corresponden al phylum Annelida, clase Oligochaeta, y orden Megadrili. Las lombrices de tierra por lo general son una de las especies que más se han utilizado para comprobar productos químicos con potencial impacto peligroso en todo el medio ambiente (Gad, 2016).

Domínguez y Gómez (2010), mencionan el empleo de dos tipos de lombrices de tierra, las cuales son:

Género: *Eisenia*

Variedad biológica: Fétida

Especie: *Eisenia fetida*

Género: *Lumbricus*

Variedad biológica: sin identificar

Especie: *Lumbricus* spp

El motivo de su empleo radica en que la *Eisenia fetida* es fácil de reproducir en cautiverio (Ortiz y Ortiz, 2018), mientras que la *Lumbricus* spp es la más abundante en los campos cultivados (Domínguez y Gómez, 2010). De acuerdo con la web vermiduero las lombrices se desarrollan adecuadamente entre el 70 al 80 % de humedad del suelo, la crianza bajo sombra es adecuado el 70 % de humedad y la crianza a pleno sol es adecuado el 80 % de humedad

- **Empleo de lombrices en trabajos de evaluación de contaminación**

Domínguez *et al.* (2009) y Bertrand *et al.* (2015), mencionan en sus revisiones bibliográficas, que la mayoría de referencias revisadas, emplean como material de evaluación a la *Eisenia fetida*, considerándola como una especie común [en el trópico peruano esta especie es exótica, de origen Euroasiática]. Lo anterior, justifica la reducida bibliografía encontrada sobre evaluaciones de *Lumbricus* spp. en suelos contaminados.

Según Ortiz y Ortiz (2018) las lombrices de tierra integran el grupo de los llamados “ingenieros del ecosistema” en el suelo, quienes tienen importantes funciones como: son los

que modifican o controlan tanto la distribución y la abundancia de las comunidades de bacterias y hongos dentro del suelo, aportan al mejoramiento del suelo en lo que es su estructura y función al incorporar la materia orgánica, formar agregados y al mover partículas, ayudando de esta manera en la porosidad, infiltración, aireación y la fertilidad, como producto de todo esto se ve reflejado en el crecimiento y productividad de las plantas.

Ibáñez (2011) menciona que los organismos como las lombrices de tierra son los que comúnmente cumplen una función muy importante que es la de promover la porosidad y la aireación de los suelos, lo hacen de dos modos: uno por la creación de madrigueras y otro mediante el incremento en la proporción de agregados grandes. Además, según Ibáñez (2011), las lombrices de tierra forman parte del Phylum Annelida, pertenecen a la clase Oligochaeta la cual está constituida por 36 familias en todo el mundo.

Por otro lado, Domínguez *et al.* (2009), mencionan que las lombrices no solo realizan modificaciones físicas del sustrato por las actividades excavadoras de la especie, como la aireación y la homogeneización del sustrato, sino que también favorecen la actividad microbiana y por consiguiente la descomposición de la materia orgánica; la actividad directa de las lombrices aumenta significativamente la mineralización del carbono y nitrógeno en el sustrato, y tales efectos son proporcionales a la densidad de lombrices. Por otro lado, Ortiz *et al.* (2021), indican que, además, las lombrices acumulan, almacenan y reciclan carbono y nitrógeno en su biomasa, con baja eficiencia de asimilación de carbono; pero la cantidad de nitrógeno que circula a través de su biomasa es superior a la del carbono, estimando valores que fluctúan entre 60 y 100 kg/ha/año, lo que sugiere un importante flujo de este nutriente en los agroecosistemas.

## **Bioensayos**

Los bioensayos son ampliamente utilizados en el área de la Ecotoxicología. Estos como todos los instrumentos analíticos, deben calibrarse con el estándar de control de calidad analítico para los organismos utilizados en estos experimentos (Castañedo *et al.* 2019).

## **Tipos de bioensayos**

De acuerdo con el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2015), existen tres tipos de bioensayos, los que describen a continuación:

- Bioensayo agudo: Experimentos cortos relacionados con el tiempo de generación de organismos, y a menudo con alto impacto.
- Bioensayo crónico: Ensayos con mayor tiempo de exposición a un agente y por lo general de baja concentración. El periodo de exhibición concierne a menos de una décima parte del periodo de vida de los organismos estudiados, y las reacciones corresponden, por ejemplo, a cambios en el metabolismo, crecimiento, reproducción, supervivencia.
- Bioensayo subcrónico: Pruebas de exposición corta que muestran efectos durante un tiempo de exposición más largo y mayormente se dirigen a cuerpos con una etapa de vida crítica o sensible. El periodo de contacto no suele superar los 10 % de vida de los organismos (*Lumbricus* sp. 12-17 días).

### **1.2.5. Plaguicidas**

Stanley y Preetha (2016) indican que los plaguicidas ocasionan la muerte y pueden causar impedimentos temporales o permanentes en la microfauna del suelo, así mismo, que pueden alterar su comportamiento. También, señalan que la toxicidad de estos productos químicos en las lombrices se puede manifestar teniendo en cuenta su concentración como: aguda y crónica. Según Pelosi *et al.* (2014), los plaguicidas ayudan a tener bajo control las plagas que causan daño en la productividad de los cultivos agrícolas, no obstante, estos ocasionan toxicidad para las especies no objetivo, las que juegan un papel importante en el medio ambiente terrestre.

Rodríguez *et al.* (2014) mencionan que existen plaguicidas de naturaleza química y biológica. En relación con los primeros, a la fecha se evidencian un número de 1 000 sustancias activas de las cuales se fabrican 30 000 productos comerciales. Por el contrario, los plaguicidas de origen biológico apenas alcanzan 195 sustancias activas y que son usados

en la formulación de hasta 780 productos comerciales diferentes.

### **Dosis letal media o concentración letal media**

Todo plaguicida formulado químicamente posee un componente tóxico. Este elemento o grupo de elementos es lo que comúnmente se conoce como principio activo y su toxicidad debe ser calculada para poder clasificar al producto.

Esta toxicidad se evalúa a través del concepto de dosis letal media ( $DL_{50}$ ) que se interpreta como la dosis necesaria para matar al 50 % de una población; mientras la concentración letal media ( $CL_{50}$ ) se refiere a la cantidad de dosis de concentración de una sustancia o patógeno necesario para matar a la mitad de un conjunto de individuos. Lo cual nos da a entender que ambos conceptos son similares cuando se aplica en evaluaciones toxicológicas (Garduño, 2019).

- **Tipos de plaguicidas**

- a. Fungicidas**

Los fungicidas son plaguicidas que están elaborados para matar y prevenir el desarrollo de hongos y sus esporas, estas deben eliminarse porque pueden ocasionar daños, e incluso llegar a matar plantas enteras. Estos productos son usados para el control del moho y hongos en distintos ambientes (Basic Farm, 2020).

- b. Insecticidas**

Los insecticidas forman parte de la familia de los plaguicidas, estos son productos químicos que sirven para el control o muerte de insectos que son acarreadores de enfermedades. Estos vienen en una extensa escala de fórmulas y son usadas para acabar con los diferentes tipos de plagas (Grupo Sacsa, 2015).

### **c. Herbicidas**

Los herbicidas son agentes químicos, que se emplean para prohibir o interrumpir el crecimiento de plantas no deseadas como las malas hierbas que se encuentran en terrenos agrícolas (Shiel, 2018). Así mismo, los herbicidas al igual que los pesticidas, son importantes debido a que ayudan a mejorar el rendimiento de las cosechas. Estos al llegar al suelo, pueden generar procesos tales como: la degradación microbiana o química, foto descomposición, etc. (Undabeytia, 2009).

Por otro lado, Augustyn *et al.* (2019) mencionan que una de las ventajas del herbicida es su aplicación, debido a que es fácil de hacer por el mismo agricultor y no necesita mano de obra, ni demanda de mucho tiempo.

#### **1.2.6. Comportamiento ambiental de los plaguicidas**

Rodríguez *et al.* (2014) enfatizan que los impactos negativos de los plaguicidas hacia el ambiente están determinados por las distintas aplicaciones directas en los cultivos agrícolas, la inadecuada limpieza de los contenedores de este producto, filtraciones en los depósitos de almacenamiento, los diferentes volúmenes de residuos descargados y dispuestos en el suelo, los derrames casuales, entre otras acciones indebidas que se vienen ejecutando por parte de la población olvidando los efectos temporales y permanentes para la salud.

Aparicio *et al.* (2015) mencionan que, la incorporación de los plaguicidas en los sistemas productivos es controlar las malezas y plagas, en este sentido, los plaguicidas son aplicados tanto sobre los cultivos como en el suelo descubierto, sino que su consecuencia adversa residual aumenta al atacar de manera indirecta a los organismos no blanco que están presentes en el área en la que se aplica este producto.

- **Efectos sobre el ser humano**

Del Puerto *et al.* (2014) mencionan que los plaguicidas ingresan en contacto con los seres humanos a través de todas las posibles vías de contacto, incluidas la inhalación, la ingestión

y la piel. Los pesticidas se encuentran en el aire inhalado, el agua, los alimentos y otros medios ambientales, según sus propiedades.

Para González (2019), los estudios muestran que el uso de pesticidas puede estar asociado con una variedad de enfermedades, que incluyen cáncer, leucemia, enfermedad de Parkinson, asma y enfermedades mentales. Además, se ha descubierto que los efectos sobre la salud varían según la exposición, la concentración y el grupo de edad (niños, mujeres embarazadas, agricultores, ancianos).

- **Riesgo de toxicidad**

Por lo general, la toxicidad es el daño de mayor consideración que comúnmente pueden ocasionar los productos químicos agrícolas como los herbicidas, todo esto se debe principalmente al uso excesivo en las dosis del producto y su manejo inadecuado del mismo (Innovación Tecnológica en La Agricultura [INTAGRI], 2017).

Entre las causas más frecuentes del riesgo de toxicidad tenemos:

- ❖ **Aplicación directa.** Hay dos tipos de aplicación directa, una de ellas es cuando el tractor pasa dos veces por el mismo surco y siembra, y la otra se da cuando se aplica el producto químico directamente al cultivo, lo cual no es lo ideal.
- ❖ **Sobredosificación.** Es importante realizar los cálculos sobre la dosificación, para poder analizar la cantidad del producto químico que opera en las áreas agrícolas.
- ❖ **Residualidad.** Algunos herbicidas tienen la capacidad de desintegrarse fácilmente tanto en el aire como en el suelo mediante microorganismos, otros tienen mayor actividad en el suelo por más tiempo, se debe considerar los periodos de siembra de cultivos, dado que, los productos químicos usados anteriormente sigan presentes en estos.
- ❖ **Contaminación.** Daña al medio ambiente y a los cultivos, por eso es recomendable eliminar todos los residuos después de aplicar cualquier producto químico, especialmente de los herbicidas que nos son selectivos y que pueden dañar a las plantas.

### 1.2.7. Butaclor

Abigail *et al.* (2015), comentan que el butaclor es un herbicida residual de la familia cloroacetanilida, es empleado ampliamente en todo el mundo como control pre emergente de malezas no deseadas.

#### Propiedades físicas y químicas

De acuerdo a GE y Takei (2000) el producto químico butaclor presenta las siguientes propiedades físico-químicas mostradas en la Tabla 2.

**Tabla 2**

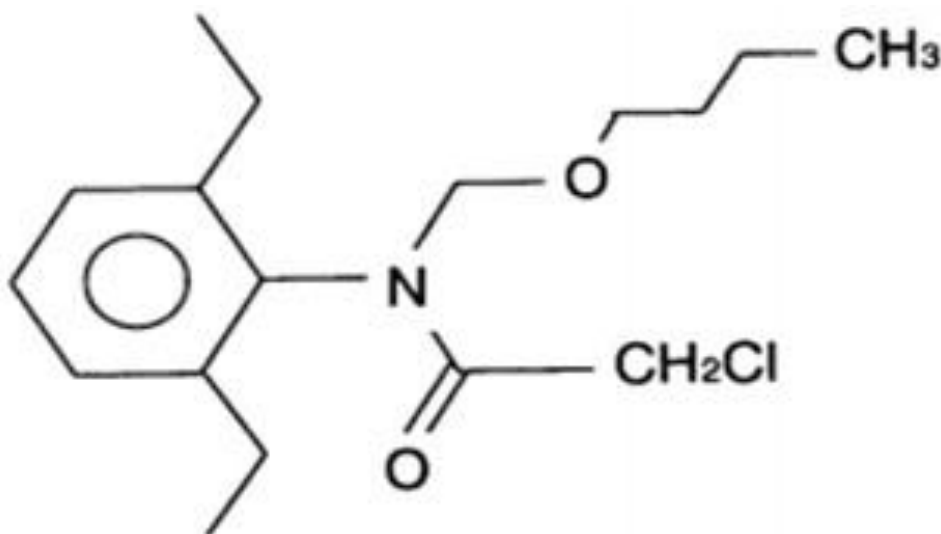
*Propiedades físico-químicas del butaclor*

Datos generales	Descripción
Nombre común	butaclor
Nombre Químico	2-cloro-2', 6'-dietil-N- (butoximetil) acetanilida
Fórmula molecular	$\text{Cl}_7\text{H}_{26}\text{NO}_2\text{Cl}$
Peso molecular	311,9
Estado físico	temperatura ambiente del líquido ámbar claro
Punto de fusión	4-5 °C
Presión de vapor	$1,8 \times 10^{-6}$ mm Hg 25 °C
Temperatura de descomposición	156 °C
Solubilidad en agua	20 ppm 25 °C

*Nota.* Basado en la información de Summary of Toxicology Studies with Butachlor (GE y Takei, 2000).  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpestics1975/25/1/25\\_1\\_75/\\_pdf/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpestics1975/25/1/25_1_75/_pdf/-char/en)

Asimismo, GE y Takei (2000) muestran la siguiente estructura química del mencionado compuesto (Figura 2).

**Figura 2**  
*Estructura química del butaclor*



*Nota.* Extraído de GE y Takei (2000). [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpestics1975/25/1/25\\_1\\_75/\\_pdf/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpestics1975/25/1/25_1_75/_pdf/-char/en)

### **Información ecológica**

El butaclor es un producto químico permanente en agua y suelos, puede ser levemente tóxico en aves, altamente tóxico a peces, organismos acuáticos y lombrices de tierra. Su degradación en el suelo y el ambiente se genera principalmente por actividad microbial y está presente por un tiempo de seis a diez semanas (DVA Agro, 2011).

Toda la información técnica relacionada al butaclor se puede apreciar con mayor detalle en el Apéndice 11.

### **1.2.8. Comercialización del butaclor a nivel latinoamericano y Perú**

En la Figura 3, se muestra la producción y ventas de herbicidas a nivel latinoamericano y el recuadro rojo resalta al butaclor.



**Figura 3**

*Producción y ventas de plaguicidas químicos de uso agrícola por tipo de control e ingrediente activo – Año 2016*

PRODUCCION Y VENTAS DE PLAGUICIDAS QUIMICOS DE USO AGRICOLA POR TIPO DE CONTROL E INGREDIENTE ACTIVO - AÑO 2016													
TIPO DE ACCION	INGREDIENTE ACTIVO	Kg				Lt				OTROS			
		PRODUCCION	%	VENTAS	%	PRODUCCION	%	VENTAS	%	PRODUCCION	%	VENTAS	%
HERBICIDA	2, 4 D AMINA		0,00%		0,00%	2.010.560	3,01%	2.217.848	3,87%		0,00%		0,00%
	2,4 D AMINA + PICLORAM		0,00%		0,00%		0,00%	9.580	0,02%		0,00%		0,00%
	2,4-D		0,00%		0,00%	-	0,00%	1.520	0,00%		0,00%		0,00%
	3,4 DICLORDANILINA		0,00%		0,00%	1.186.866	1,78%	1.059.263	1,85%		0,00%		0,00%
	3,4 DCA + ACIDO PROPIONICO		0,00%		0,00%	2.079.056	3,11%	2.102.088	3,67%		0,00%		0,00%
	3,4 DCA + ACIDO PROPIONICO + CLOMAZONE		0,00%		0,00%	57.000	0,09%	57.000	0,10%		0,00%		0,00%
	3,4 DCA + ACIDO PROPIONICO+TRICLOPYR		0,00%		0,00%	167.918	0,25%	187.180	0,33%		0,00%		0,00%
	ACIDO AMINOPYRALIDE		0,00%		0,00%	105.620	0,16%	2.489	0,00%		0,00%		0,00%
	ACIDO DICAMBA		0,00%		0,00%	12.528	0,02%	9.311	0,02%		0,00%		0,00%
	ACIFLUORFEN SODIUM		0,00%		0,00%	2.502	0,00%	2.502	0,00%		0,00%		0,00%
	AMETRINA		0,00%	14.570	0,08%	313.508	0,47%	459.405	0,80%		0,00%		0,00%
	AMETRINA + ATRAZINA		0,00%		0,00%	9.180	0,01%	9.832	0,02%		0,00%		0,00%
	AMETRINA + TERBUTRINA		0,00%		0,00%	740	0,00%	560	0,00%		0,00%		0,00%
	AMICARBAZONE	1.000	0,00%	1.355	0,01%		0,00%		0,00%		0,00%		0,00%
	AMITRAZ		0,00%		0,00%	3.985	0,01%	2.149	0,00%		0,00%		0,00%
	ATRAZINA	131.120	0,58%	333.109	1,89%	125.867	0,19%	117.033	0,20%		0,00%		0,00%
	BENTAZONE		0,00%		0,00%		0,00%	35.286	0,06%		0,00%		0,00%
	BISPHIBAC SODIO	312	0,00%	3.391	0,02%	59.482	0,09%	120.396	0,21%		0,00%		0,00%
	BUGIACLOF	-	0,00%	60	0,00%	280.478	0,42%	351.292	0,61%		0,00%		0,00%
	CARFENTRAZONE		0,00%		0,00%	508	0,00%	3.214	0,01%		0,00%		0,00%
CHLORIMURON	-	0,00%	511	0,00%		0,00%		0,00%		0,00%		0,00%	
CICLOXYDIM		0,00%		0,00%		0,00%	6.090	0,01%		0,00%		0,00%	

Nota. Instituto Colombiano Agropecuario, [ICA], (2017). [https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/regulacion-y-control-de-plaguicidas-quimicos/estadisticas/cartilla-plaguicidas-2016\\_22-01-18.aspx](https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/regulacion-y-control-de-plaguicidas-quimicos/estadisticas/cartilla-plaguicidas-2016_22-01-18.aspx)

### 1.2.9. Evaluación de la eficacia de un producto fitosanitario

La “prueba de eficacia” de un producto fitosanitario consiste en evaluar un agroquímico para uso en protección vegetal, en un cultivo determinado (Ministerio de Agricultura de Chile, 2022). En términos generales, la eficacia de un producto fitosanitario es la mortalidad que origina el producto en la población de la especie plaga; teniendo en cuenta que la mortalidad total tiene dos componentes: la mortalidad debido al agente (tratamiento) y la mortalidad natural de la especie (testigo).

De acuerdo con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 2015), dos fórmulas predominan en la medición de la eficacia de los productos fitosanitarios: la fórmula de Abbot y la fórmula de Henderson y Tilton. Para nuestra evaluación utilizamos la segunda fórmula, porque es un procedimiento modificado de la de Abbot y, además, porque se aplica cuando

la infestación inicial de la plaga es heterogénea entre las unidades de observación empleadas en el ensayo.

### **Fórmula de Henderson-Tilton**

Considerando que la infestación tanto de la parcela tratada y testigo siempre presentaran diferencias por tratarse de individuos vivos con poblaciones desuniformes (ICA, 2015), la misma que cita la ecuación Henderson-Tilton, la cual es:

$$\text{Porcentaje de eficacia} = [1 - \left(\frac{Ca}{Ta}\right) * \left(\frac{Td}{Cd}\right) * 100]$$

Donde:

- Ta = Población en parcela tratada antes de poner el producto
- Ca = Población en parcela testigo antes de poner el producto
- Td = Población en parcela tratada después de poner el producto
- Cd = Población en parcela testigo después de poner el producto

## **CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Diseño de la investigación**

La presente investigación fue de tipo experimental, con un alcance explicativo, porque se buscó dar a conocer los efectos que tienen las diferentes dosis del herbicida butaclor sobre la población de lombrices (*Lumbricus* spp.)

El estudio fue abordado con un enfoque cuantitativo ya que las variables fueron comparadas mediante métodos estadísticos (Hernández *et al.*, 2014). También fue del tipo transversal porque se podía emplear otros agroquímicos, utilizando conocimientos preexistentes (base teórica) porque tal como se propone en la variable dependiente se registró la mortandad, la eficacia y tiempo en que hace efecto el herbicida butaclor sobre la población de lombrices (Hernández *et al.*, 2014).

### **2.2. Lugar y fecha**

El trabajo de investigación se realizó en la Ciudad de Rioja, Provincia de Rioja, Departamento de San Martín, la cual se encuentra ubicada según coordenadas UTM 259967 E y 9328912 N a una altitud de 839 m s.n.m., cuya temperatura oscila entre 18 y 28 °C (Figura 4).

El ambiente en el cual se realizó el experimento se ubicó en la ciudad de Rioja, tal como se muestra en la Figura 4. El cual tuvo un área de 10 m<sup>2</sup> acondicionado con un techo de calamina a una altura de dos metros y medio desde el suelo. Este espacio fue dividido en dos partes, una para la crianza de las lombrices y la otra para colocar las macetas utilizadas.

**Figura 4**

*Ubicación geográfica de la ciudad de Nueva Cajamarca y Área de experimento*



## **2.3. Materiales y equipos**

### **2.3.1. Materiales**

- Caja de madera
- Compost
- Guantes quirúrgicos
- Herbicida butaclor
- Letrero de identificación para los tratamientos
- Libreta de apuntes y lapicero
- Lombrices de tierra
- Macetas de cuatro litros
- Papel milimetrado
- Plástico grueso
- Plumón indeleble
- Suelo
- Zaranda

### **2.3.2. Equipos**

- Balanza
- Micropipeta
- Pipetas
- Pro pipeta

## **2.4. Descripción del experimento**

El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo en dos fases (campo y gabinete), cada una de ellas constituida con tareas específicas, las cuales sirvieron para cumplir con los objetivos propuestos en nuestra investigación y se detallan a continuación:

## **Fase de campo**

### **a. Obtención de suelo y lombrices para reproducción**

Se realizó la búsqueda de un espacio natural que no presentó indicio de intervención antrópica con actividades agrícolas, una vez que se identificó el área (bosque secundario) se procedió a la excavación del suelo a una profundidad de 30 cm de la superficie. Seguidamente se extrajo una cantidad de 68 kg de suelo, la cual se utilizó tanto en la crianza de lombrices como en el relleno de las macetas correspondientes a los tratamientos del experimento como se muestra en las dos primeras imágenes del Apéndice 1, adicionalmente se recolectó todas las lombrices adultas encontradas, las cuales fueron 50 individuos. Según el análisis fisicoquímico realizado a la muestra de suelo extraída, la clase textural que arrojó dicho análisis fue franco-arcilloso con un contenido de materia orgánica de 2,176 %, el cual representa un porcentaje alto para suelos del trópico (ver Apéndice 8).

### **b. Crianza de lombrices**

En este proceso, primero se adecuó un área de un metro cuadrado en la cual se colocó una caja de madera con las medidas correspondientes, dentro de la caja se colocó una lámina plástica con la finalidad de evitar que las lombrices escapen de la caja; seguidamente, se agregó 20 kg de suelo y encima se añadió 5 kg de compost, el cual sirvió como alimento para las lombrices y se esparció agua para humedecer todo el espacio dentro de la caja, finalmente fue colocada una población de 20 lombrices adultas (Cuéllar y Rotavisky, 2013). A un tiempo de 30 días se procedió a extraer todas las lombrices existentes para sembrarlas en los tratamientos a evaluar, seleccionando un tamaño uniforme entre 1,5 a 2 cm y con presencia de clitelo (ver Apéndice 1), que muestra todo el proceso del ensayo.

Durante la realización del ensayo, a fin de que las lombrices no estén muy inquietas, antes de realizar el conteo (evaluación respectiva en el tiempo), se aplicó en la superficie de la unidad experimental una cantidad de 100 g de compost y luego se procedía a la distribución del sustrato de la unidad experimental, para el conteo de individuos presentes (Ecolombriz, 2019).

### **c. Preparación de las macetas**

Para esta parte del experimento, inicialmente se procedió a solarizar el suelo para esterilizarlo, eliminar malezas y otros organismos visibles; una vez terminado el proceso anterior, este suelo estéril fue tamizado por medio de una malla metálica de 2 mm de diámetro, para que finalmente sea colocado en cada una de las macetas correspondientes a los tratamientos del experimento.

Por último, se pesó y colocó 3 kg de suelo para cada una de las macetas, en total fueron 16 unidades, luego, sobre este suelo se agregó compost formando una capa de aproximadamente 1 cm de espesor (Santos y Urquiaga, 2013), culminado, se procedió a aplicar agua para humedecer la mezcla suelo-compost.

### **d. Siembra de lombrices en las macetas**

A partir de la humectación de la mezcla suelo-compost, se colocó un número de 10 lombrices en cada una de las 16 unidades experimentales y se esperó un periodo de 6 días para que las lombrices se adapten a su nuevo hábitat. Con el fin de mantener la humedad apropiada del sustrato, sin agua estancada ni agua de drenaje, se agregó agua aproximadamente cada tres días por un lapso de 33 días, 50 mL por maceta para alcanzar una humedad del 70 % (Vermiduro, 2020), la cual fue controlada mediante un determinador de humedad portátil. Los envases utilizados fueron del tipo descartable de 3 L de capacidad, utilizados para comercialización de helados a granel (ver Apéndice 1).

### **e. Aplicación de las dosis de butaclor**

Al sexto día de adaptación de las lombrices, se aplicó las dosis respectivas de butaclor se utilizó el producto comercial Machete según tratamientos; teniendo en cuenta que la dosis comercial recomendada en nuestra región es de  $2 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Para tal fin, en el volumen de agua que se aplicó para mantener la humedad del suelo, con ayuda de una micropipeta, se diluyó la dosis equivalente de butaclor según tratamiento; tratando de replicar la aplicación de herbicida que se realiza en el campo utilizando una bomba mochila. Para mayor referencia véase el párrafo debajo de la Tabla 3.

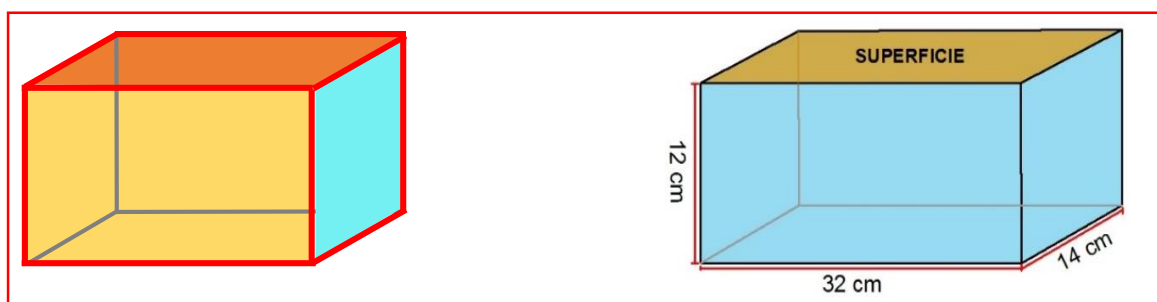
#### f. Cálculo de las dosis por maceta según tratamiento

Para los análisis de toxicidad se emplearon tres dosis diferentes (teniendo en cuenta: la dosis recomendada en la etiqueta del producto que es de  $2 \text{ L*ha}^{-1}$ , la cantidad máxima del herbicida usada en campo por los agricultores (por su efectividad en el control de malezas y su bajo costo) que es de  $4 \text{ L*ha}^{-1}$  y una dosis intermedia de  $3 \text{ L*ha}^{-1}$ . En relación con todo esto, se obtuvieron las dosis siguientes:  $0,00896 \text{ mL}$  ( $2 \text{ L*ha}^{-1}$ ),  $0,01344 \text{ mL}$  ( $3 \text{ L*ha}^{-1}$ ) y  $0,01792 \text{ mL}$  ( $4 \text{ L*ha}^{-1}$ ), dichos cálculos se pueden apreciar en el Apéndice 4.

El modelo de maceta a utilizarse se diseñó en AutoCAD, teniendo en cuenta las dimensiones reales del envase, tal como se muestra en la Figura 5.

#### Figura 5

*Gráfico que muestra las dimensiones de los envases utilizados*



#### g. Conteo de lombrices

En la etapa de la ejecución se llevó a cabo el conteo de las lombrices cada tres días hasta los 33 días, para obtener hasta una segunda generación de individuos (Dominguez 2010), y así evaluar la población sobreviviente a las diferentes dosis aplicadas de butaclor en el tiempo. Para la realización del conteo se colocó un plástico en el suelo, allí se regó el suelo de cada maceta y se procedió a hacer el conteo de lombrices de cada unidad experimental, tratando en lo posible de no tocarlas directamente, como se muestra en la Figura 6, utilizando como medidas de protección: guantes, mandil y mascarillas.



## Figura 6

### Conteo de lombrices de cada maceta



El conteo final se aprovechó para obtener muestras de suelo de cada unidad experimental, con la finalidad de realizar análisis fisicoquímicos y correlacionar estos resultados con el análisis inicial del suelo, caracterización del suelo al inicio y al final, los cuales fueron contrastados (inicial versus el final).

El conteo de Lombrices sirvió para identificar en cada oportunidad;

- Porcentaje de mortandad al butaclor, el cual se expresa en la diferencia de individuos evaluados en la fecha, contra los individuos evaluados en la fecha anterior, expresados en porcentaje; si el valor es positivo se transforma en 0, pero si es un valor negativo cambia a un valor positivo (Organización Panamericana de la Salud, [OPS], 2023).
- Porcentaje de eficacia del butaclor, corregida mediante la fórmula de Henderson-Tilton (ICA, 2017), que utiliza valores de la variación en el tiempo de la población, la cual se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Porcentaje de eficacia} = \left[ 1 - \left[ \left( \frac{Ca}{Ta} \right) * \left( \frac{Td}{Cd} \right) \right] * 100 \right]$$

## Fase de gabinete

Esta etapa consistió en recolectar y ordenar los datos obtenidos en campo de cada tratamiento o unidad experimental analizada. También se realizó el análisis e interpretación correspondiente de cada resultado, incluyendo los análisis de suelos.

### 2.5. Tratamientos

El presente trabajo involucró cuatro tratamientos y cuatro bloques con una totalidad de 16 unidades experimentales (Tabla 3).

**Tabla 3**

*Tratamientos experimentales y dosis respectivas*

Tratamiento	Dosis experimental de butaclor por unidad experimental
T1	Testigo
T2	0,00896 mL (equivalente a 2 L*ha <sup>-1</sup> )
T3	0,01344 mL (equivalente a 3 L*ha <sup>-1</sup> )
T4	0,01792 mL (equivalente a 4 L*ha <sup>-1</sup> )

Nota. Para mejor explicación referirse al Apéndice 4.

Teniendo en cuenta que el volumen real que se utiliza en campo para la aplicación de un agroquímico es de la dosis correspondiente (L\*ha) diluidos en 200 L de agua, efectuando el cálculo para nuestras unidades experimentales resultó en un volumen equivalente a 0.896 mL de solución a aplicar; como se observa este volumen fue muy bajo, se diluyó la cantidad anterior hasta los 50 ml para aplicarlo con un atomizador manual.

### 2.6. Unidades experimentales

Cada unidad experimental estuvo conformada por un envase descartable de cuatro litros de capacidad, que se utiliza para la comercialización de helados, al cual se le agregó 3 kg de suelo esterilizada al sol y zarandeada por tamiz de 2 mm, compost y 10 lombrices. Cada bloque estuvo constituido por cuatro tratamientos.

## 2.7. Identificación de las variables y su mensuración

En la Tabla 4 se detallan las variables y su mensuración, cabe indicar que se tomó como referencia la dosis empleada por el agricultor en la región que es equivalente a dos litros por ha. La dosis indicada anteriormente es equivalente a 0,2 mL.m<sup>-2</sup> de butaclor.

**Tabla 4**

*Variables y su mensuración*

Variable	Mensuración	Metodología
Independiente	Dosis de butaclor	- Dosis por m <sup>2</sup> de suelo Volumétrica
Dependiente	Población de <i>Lumbricus</i> spp.	- Mortandad de la población (% de lombrices muertas) - Eficacia (%) del butaclor sobre la población (Henderson - Tilton) Conteo de muestra - Tiempo en que hace efecto el butaclor (días).

## 2.8. Diseño estadístico del experimento

En este trabajo de investigación se aplicó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), dado que se analizaron el efecto de las distintas dosis aplicadas a los tratamientos de los individuos distribuidos en bloques (macetas) a nivel de laboratorio (invernadero) sobre la población de lombrices en unidades experimentales homogéneas; realizando el Análisis de Varianza (ANVA) sobre el porcentaje de lombrices sobrevivientes.

El modelo aditivo lineal del diseño estadístico a utilizar obedece a:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + B_j + e_{ij}$$

$i=1,2,3,\dots a$ , Variando de 1 hasta el  $i$ ésimo número de tratamiento “a”

$j=1,2, 3,\dots b$ , Variando de 1 hasta el  $j$ ésimo número de bloques “b”.

Donde:

$y_{ij}$  = Es la observación de la variable respuesta medida en el  $i$ -ésimo tratamiento y  $j$ -ésimo bloque.

$\mu$  = es la media general

$\tau_i$  = es el efecto del  $i$ ésimo tratamiento.

$B_{ij}$  = es el efecto del  $j$ -ésimo bloque

$e_{ij}$  = es el término usual  $N(0, \sigma^2)$  del error aleatorio.

A continuación, la Tabla 5 nos muestra el Análisis de Varianza del DBCA a utilizar:

**Tabla 5**

*Análisis de Varianza del BCA*

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F calculado</b>
Tratamiento	$a - 1$	$SC_A$	$SC_A / (a-1)$	$CM_A / CM_{ERROR}$
Bloque	$b - 1$	$SC_B$	$SC_B / (b-1)$	$CM_B / CM_{ERROR}$
Error	$(a-1)(b-1)$	$SC_{ERROR}$	$SC_{ERROR} / (a-1)(b-1)$	
<b>Total</b>	<b><math>ab - 1</math></b>	<b><math>SC_{TOTAL}</math></b>		

## 2.9. Análisis estadísticos de datos

El análisis de los efectos de los tratamientos y de los bloques sobre la población de lombrices se efectuó a través del análisis de varianza (ANVA) al 5 % de significación por medio del programa Estadístico InfoStat (versión 2020) y con los promedios de cada tratamiento se realizó el análisis de Tukey con una significación del 5 %.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. Porcentaje de mortandad de la población de *Lumbricus* spp. a la aplicación al suelo de tres dosis de butaclor

Se evaluó el porcentaje de mortandad de la población de *Lumbricus* spp. a la aplicación al suelo de tres dosis de butaclor, a fin de proponerlo como posible bioindicador a la toxicidad del butaclor; para lo cual se realizó el conteo de lombrices vivas cada tres días (desde la aplicación del butaclor), hasta un periodo de 33 días, comparando la población existente al momento de conteo contra la población presente en la fecha anterior. La información obtenida dentro de este periodo se aprecia en el Apéndice 3; por otro lado, en la base de datos del Apéndice 7 se vuelve a exhibir todos los resultados obtenidos durante el ensayo, los cuales son: dosis, días de evaluación, bloques, población, mortandad, eficacia del producto y otras evaluaciones registradas. Del cual se extrajo el promedio del porcentaje de mortandad a las dosis de butaclor ensayadas, los cuales muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6**

Promedio del porcentaje de mortandad lo largo del periodo de evaluación (11 fechas)

Dosis de butaclor	Promedios del porcentaje de mortandad				Promedio
	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	
0	17,53	13,22	19,33	16,50	16,65
2	25,06	41,49	26,08	34,79	31,86
3	25,83	25,86	18,48	19,29	22,37
4	32,25	29,42	23,40	29,05	28,53

De acuerdo con la información de la Tabla 6, se procedió a realizar el análisis de varianza bajo un diseño en DBCA, resultando la Tabla 7, en donde la fuente de variación “dosis” arrojó un valor de  $p$  menor a 0,05; lo cual significa que la población de lombrices empleadas para este experimento, si son afectadas por las diferentes dosis de butaclor; es decir, que estadísticamente, sí existe diferencia significativa entre las medias del porcentaje de mortandad.

En el apéndice 5, muestra las curvas del porcentaje de mortandad según tratamiento y respecto al tiempo y se observa que el testigo (que no recibió butaclor) en el día nueve muestra más del 22,25 % de mortandad (individuos muertos respecto al tiempo anterior), y del día 12 (10,75 %) al día 15 (5,25 %), se observó una recuperación, reduciéndose la mortandad, incrementándose nuevamente entre el día 18 (27 %) y 21 (40 %); a partir del día 24 (15,5 %) al día 33 (0 %) la mortandad nuevamente se redujo.

Las curvas de los otros tratamientos desarrollan un comportamiento similar al descrito para el testigo. De lo anterior se puede deducir que la población de lombriz de tierra manifiesta una recuperación natural a cualquier producto que interfiera con su desarrollo; por tal motivo se definió conducir el ensayo por un periodo de 33 días, para observar la adaptación de una segunda generación de esta especie al herbicida butaclor evaluado. En atención al documento de la OECD (2015).

**Tabla 7**

*Análisis de la Varianza del porcentaje de mortandad a las dosis aplicadas de butaclor*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	65,12	3	21,71	0,87	0,4935 NS
Dosis	544,44	3	181,48	7,24	0,0090 *
Error	225,59	9	25,07		
<b>Total</b>	<b>835,14</b>	<b>15</b>			

Con los datos de la Tabla 6, se procedió a ejecutar la prueba de Tukey a nivel de significación de 0,05 y 9 grados de libertad del error, obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 8.

Los mismos resultados anteriores se grafican en la Figura 7.

**Tabla 8**

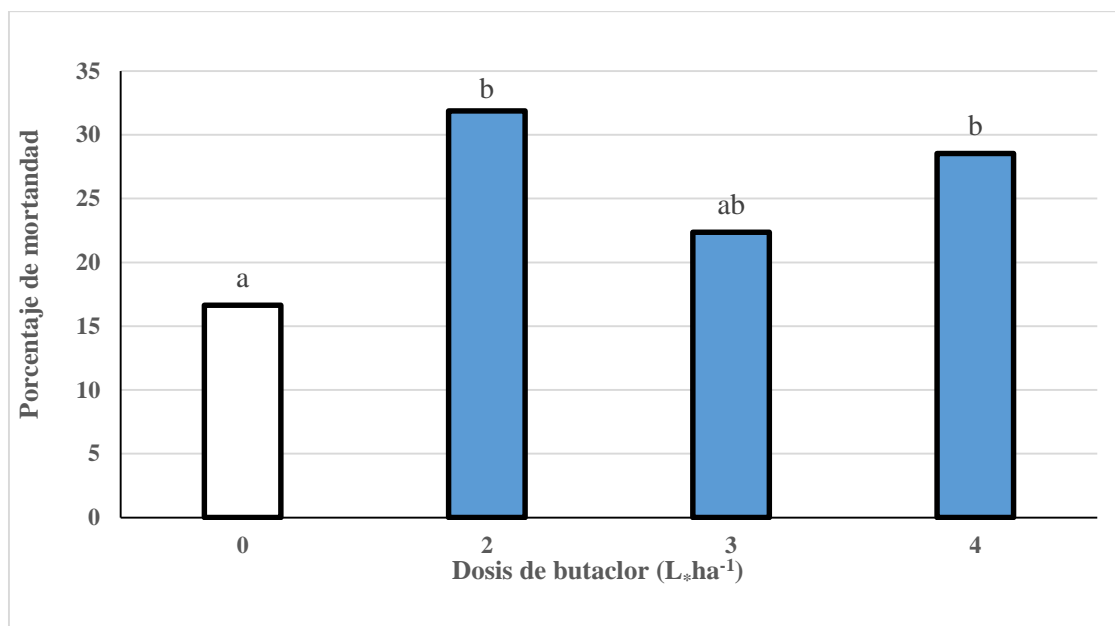
*Prueba de Tukey sobre el promedio de mortandad a las dosis aplicadas de butaclor*

<b>Dosis</b>	<b>Medias</b>	<b>Diferencia significativa a 0,05</b>
0	16,65	a
2	31,86	b
3	22,37	a b
4	28,53	b

*Nota.* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes a un nivel del 5 % ( $p > 0,05$ ).

## Figura 7

Prueba de Tukey sobre los promedios de mortandad a las dosis aplicadas



Nota: Medias con una letra en común no son significativamente diferentes a un nivel del 5 % ( $p > 0.05$ ).

La Figura 7 muestra que el desarrollo de la población evaluada es muy susceptible a la dosis de 2 L\*ha<sup>-1</sup> (promedio de 10 evaluaciones en un periodo de 21 días) y que esta población es semejante en mortandad a la dosis de 4 L\*ha<sup>-1</sup>; asimismo, que la mortandad entre el testigo y la dosis de 3 L\*ha<sup>-1</sup> estadísticamente son similares, pero ambas son inferiores en mortandad a la dosis de 2 L\*ha<sup>-1</sup>, por otro lado, la dosis de 3 L\*ha<sup>-1</sup> es similar a la dosis de 4 L\*ha<sup>-1</sup>.

### 3.2. Porcentaje de eficacia de las diferentes dosis del herbicida butaclor sobre la población de *Lumbricus* spp. en un suelo agrícola, evaluadas cada tres días

Se evaluó el porcentaje de eficacia de tres dosis del herbicida butaclor sobre la población de *Lumbricus* spp. en un suelo agrícola, evaluadas cada tres días, para tal caso se empleó la fórmula de Henderson-Tilton (explicado con mayor detalle en el ítem de metodología), la cual nos permitió encontrar el porcentaje de eficacia, teniendo en cuenta el número de lombrices existentes en cada evaluación referidas a la población inicial de lombrices. Extrayendo de la base de datos del Apéndice 5, los valores promedios de la columna eficacia que se muestra en la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Promedio del porcentaje de eficacia, según Henderson-Tilton, en el periodo de evaluación*

Dosis de butaclor	Promedios del porcentaje de eficacia				Promedio
	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	17,75	34,76	5,71	30,50	22,18
3	25,01	22,50	5,93	17,63	17,77
4	31,11	24,37	20,01	25,64	25,28

Con los valores de la Tabla 9 se realizó el análisis de varianza bajo un diseño en DBCA, la información resultante se muestra en la Tabla 10, en donde se observa que la fuente de variación “dosis” presentó un valor de  $p$  menor a 0,05; lo cual se interpreta como que sí existe diferencia estadística entre las medias de eficacia.

**Tabla 10**

*Análisis de la Varianza del porcentaje de eficacia, según Henderson-Tilton*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	386,04	3	128,68	2,82	0,0992 NS
Dosis	1 532,41	3	510,8	11,21	0,0021 *
Error	410,04	9	45,56		
<b>Total</b>	<b>2 328,49</b>	<b>15</b>			

Asimismo, con los promedios de la Tabla 9 se procedió a ejecutar la prueba de Tukey con un nivel de significación de 0,05. Los resultados se muestran en la Tabla 11 y la Figura 8.

**Tabla 11**

*Prueba de Tukey sobre el promedio de eficacia a las dosis aplicadas de butaclor*

Dosis	Medias	Diferencia significativa a 0,05
0	0,00	a
2	22,18	b
3	17,77	b
4	25,28	b

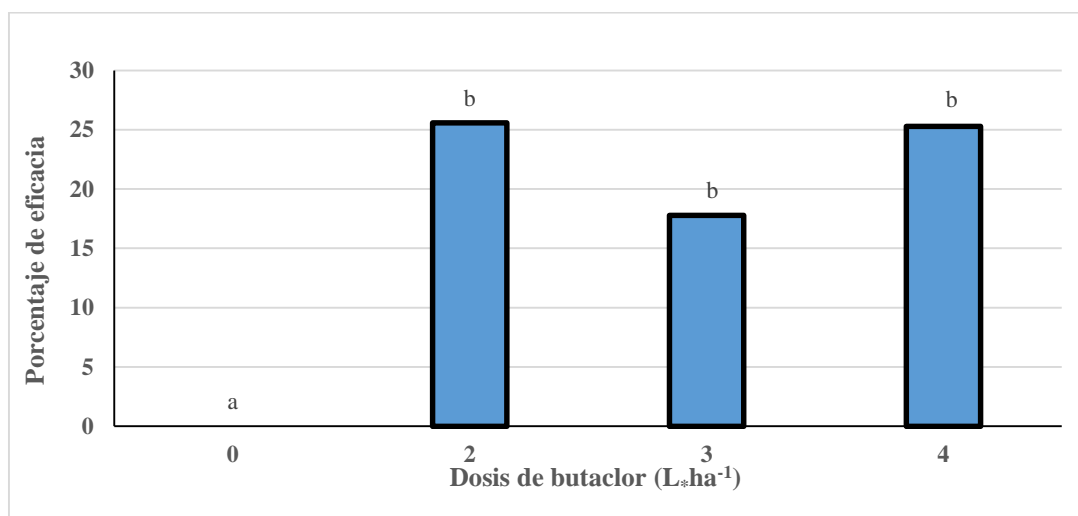
*Nota:* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes a un nivel del 5 % ( $p > 0,05$ ).

En la Figura 8 se observa que todas las dosis aplicadas tienen semejanza estadística entre sí en eficacia sobre las lombrices, pero superiores al testigo; el valor de la dosis de 3 L\*ha<sup>-1</sup> es ligeramente menor a las dosis de 2 y 4 L\*ha<sup>-1</sup>.



**Figura 8**

*Prueba de Tukey sobre los promedios de eficacia (Henderson-Tilton) a las dosis aplicadas de butaclor*



*Nota:* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes a un nivel del 5 % ( $p > 0.05$ )

### 3.3. Tiempo en que el butaclor hace efecto sobre la población inicial de lombrices

Se determinó el tiempo en que alguna de las dosis de butaclor comenzó a hacer efecto sobre la población inicial de lombrices (mortalidad), para lo cual se elaboró curvas del desarrollo de la población y luego se aplicó la fórmula de Henderson-Tilton (detallado en metodología) valores que figuran en la base de datos del Apéndice 7 (columnas de valores para H-T), de donde se extrajo la información del porcentaje de eficacia (promedio de 4 repeticiones del día 6 hasta el 33) de las dosis probadas y como resultado se obtuvo la Tabla 12. La fórmula Henderson-Tilton (H-T) evalúa la eficacia de un producto fitosanitario calculando una mortalidad corregida respecto al testigo, dicha eficacia permitió determinar el tiempo óptimo de los efectos del butaclor sobre la población de lombrices,

**Tabla 12**

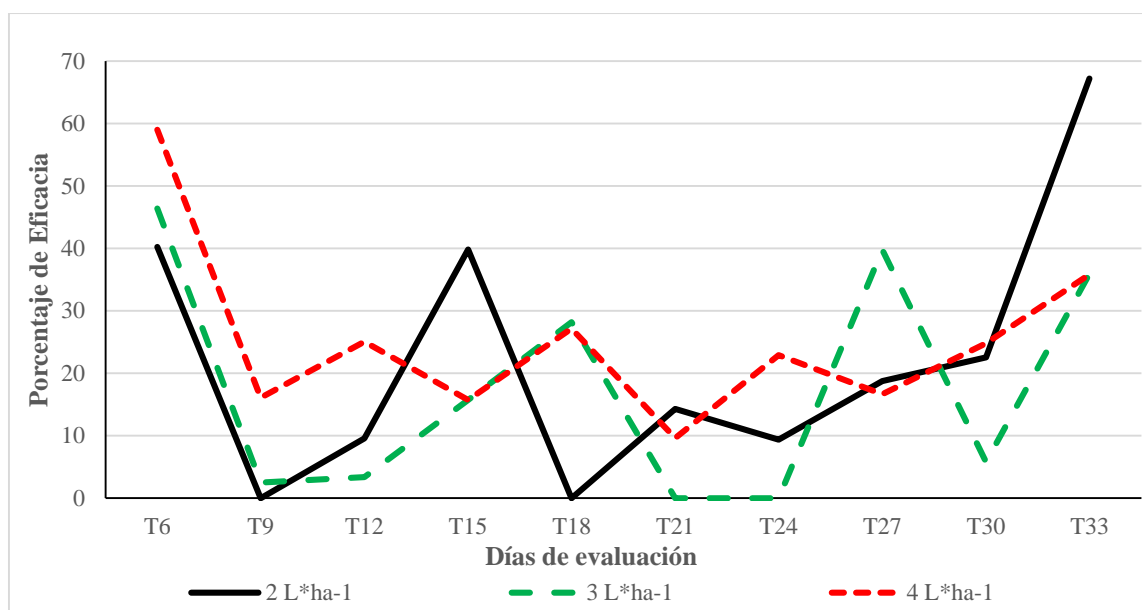
*Promedio de eficacia (Henderson-Tilton) a las dosis aplicadas de butaclor*

Dosis	Tiempo 6	Tiempo 9	Tiempo 12	Tiempo 15	Tiempo 18	Tiempo 21	Tiempo 24	Tiempo 27	Tiempo 30	Tiempo 33
0 L*ha <sup>-1</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2 L*ha <sup>-1</sup>	40,25	0,00	9,57	39,81	0,00	14,32	9,38	18,75	22,55	67,19
3 L*ha <sup>-1</sup>	46,39	2,50	3,40	15,74	28,19	0,00	0,00	39,78	5,77	35,93
4 L*ha <sup>-1</sup>	58,96	16,07	25,03	15,74	27,18	9,62	22,92	16,67	24,82	35,81

Con la información de la Tabla 12 se elaboró las curvas que se observan en la Figura 9, donde resalta la curva que representa a la dosis de 2 L\*ha<sup>-1</sup> (línea continua de color negro).

**Figura 9**

*Eficacia (Henderson-Tilton) a partir del día de su evaluación (T6), según dosis*



En la Figura 9 se observa que todas las dosis muestran eficacia a partir de la aplicación de los tratamientos, luego disminuyen y posteriormente incrementan su eficacia. A los 15 días de evaluación la dosis de 2 L\*ha<sup>-1</sup> muestra mayor eficacia frente a las otras dosis y esta se incrementa al finalizar el periodo (33 días), sobresaliendo sobre las otras dosis; aunque a los 12 días la dosis de 4 L\*ha<sup>-1</sup> muestra mayor eficacia que la dosis de 2 L\*ha<sup>-1</sup>, pero no supera el valor de eficacia a los 15 días. Mientras que la dosis de 3 L\*ha<sup>-1</sup> muestra eficacia recién a los 18 días y luego decae para superar a las otras dosis a los 27 días.

Lo que nos interesa con respecto a eficacia es que el producto químico tenga un resultado efectivo a corto plazo, no a largo plazo, porque la población afectada genéticamente promoverá la resistencia a ese producto químico; obligándonos a aplicar mayor dosis del producto en cuestión para un control efectivo.

Para comprobar los resultados que se obtuvieron anteriormente, se efectuó un análisis de

varianza a cada una de la dosis por separado, resultando las Tablas 13, 14 y 15. En donde observamos que solo en la tabla 13, la fuente de variación “días” presentó un valor de  $p$  menor a 0,05; por lo tanto, se deduce de que hay diferencia estadística entre las medias de eficacia de las diferentes dosis aplicadas; aceptando que sí existe diferencia estadística entre las medias de eficacia a la dosis de  $2 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

**Tabla 13**

*Análisis de la Varianza de la eficacia de la dosis de  $2 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$  de butaclor*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	5 176,30	3	1 725,43	3,77	0,0221 *
Días	16 097,10	9	1 788,57	3,91	0,0028 *
Error	12 351,70	27	457,47		
<b>Total</b>	<b>33 625,10</b>	<b>39</b>			

**Tabla 14**

*Análisis de la Varianza de la eficacia de la dosis de  $3 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$  de butaclor*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	2 131,80	3	710,60	1,04	0,3913 NS
Días	11 849,90	9	1 316,66	1,92	0,0912 NS
Error	18 472,70	27	684,17		
<b>Total</b>	<b>32 454,40</b>	<b>39</b>			

**Tabla 15**

*Análisis de la Varianza de la eficacia de la dosis de  $4 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$  de butaclor*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	606,10	3	202,03	0,21	0,8895 NS
Días	6 969,50	9	774,39	0,80	0,6198 NS
Error	26 143,90	27	968,29		
<b>Total</b>	<b>33 719,50</b>	<b>39</b>			

Con los promedios de la eficacia de cada uno de los días evaluados se efectuó la prueba de Tukey según dosis aplicadas, con un nivel de significación de 0,05 y 27 grados de libertad del error, obteniendo en forma resumida los resultados mostrados en la Tabla 16.

**Tabla 16***Resumen de pruebas de Tukey en el promedio de eficacia a las dosis aplicadas (0,05)*

Dosis	2 L*ha <sup>-1</sup>	3 L*ha <sup>-1</sup>	4 L*ha <sup>-1</sup>
Días	Medias	Medias	Medias
6	40,25 a b	46,39 a	58,96 a
9	0,00 a	2,50 a	16,70 a
12	9,57 a	3,40 a	25,30 a
15	39,81 a b	15,74 a	15,74 a
18	0,00 a	28,19 a	27,18 a
21	14,32 a	0,00 a	9,62 a
24	9,38 a	0,00 a	22,92 a
27	18,75 a b	39,78 a	16,67 a
30	22,55 a b	5,77 a	24,82 a
33	67,19 b	35,93 a	35,81 a

*Nota:* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes a un nivel del 5 % ( $p > 0,05$ ).

La Tabla 16 nos ayudó a definir cuándo el residuo de butaclor en el suelo tuvo un efecto sobre las poblaciones de lombrices, observando que la información del recuadro rojo (12 a 21 días) incluye los valores de eficacia más altos para cada dosis dentro del período de tiempo dado. Se evidenció una dosis de 2 L\* ha<sup>-1</sup> el día 15 y de 3 y 4 L\* ha<sup>-1</sup> el día 18.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

### 4.1. Porcentaje de mortandad de la población de *Lumbricus* spp. a la aplicación al suelo de tres dosis de butaclor

En el presente estudio, los resultados obtenidos en el promedio de las nueve evaluaciones respecto al porcentaje de mortandad sobre la población de lombrices por efecto de las diferentes dosis de butaclor muestran que la dosis comercial de  $2 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$  (31,86 %) arroja mayor valor de mortandad que usar sobredosis de producto ( $4 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1} = 28,53 \%$ ). Vandana y Keshav (2016), trabajando con el herbicida butaclor, concluyeron que hay menor mortandad de la población de lombrices a altas dosis del butaclor (con 95 % de confianza a una dosis de  $1,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), porque estas fueron bien alimentadas; en nuestro caso la población evaluada fue alimentada de forma periódica, cada tres días después de realizar el conteo de individuos, sin haber tenido en cuenta que dicha alimentación tendría un efecto positivo. Por esta razón, la mayor dosis aplicada ocasionó bajo porcentaje de mortandad al butaclor. Mientras que Mehran y Fatemeh (2023), trabajando con butaclor, en un periodo de ocho días reportaron que la mortandad de las lombrices fue proporcional a las dosis aplicadas de butaclor ( $471 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  a una concentración de 5 %).

Es bueno recalcar, que Andréa (2010), en su revisión bibliográfica de toxicidad, menciona que las lombrices pueden ser utilizadas como bioindicadores de estudios de toxicidad por su mortandad a niveles altos de tóxicos agrícolas. Muthukaruppan y Paramasamy (2010), quienes evaluaron el herbicida butaclor en poblaciones de lombrices y concluyeron que si se puede utilizar esta especie (lombrices) como organismo de prueba (bioindicador) al butaclor por su alto valor de mortandad a mayores dosis y que puede ser evaluada a través de la producción de biomasa, longitud del clitelo o número de capullos.

#### **4.2. Porcentaje de eficacia de las diferentes dosis del herbicida butaclor sobre la población de *Lumbricus* spp. en un suelo agrícola, evaluadas cada tres días**

En el presente estudio, los resultados promedio obtenidos de las nueve evaluaciones respecto al porcentaje de eficacia, sobre la población de lombrices por efecto de las diferentes dosis del herbicida butaclor muestran que la dosis comercial de  $2 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$  (22,18 % de eficacia), la mayor dosis de  $4 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$  (25,28 % de eficacia) y la dosis media de  $3 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$  (17,77 % de eficacia) estadísticamente son semejantes entre sí, pero si existe una diferencia estadística entre el testigo y las tres dosis diferentes. Los resultados de Sotelo (2019), se asemejan a nuestros resultados, pues reportó que el butaclor alcanzó el grado más alto de toxicidad, entendiéndose eficacia del producto a una dosis de  $0,019 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , lo cual significó que fue más tóxico que los otros productos ensayados, como el clorpirifos (1,11 veces menos) o como el oxiclورو de cobre (28,42 veces menos). Igualmente, Vandana y Keshav (2016), trabajando con butaclor, concluyeron que, con el adecuado material de alimentación, las lombrices de tierra presentaron tolerancia, entendiéndose menor eficacia, al efecto tóxico del herbicida.

Asimismo, Andréa (2010), en su revisión bibliográfica sobre lombrices como bioindicadores, concluyó que estas pueden ser utilizadas para estudios del efecto de los herbicidas en el suelo, por su corta respuesta en el tiempo, ante la eficacia de las diferentes dosis aplicadas sobre la población de lombrices. Información similar se extrae de Milanović *et al.* (2014), quienes concluyeron que a mayor dosis y tiempo de exposición mayor eficacia de herbicidas en las lombrices.

#### **4.3. Tiempo en que el butaclor hace efecto sobre la población inicial de lombrices**

Los resultados del tiempo en que el butaclor hace efecto sobre la población inicial de lombrices, Se evidenciaron a partir del día 15 para la dosis de  $2 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$  (39,81 %) y para las dosis de  $3 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$  (28,19 %) y  $4 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$  (27,18 %) a partir del día 18. Resultados que se asemejan con Muthukaruppan y Paramasamy (2010), donde mencionan que el efecto del butaclor es mayor conforme se incrementa las concentraciones (dosis baja con 0,3534 g de biomasa y 0,3420 g de biomasa para la dosis más alta), y dichos efectos se observan desde el primer día de aplicación del herbicida hasta los 60 días de duración del estudio, y

comparando con los valores obtenidos en el presente estudio, nos muestran que el herbicida utilizado comienza a producir efectos sobre la población inicial de lombrices a partir de los 15 días de aplicadas las dosis correspondientes para cada tratamiento.

Asimismo, Castillo *et al.* (2016) quienes trabajaron con la lombriz *Eisenia fetida* y cinco herbicidas utilizados en el cultivo de arroz, en 14 días de exposición, encontraron alta toxicidad con un valor de  $2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  de peso seco. Según Muthukaruppan y Paramasamy (2010), la capacidad de las lombrices de tierra, de resistir fisiológicamente a los efectos producidos por los productos químicos puede ser muy variada y costosa en términos de energía y otros recursos, ya que algunos individuos pueden tener una mayor capacidad de resistencia ante un tóxico, pero reducen la energía disponible para la reproducción.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos en el presente estudio demostraron que si es posible utilizar poblaciones de *Lumbricus* spp. a fin de evaluar la contaminación del suelo por butaclor, en un periodo corto de 33 días, porque en el rango de 6 a 12 días se observó alta eficacia de butaclor sobre la población de *Lumbricus* spp.
- La *Lumbricus* spp., mostró bajo porcentaje de mortandad a la exposición a tres dosis de butaclor, estos resultados no llegaron a arrojar diferencia estadísticamente significativa entre las dosis más bajas contra la dosis más alta. Aunque, al finalizar el periodo de evaluación si se observó que la dosis agrícola comúnmente recomendada ( $2 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) mostró altos incrementos en la mortandad frente a los otros tratamientos, pero sin llegar a niveles significativos.
- Los valores de eficacia de la población de *Lumbricus* spp. a dosis crecientes de butaclor, mostraron que la población en evaluación manifestó etapas de recuperación a partir de los seis días a su exposición a las dosis de butaclor, con valores intermedios decrecientes en los 33 días de evaluación.
- La aplicación del concepto de eficacia de Henderson-Tilton nos permitió determinar el tiempo en que el butaclor hace efecto sobre la población de *Lumbricus* spp., observando que utilizando la dosis agrícola comúnmente recomendada ( $2 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) la eficacia fue casi constante en todo el periodo de evaluación.



## **CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES**

- Promover más estudios con el propósito de identificar especies alternativas que se puedan utilizar como bioindicadores a la contaminación por agroquímicos, que posteriormente deberían ser prohibidos en el comercio internacional, a fin de mantener abiertos nuestros nichos de mercado, de productos agrícolas de exportación que produce la región.
- Para las próximas investigaciones relacionadas al presente tema, se sugiere ampliar el tamaño de la población a evaluar (25 individuos por unidad experimental, por ejemplo), debido a que este tipo de organismos son muy sensibles a la manipulación, lo cual ayudaría a mantener resultados más uniformes dentro de un mismo tratamiento.
- Realizar evaluaciones similares sobre otros agroquímicos que se utilizan en los principales cultivos de la región (café, cacao y arroz), con la finalidad de poder tener información actualizada que nos permita formular una línea base de la contaminación de agroquímicos en los suelos de la región.

## REFERENCIAS

- Abigail, E., Samuel, M. y Chidambaram, R. (2015), Addressing the environmental impacts of butachlor and the available remediation strategies: a systematic review [Abordar los impactos ambientales del butaclor y las estrategias de remediación disponibles]. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12 (12), 4025–4036. <https://doi.org/10.1007/s13762-015-0866-2>
- Andréa, M. M. de (2010). El uso de las lombrices de tierra como bioindicadores de la contaminación de los suelos. *Acta zoológica mexicana*, 26 (spe 2). [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372010000500007&lng=es&tlng=pt](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372010000500007&lng=es&tlng=pt).
- Anzalone, A. (2007). HERBICIDAS: Modos y mecanismos de acción en plantas. En F. E. Alvarado" (Ed.). [https://www.researchgate.net/publication/259175751\\_Herbicidas\\_Modos\\_y\\_mecanismos\\_de\\_accion\\_en\\_plantas](https://www.researchgate.net/publication/259175751_Herbicidas_Modos_y_mecanismos_de_accion_en_plantas)
- Aparicio, C., Degerónimo, E., Hernández, K., Pérez, D., Portocarrero, R. y Vidal, C. (2015), Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente. Argentina, *Ediciones INTA*, 74. [https://www.researchgate.net/publication/292985188\\_Los\\_plaguicidas\\_agregados\\_al\\_suelo\\_y\\_su\\_destino\\_en\\_el\\_ambiente](https://www.researchgate.net/publication/292985188_Los_plaguicidas_agregados_al_suelo_y_su_destino_en_el_ambiente)
- Augustyn, A., Bauer, P., Duignan, B., Eldridge, A., Gregersen, E., Mckenna. y A., Zelazko, A. (2019). Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "herbicide". *Encyclopedia Britannica*, 19 Mar. 2019, <https://www.britannica.com/science/herbicide>
- Basic Farm. (27 de Agosto de 2020). *¿Qué es un fungicida y para qué sirve?*. <https://basicfarm.com/blog/que-es-fungicida-utilidad/>
- Bello, M. (2012). *Las lombrices de tierra detectan el deterioro del suelo*. Argentina Investiga: [http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=las\\_lombrices\\_de\\_tierra\\_detectan\\_el\\_deterioro\\_del\\_suelo&id=1718](http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=las_lombrices_de_tierra_detectan_el_deterioro_del_suelo&id=1718)
- Bertrand, M., Barot, S., Blouin, M., Whalen, J., Oliveira, T. y Estrade, J. (2015). Earthworm services for cropping systems. A review [Servicios de lombrices para sistemas de cultivo. Una revisión]. *Agronomy for Sustainable Development*. 35, 553–567 (2015). <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0269-7>

- Bhadauria, T. y Gopal S., K. (2009). Role of Earthworms in Soil Fertility Maintenance through the Production of Biogenic Structures [Papel de las lombrices de tierra en el mantenimiento de la fertilidad del suelo mediante la producción de estructuras biogénicas]. *In Applied and Environmental Soil Science*, 2010, 7 pages. <https://doi:10.1155/2010/816073>
- Castañedo, Z. A., Águila, E., Marrero, O., Meneses, M. A., Sifontes, S., Seijo, M. y Santana, A. (2019). Bioensayo de toxicidad aguda en tres biomodelos utilizando compuestos de referencia. *Asociación Española de Toxicología*, 36(2), 128-136. <http://rev.aetox.es/wp/wp-content/uploads/2019/12/vol-36-2-35-40.pdf>
- Castillo, M., Rico, A. y Sabater, C. (2016). Lethal and sub-lethal effects of five pesticides used in rice farming on the earthworm *Eisenia fetida* [Efectos letales y subletales de cinco pesticidas utilizados en el cultivo de arroz sobre la lombriz de tierra *Eisenia fetida*]. (Elsevier, Ed.). *ScienceDirect*, 127, 222-229. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.02.004>
- Cuéllar, D. y Rotavisky, L. (2013). Diseño experimental: un enfoque a la reproducción de las lombrices. [Tesis de grado. Universidad ICESI, Colombia]. Repositorio institucional de UICESI. [https://repository.icesi.edu.co/biblioteca\\_digital/bitstream/10906/76623/1/dise%C3%B1o\\_experimental\\_enfoque.pdf](https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/76623/1/dise%C3%B1o_experimental_enfoque.pdf)
- Datta, S., Singh, J., Singh, S. y Singh, J. (2016). Earthworms, pesticides and sustainable agriculture [Lombrices de tierra, pesticidas y agricultura sustentable]. (S. B. Heidelberg, Ed.) *Environmental Science and Pollution Research*, 23 (23), 8227–8243. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6375-0>
- Del Puerto, A. M., Palacio, D. E. y Suarez, S. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Cubana Hig Epidemiol*, 52 (03). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30032014000300010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000300010)
- Domínguez, J., Aira, M. y Gómez B., M. (2009). El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. *Ecosistemas* 18 (2): 20-31. mayo 2009. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/61/58#:~:text=Las%20lombrices%20participan%20en%20la,5>
- Domínguez, J. y Gómez. M. B. (2010). Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje. *Acta zoológica mexicana*, 26(spe2), 309-320. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372010000500023&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372010000500023&lng=es&tlng=es)

- DVAAgro. (2011). *Hoja de Seguridad- Butaclor*. DVA Agro. <http://www.dva.com.co/hs/hs-butaclor-600-ec.pdf>
- Ecolombriz. (2019). *Cada cuanto alimentar las lombrices*. Ecolombriz. <https://www.ecolombriz.es/l/cada-cuanto-alimentar-la-lombriz/#:~:text=No%20es%20aconsejable%20que%20los,que%20ir%20aumentando%20la%20comida>.
- Gad, S. (2016). *Animal Models in Toxicology, Second Edition*. CRC Press/Taylor and Francis. [https://books.google.com.pe/books?id=N0PMBQAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=N0PMBQAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- García, P., Maestre, F., Bradford, M. y Reynolds, J. (2014). Earthworms modify plant biomass and nitrogen capture under conditions of soil nutrient heterogeneity and elevated atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations [Las lombrices de tierra modifican la biomasa vegetal y la captura de nitrógeno en condiciones de heterogeneidad de nutrientes del suelo y concentraciones elevadas de CO<sub>2</sub> atmosférico]. *Soil Biology & Biochemistry*, 78, 182-188. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.08.002>
- Garduño, A. (2019). *Concentración letal media (CL50), dosis letal media (DL50) y fitoquímica de los extractos de las hojas de Bauhinia variegata L.* [Tesis de Grado, Universidad Nacional Autónoma de México, México]. Repositorio institucional de la UNAM [https://repositorio.unam.mx/contenidos/concentracion-letal-media-cl50-dosis-letal-media-dl50-y-fitoquimica-de-los-extractos-de-las-hojas-de-bauhinia-variegata-3445971?c=4Xzjj7&d=false&q=\\*&i=1&v=1&t=search\\_1&as=4](https://repositorio.unam.mx/contenidos/concentracion-letal-media-cl50-dosis-letal-media-dl50-y-fitoquimica-de-los-extractos-de-las-hojas-de-bauhinia-variegata-3445971?c=4Xzjj7&d=false&q=*&i=1&v=1&t=search_1&as=4)
- GE, A. y Takei, A. (2000). Summary of Toxicology Studies with Butachlor. *Journal of Pesticide Science*, 25, 75-83. [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpestics1975/25/1/25\\_1\\_75/\\_pdf/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpestics1975/25/1/25_1_75/_pdf/-char/en)
- Giannuzzi, L., Adrínolo, D., Mastrantonio, G., Oliver, C., Ortega, F., Sedan, D., Rasile, M. y Ventosi, E. (2018). Toxicología general y aplicada. En *Principios generales de la toxicología* (págs. 5-27). Buenos Aires, Argentina: Editorial de la Universidad Nacional de la Plata. <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/download/1031/1017/3351-1>
- Giménez, R., Della P, A. y Odello, E. (2004). Efectos tóxicos de los insecticidas clorpirifos y teflutrina sobre la lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris L.*). *Agricultura Técnica*, 64(4), 347-352. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0365-28072004000400003](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072004000400003)

- González , P. (2019). *Efecto de los plaguicidas sobre la salud*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile: [https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/26823/2/Efecto\\_de\\_los\\_plaguicidas\\_en\\_la\\_Salud.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/26823/2/Efecto_de_los_plaguicidas_en_la_Salud.pdf)
- Grupo Sacsa. (2015). *Conozca qué son los insecticidas*. <https://www.gruposacsa.com.mx/conozca-que-son-los-insecticidas/>
- Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista M. (2014). *Metodología de la Investigación*. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Hodson, M.E., Brailey-Jones, P., Burn, W.L., Harper, A.L., Hartley, S.E., Helgason, T. y Walker, H.F. (2023). Enhanced plant growth in the presence of earthworms correlates with changes in soil microbiota but not nutrient availability [El aumento del crecimiento de las plantas en presencia de lombrices de tierra se correlaciona con cambios en la microbiota del suelo, pero no con la disponibilidad de nutrientes]. En *Geoderma*, 433, 116426. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116426>
- Ibáñez, J. (2011). Las Lombrices de Tierra y su importancia en el Suelo. *madri+d*. <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2011/05/31/138374>
- Instituto Colombiano Agropecuario, (2015), *Manual para elaboración de protocolos para ensayos de eficacia con PQUA*, <https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/regulacion-y-control-de-plaguicidas-quimicos/manual-protocolos-ensayos-eficacia-pqua-1.aspx>
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2017). *Estadísticas de Comercialización de Plaguicidas Químicos de uso Agrícola 2016*. [https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/regulacion-y-control-de-plaguicidas-quimicos/estadisticas/cartilla-plaguicidas-2016\\_22-01-18.aspx](https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/regulacion-y-control-de-plaguicidas-quimicos/estadisticas/cartilla-plaguicidas-2016_22-01-18.aspx)
- Innovación Tecnológica en La Agricultura. (2017). Los Riesgos de una mala aplicación del herbicida. *Artículos Técnicos de INTAGRI* (93), 4. <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/los-riesgos-de-una-mala-aplicacion-de-herbicidas>
- Jiménez, R. (2017). *Introducción a la contaminación de suelos*. España: Mundi-Prensa. <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484767893/introduccion-a-la-contaminacion-de-suelos>

- Mamani A.M. (2019). El uso de la *lumbricus terrestris* como bioindicador de suelos contaminados. [Tesis de grado, Universidad de Barcelona]. Repositorio digital de la ICM (tesis). <http://hdl.handle.net/10261/203888>
- Medina, S. y Velez, A. (2018). Evaluacion de la calidad del suelo por el empleo de agroquímicos, en sistemas productivos de arroz y plátano de la trocha cuatro del municipio de granada (Meta). [Tesis de grado, Universidad Santo Tomás, Villavicencio, Colombia]. Repositorio institucional de la USTA, Colombia.[https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/13684/2018stefany medina.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/13684/2018stefany%20medina.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mehran, A. y Fatemeh, M. (2023). Comparative toxicity of fresh and expired butachlor to earthworms *Eisenia fetida* in natural soil: Biomarker responses [Toxicidad comparativa del butaclor fresco y caducado para las lombrices de tierra *Eisenia fetida* en suelo natural: respuestas de biomarcadores]. *European Journal of Soil Biology*, 5, 108-119. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.03.002>
- Mejía, M. y Ortega, J. (2014). *El medio ambiente y los recursos naturales*. Juigalpa-Nicaragua. <http://repositorio.unan.edu.ni/774/1/10397.pdf>
- Meza, R. (Abril de 2018). Determinación de CL50 Y CE50 de Endosulfán Lactona Diazinón y en Lombriz De dierra (*Eisenia Foetida*). *Agro Productividad*, 11(4), 105 - 111. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/download/277/206>
- Milanović, J., Milutinović, T. y Stojanovic, M. (2014). Effects of three pesticides on the earthworm *Eisenia fetida* (Savigny 1826) under laboratory conditions: Assessment of mortality, biomass and growth inhibition [Efectos de tres pesticidas sobre la lombriz *Eisenia fetida* (Savigny 1826) en condiciones de laboratorio: Evaluación de mortalidad, biomasa e inhibición del crecimiento]. *European Journal of Soil Biology*, 62, 127-131. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2014.03.003>
- Ministerio de Agricultura de Chile (2022). Protocolos de eficacia de productos microbianos de control de plagas. <https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/d-ris-rai-pa-004-protocolos-eficacia-pmcp-v01-final3-ok.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2015). Guía para la elaboración de estudios de evaluación de riesgos a la salud y el ambiente (ERSA) en sitios contaminados. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/02/Anexo-R.M.-N%C2%B0-034-2015-Guia-ERSA.pdf>
- Montaño A., N. M.; Navarro R., M. C.; Patricio L., I. C.; Chimal S., E. y Miguel de la C., J.

(2017). El suelo y su multifuncionalidad: ¿qué ocurre ahí abajo? Vol. 25 Núm. 3  
(2018): CIENCIA ergo-sum.  
<https://www.redalyc.org/journal/104/10455646009/html/>

- Muthukaruppan, G. y Paramasamy, G. (2010). Effect of Butachlor Herbicide on Earthworm *Eisenia fetida*—Its Histological Perspicuity [Efecto del herbicida butaclor sobre la lombriz de tierra *Eisenia fetida*: su claridad histológica]. (M. N. Alam, Ed.) *Applied and Environmental Soil Science*, vol. 2010, 4. <https://doi.org/10.1155/2010/850758>
- Orias, M. (2020). Intoxicación por organofosforados. *Revista Médica Sinergia*, 5(8). <https://revistamedicasinergia.com/index.php/rms/article/view/558/932>
- Organización Panamericana de la Salud. (2023). *Procedimientos para evaluar la susceptibilidad a los insecticidas de los principales mosquitos vectores de las Américas*. Washington, D.C. Obtenido de <https://iris.paho.org/handle/10665.2/57424>
- Ortiz, A., Lara, R., Cuevas, M. y Martínez, K. (2021). Earthworm services: an agroecological perspective [Servicios de lombrices de tierra: una perspectiva agroecológica]. *AGROProductividad*, 14(12). <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i12.2029>
- Ortiz y Ortiz. (2018). Belleza extravagante y funcionalidad: Lombrices de tierra. *CONABIO*, 12-16. <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/14213.pdf>
- Pelosi, C., Barot, S., Capowiez, Y., Hedde, M. y Vandebulcke, F. (2014). Pesticides and earthworms [Pesticidas y lombrices de tierra]. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(1), 199–228. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0151-z>
- Peluso, M. L. (2021). Bioensayos de toxicidad. *Principios de ecotoxicología* (pág. 41). Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de La Plata. [https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/131173/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/131173/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pineda, J. (2017). Agroecosistema. En Colombia. <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/agroecosistema/>
- Peña, K. (2018). “Evaluación de Riesgo Ambiental de los Pesticidas Metamidofos, Alfa-Cipermetrina y su Mezcla en *Eisenia andrei*”. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú]. Repositorio institucional de la UNALM. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3529>

- Pérez, J. (2015). Museo Nacional de Historia Natural. Museo Nacional de Historia Natural: <https://www.mnhn.gob.cl/noticias/una-breve-introduccion-los-anfipodos>
- Rafael, S., Salvio, C., Manett, P., Clemente, N., y López, A. (2015). *Susceptibilidad De Octolasion Cyaneum (Annelida: Oligochaeta, Lumbricidae). Expuesta A Clorpirifos En Condiciones De Laboratorio* (Vol. 33). Buenos Aires. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-20672015000200002](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672015000200002)
- Rodríguez, A., Suárez S. y Palacio D. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30032014000300010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000300010)
- Rodríguez E., McLaughlin M. y Pennock, N. (2019). La contaminación del suelo: una realidad oculta. (M. S. Leadell Pennock, Ed.) *Organización De La Naciones Unidas Para La Alimentación Y La Agricultura (FAO)*, 144. <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>
- Roldán, L. (2020). Bioindicadores: qué son, tipos y ejemplos. *Ecología Verde*. <https://www.ecologiaverde.com/bioindicadores-que-son-tipos-y-ejemplos-2846.html>
- Rubiano, V. (2019). *Evaluación Ecotoxicológica de Plaguicidas sobre Eisenia foetida*. [Tesis de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Colombia]. Repositorio institucional de la UTADEO. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/7910/Tra bajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Santos y Urquiaga. (2013). Compostaje y Vermicompostaje. 10. [https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/articulos-de-opinion/2013-04-santos-urquiaga\\_tcm30-163607.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/articulos-de-opinion/2013-04-santos-urquiaga_tcm30-163607.pdf)
- Scharenbroch, B.C. y Johnston, D.P. (2011). A microcosm study of the common night crawler earthworm (*Lumbricus terrestris*) and physical, chemical and biological properties of a designed urban soil [Un estudio del microcosmos de la lombriz nocturna común (*Lumbricus terrestris*) y las propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo urbano diseñado]. *En Urban Ecosystems*, 14, 119–134. <https://doi.org/10.1007/s11252-010-0145-4>
- Shiel, W. (2018). Herbicidas. *MedicineNet*. <https://www.medicinenet.com/script/main/art.asp?articlekey=25547>



- Sotelo, D. (2019). *Toxicidad aguda de tres plaguicidas (Butaclor, Oxicloruro de cobre y Clorpirifos) sobre el anfípodo bentónico marino Apohyale grandicornis (Kroyer, 1845) (Crustacea: Hyalidae)*. [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma, Lima]. Repositorio institucional de la URP. <https://pdfs.semanticscholar.org/545c/1b1e0c6c0602c08e029ba50559548d6705c3.pdf>
- Soucek, P. (2011) Xenobióticos. En: Schwab M. (eds) Enciclopedia del Cáncer. Springer, Berlín, Heidelberg. [https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-642-16483-5\\_6276#howtocite](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-642-16483-5_6276#howtocite)
- Stanley y Preetha. (2016). *Toxicidad de plaguicidas para organismos no objetivo*. (2. Springer, Ed.) <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-94-017-7752-0#toc>
- Sturba, L. (2021). Validazione dell'applicabilità del saggio di tossicità acuta con *Eisenia fetida* accoppiato ad un approccio multi-biomarker come strumento diagnostico nel monitoraggio della qualità ambientale di suoli industriali e agricoli soggetti a spandimento di fanghi di depurazione biologica e relativi hydrochars, [Tesis doctoral en Ciencias y Tecnologías Ambientales, Geológicas y Polares, Universidad de Siena, Italia]. Repositorio institucional de la UNISI. [https://usiena-air.unisi.it/retrieve/e0feaaaa-2f75-44d2-e053-6605fe0a8db0/PhD\\_UNISI\\_076313.pdf](https://usiena-air.unisi.it/retrieve/e0feaaaa-2f75-44d2-e053-6605fe0a8db0/PhD_UNISI_076313.pdf)
- Tibán, G. (2020). *Evaluación de la Dosis Letal Media (DL50) de nanopartículas de ácido poli(láctico-coglicólico) (PLGA) administradas por vía oral en ratones Balb / c.*, [Tesis de grado, Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Sangolqui, Ecuador]. Repositorio institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/23030/1/T-ESPE-044042.pdf>
- Undabeytia, T. (2009). Formulación de liberación de herbicidas: uso sostenible con el medio ambiente. *Agricultura*, 5. [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_Agri/Agri\\_2009\\_919\\_458\\_462.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Agri/Agri_2009_919_458_462.pdf)
- Vandana, S. y Keshav, S. (2016). Effect of herbicide Butachlor on the earthworm *Eutyphoeus waltoni* Michaelsen. <http://www.ijpab.com/form/2016%20Volume%204,%20issue%201/IJPAB-2016-4-1-216-225.pdf>
- Vera, M. (2012). *Evaluación del riesgo Ambiental por el uso de tres productos químicos de limpieza*. [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú]. Repositorio institucional de la UNT. <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8138/Tesis%20DoctoradoX>

%20-%20Manuel%20I.%20Vera%20Herrera.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vermidiero. (2020). *Cómo Cuidar De Nuestras Lombrices (I)*. Condiciones Óptimas Para La Lombriz Roja Californiana: <https://www.vermidiero.es/como-cuidar-de-nuestras-lombrices>

Wang, S., Li, H., y Lin, C. (2013). Physiological, biochemical and growth responses of Italian ryegrass to butachlor exposure [Respuestas fisiológicas, bioquímicas y de crecimiento del raigrás italiano a la exposición al butaclor]. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 106(1-2), 21-27. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2013.03.007>

## TERMINOLOGÍA

**Agroecosistemas.** Es un ecosistema o sistema agrícola y pecuario, que es modificado e intervenido por los seres humanos para la obtención de productos o servicios alimentarios (Pineda, 2017).

**Anfípodo.** Son crustáceos habituales en la mayoría de los ambientes costeros de agua dulce y también terrestres. Así mismo, son especies de gran importancia en sus hábitats, esto se debe a la diversidad de funciones ecológicas que realizan (Pérez, 2015).

**Bioensayos.** Consisten en una prueba que mide el poder o la fuerza de una sustancia, a través de la reacción de un organismo o sistema vivo (Peluso, 2021).

**Bioindicadores.** Se describe a los bioindicadores como organismos vivos, debido a sus rasgos ecológicos, estos suelen reaccionar al detectar presencia de contaminantes en la naturaleza (Roldán, 2020).

**Concentración letal media (LC<sub>50</sub>).** Es el nivel de toxicidad de las sustancias peligrosas en el medio ambiente, entendida como el rango de sustancias medidas donde el 50 % de los organismos vivos mueren en un determinado período de exposición (Meza, 2018).

**Dosis letal media (DL<sub>50</sub>).** Son las concentraciones medias de sustancias tóxicas que ocasiona daños a la mitad de sujetos de una población, por una vía específica, bajo condiciones fiscalizadas (Tibán, 2020).

**Ecotoxicología.** Es el estudio de la relación dosis o concentración / efecto de tóxicos liberados al ambiente sobre los sistemas bióticos incluyendo los niveles de organización inferiores y superiores al nivel de organismos (Vera, 2012).

**Índices de toxicidad.** Expresan los resultados de diferentes ensayos de toxicidad como el único valor numérico que clasifica, según categorías, a la muestra, No existen reglas fijas para la designación de los índices (Giannuzzi *et al.*, 2018).

**Organofosforado.** Son aquellas sustancias de tipo orgánicas derivadas de la molécula del ácido fosfórico, el cual inhibe enzimas que presentan actividad de la acetilcolinesterasa lo cual provoca la acumulación de acetilcolina y todo esto trae como resultado negativo una a una modificación en el impulso nervioso (Orias, 2020).

**Riesgo de Toxicidad.** Los daños que comúnmente ocasionan los productos químicos como los herbicidas, son la toxicidad, y las causas de ellas son la aplicación del producto y su manejo inadecuado del mismo (INTAGRI, 2017).

**Vermicompostaje.** Este proceso consiste en la transformación de la materia orgánica mediante la lombriz de tierra y su acción de descomponer los organismos muertos. Estas lombrices, mediante su tubo digestivo transforman los restos en un producto estable, denominado vermicompost (Santos y Urquiaga, 2013).

**Xenobióticos.** Son aquellos compuestos químicos elaborados por el ser humano con distintos fines; puede tratarse desde pesticidas hasta fármacos usados con fines terapéuticos (Soucek, 2011).

## APÉNDICES

### Apéndice 1

#### *Galería Fotográfica*



Recolección de materiales para la crianza de lombrices



Instalación y acondicionamiento de la cama para la crianza de lombrices



## Instalación de las macetas



Zarandeo del suelo para las macetas



Suelo zarandeado



Pesando el suelo para las macetas



Colocando el suelo en las macetas



Lombrices seleccionadas



Colocando lombrices en las macetas



Macetas acondicionadas



## Aplicación del butaclor



Diluyendo el butaclor con el agua



Preparando la dosis de butaclor para cada tratamiento



Aplicando el butaclor a los tratamientos



Monitoreo y conteo de las lombrices



## Apéndice 2

Número de individuos encontrados en los periodos de evaluación, once intervalos cada 3 días después de aplicar los tratamientos de butaclor

Tratamiento	Block	TIEMPO DE MUESTREO											
		t <sub>0</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>5</sub>	t <sub>6</sub>	t <sub>7</sub>	t <sub>8</sub>	t <sub>9</sub>	t <sub>10</sub>	t <sub>11</sub>
		0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33
<b>T1</b> (Testigo)	<b>I</b>	10	10	9	7	10	9	19	13	5	3	10	11
	<b>II</b>	10	10	9	5	9	9	9	2	6	8	14	14
	<b>III</b>	10	10	5	6	4	5	4	2	5	3	13	14
	<b>IV</b>	10	10	13	10	9	8	1	4	8	9	6	9
<b>T2</b> (2 L*ha <sup>-1</sup> )	<b>I</b>	10	9	5	6	6	4	9	5	4	1	3	2
	<b>II</b>	10	20	6	5	16	6	11	10	6	2	1	0
	<b>III</b>	10	14	7	10	13	9	15	3	5	2	5	3
	<b>IV</b>	10	14	8	9	5	1	1	6	3	9	4	1
<b>T3</b> (3 L*ha <sup>-1</sup> )	<b>I</b>	10	18	3	7	8	8	2	3	5	4	5	1
	<b>II</b>	10	14	7	5	9	3	2	4	10	2	6	7
	<b>III</b>	10	13	6	4	7	6	5	6	9	3	3	3
	<b>IV</b>	10	16	10	9	7	8	7	11	14	2	8	6
<b>T4</b> (4 L*ha <sup>-1</sup> )	<b>I</b>	10	15	4	1	3	1	10	8	1	1	1	3
	<b>II</b>	10	16	8	5	3	6	3	4	2	3	1	1
	<b>III</b>	10	15	4	4	1	7	1	1	1	1	1	1
	<b>IV</b>	10	15	5	11	7	10	7	7	10	3	8	1

Nota: Elaboración propia (2022)

### Apéndice 3

Susceptibilidad a la aplicación de los tratamientos de butaclor, porcentaje de individuos ausentes respecto a la evaluación anterior, en los once intervalos de evaluación

Tratamiento	Block	TIEMPO DE MUESTREO										
		t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>5</sub>	t <sub>6</sub>	t <sub>7</sub>	t <sub>8</sub>	t <sub>9</sub>	t <sub>10</sub>	t <sub>11</sub>
		3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33
<b>T1</b> (Testigo)	<b>I</b>	0	10	22	0	10	0	32	62	40	0	0
	<b>II</b>	0	10	44	0	0	0	78	0	0	0	0
	<b>III</b>	0	50	0	33	0	20	50	0	40	0	0
	<b>IV</b>	0	0	23	10	11	88	0	0	0	33	0
<b>T2</b> (2 L*ha <sup>-1</sup> )	<b>I</b>	10	44	0	0	33	0	44	20	75	0	33
	<b>II</b>	0	70	17	0	63	0	9	40	67	50	100
	<b>III</b>	0	50	0	0	31	0	80	0	60	0	40
	<b>IV</b>	0	43	0	44	80	0	0	50	0	56	75
<b>T3</b> (3 L*ha <sup>-1</sup> )	<b>I</b>	0	83	0	0	0	75	0	0	20	0	80
	<b>II</b>	0	50	29	0	67	33	0	0	80	0	0
	<b>III</b>	0	54	33	0	14	17	0	0	67	0	0
	<b>IV</b>	0	38	10	22	0	13	0	0	86	0	25
<b>T4</b> (4 L*ha <sup>-1</sup> )	<b>I</b>	0	73	75	0	67	0	20	88	0	0	0
	<b>II</b>	0	50	38	40	0	50	0	50	0	67	0
	<b>III</b>	0	73	0	75	0	86	0	0	0	0	0
	<b>IV</b>	16	67	0	36	0	30	0	0	70	0	88

Nota: La susceptibilidad es la probabilidad de producir una respuesta significativamente superior a la media a una exposición específica a una sustancia ([https://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/perfume-allergies/es/glosario/pqrs/susceptibilidad.htm](https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/perfume-allergies/es/glosario/pqrs/susceptibilidad.htm))

## Apéndice 4

*Cálculo de las dosis empleadas y volumen de agua*

### Cálculos realizados

Área = Dimensión superficial del envase

$$A = 32 \text{ cm} * 14 \text{ cm}$$

$$A = 448 \text{ cm}^2$$

$$A = 0,0448 \text{ m}^2$$

Equivalente de dosis recomendada de butaclor en ml por m<sup>2</sup>

$$\frac{2L}{Ha} = \frac{2\ 000\ mL}{10\ 000\ m^2}$$

Tratamiento I: 0 L\*ha<sup>-1</sup> (Testigo)

Tratamiento II: 2 L\*ha<sup>-1</sup>

$$2\ 000\ mL \rightarrow 10\ 000\ m^2$$

$$\times \rightarrow 0,0448\ m^2$$

$$\times = 0,00896\ mL$$

Tratamiento III: 3 L\*ha<sup>-1</sup>

$$3\ 000\ mL \rightarrow 10\ 000\ m^2$$

$$\times \rightarrow 0,0448\ m^2$$

$$\times = 0,01344\ mL$$

Tratamiento IV: 4 L. ha<sup>-1</sup>

$$4\ 000\ mL \rightarrow 10\ 000\ m^2$$

$$\times \rightarrow 0,0448\ m^2$$

$$\times = 0,01792\ mL$$

Equivalente a volumen de agua usada en campo

$$\text{por ha} \quad \frac{200L}{Ha} = \frac{200000\ mL}{10\ 000\ m^2}$$

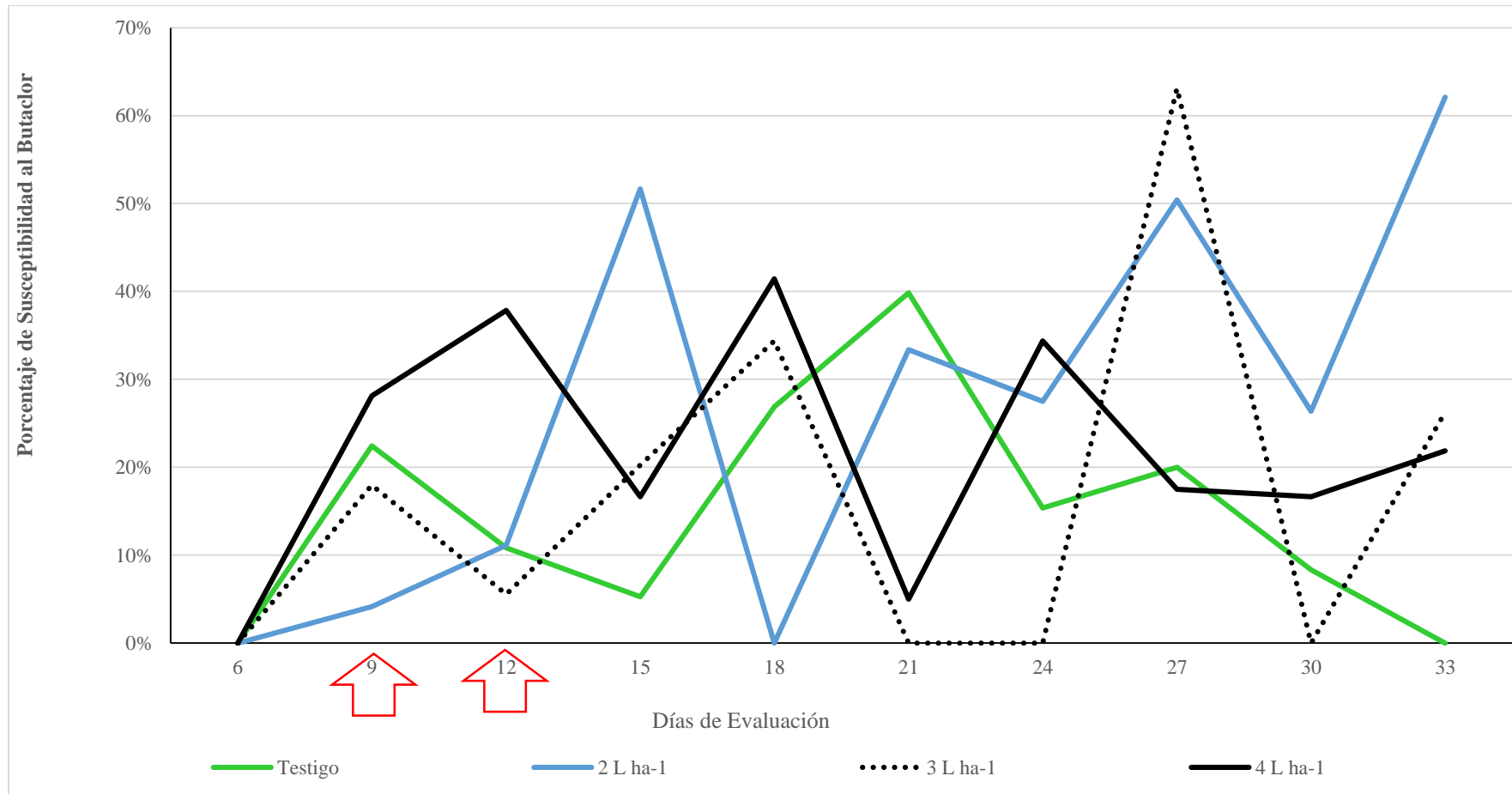
$$200\ 000\ mL \rightarrow 10\ 000\ m^2$$

$$\times \rightarrow 0,0448\ m^2$$

$$\times = 0,896\ mL$$

## Apéndice 5

Porcentaje de mortandad al butaclor durante los días de evaluación



## Apéndice 6

*Mortandad a la aplicación de los tratamientos de butaclor, número de individuos ausentes respecto a la evaluación anterior, en los once intervalos de evaluación*

Tratamiento	Block	TIEMPO DE MUESTREO										
		t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>5</sub>	t <sub>6</sub>	t <sub>7</sub>	t <sub>8</sub>	t <sub>9</sub>	t <sub>10</sub>	t <sub>11</sub>
		3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33
T1 (Testigo)	I	0	1	2	0	1	0	6	8	2	0	0
	II	0	1	4	0	0	0	7	0	0	0	0
	III	0	5	0	2	0	1	2	0	2	0	0
	IV	0	0	3	1	1	7	0	0	0	3	0
T2 (2 L*ha <sup>-1</sup> )	I	1	4	0	0	2	0	4	1	3	0	1
	II	0	14	1	0	10	0	1	4	4	1	1
	III	0	7	0	0	4	0	12	0	3	0	2
	IV	0	6	0	4	4	0	0	3	0	5	3
T3 (3 L*ha <sup>-1</sup> )	I	0	15	0	0	0	6	0	0	1	0	4
	II	0	7	2	0	6	1	0	0	8	0	0
	III	0	7	2	0	1	1	0	0	6	0	0
	IV	0	6	1	2	0	1	0	0	12	0	2
T4 (4 L*ha <sup>-1</sup> )	I	0	11	3	0	2	0	2	7	0	0	0
	II	0	8	3	2	0	3	0	2	0	2	0
	III	0	11	0	3	0	6	0	0	0	0	0
	IV	0	10	0	4	0	3	0	0	7	0	7

*Nota:* Tomado como referencia que la mortandad se interpreta como el número de individuos muertos con respecto al tiempo anterior (Giménez, Rosana, Della Penna, Angela, y Odello, Ezequiel, 2004).

## Apéndice 7

Base de datos utilizada en el análisis estadístico del estudio

#	Dosis L·ha <sup>-1</sup>	Días	Bloque	N° de Individuos	Valores para H-T	% Susceptibilidad (1)	% Sobrevivencia (2)	% Eficacia (3)	% N (4)	P ppm (5)	K ppm (6)
1	0	0	1	10		0	0	-	0,098	7,40	33,67
2	0	0	2	10		0	0	-	0,098	7,40	33,67
3	0	0	3	10		0	0	-	0,098	7,40	33,67
4	0	0	4	10		0	0	-	0,098	7,40	33,67
5	0	3	1	10	Ca <sub>0</sub>	0	100	-			
6	0	3	2	10		0	100	-			
7	0	3	3	10		0	100	-			
8	0	3	4	10		0	100	-			
9	0	6	1	9	Cd <sub>6</sub>	10	90	-			
10	0	6	2	9		10	90	-			
11	0	6	3	5		50	50	-			
12	0	6	4	13		0	100	-			
13	0	9	1	7	Cd <sub>9</sub>	22	78	-			
14	0	9	2	5		44	56	-			
15	0	9	3	6		0	100	-			
16	0	9	4	10		23	77	-			
17	0	12	1	10	Cd <sub>12</sub>	0	100	-			
18	0	12	2	9		0	100	-			
19	0	12	3	4		33	67	-			
20	0	12	4	9		10	90	-			
21	0	15	1	9	Cd <sub>15</sub>	10	90	-			
22	0	15	2	9		0	100	-			
23	0	15	3	5		0	100	-			
24	0	15	4	8		11	89	-			
25	0	18	1	19	Cd <sub>18</sub>	0	100	-			
26	0	18	2	9		0	100	-			
27	0	18	3	4		20	80	-			
28	0	18	4	1		88	13	-			

29	0	21	1	13	Cd <sub>21</sub>	32	68	-			
#	Dosis L <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Días	Bloque	N° de Individuos	Valores para H-T	% Susceptibilidad (1)	% Sobrevivencia (2)	% Eficacia (3)	% N (4)	P ppm (5)	K ppm (6)
30	0	21	2	2		78	22	-			
31	0	21	3	2		50	50	-			
32	0	21	4	4		0	100	-			
33	0	24	1	5	Cd <sub>24</sub>	62	38	-			
34	0	24	2	6		0	100	-			
35	0	24	3	5		0	100	-			
36	0	24	4	8		0	100	-			
37	0	27	1	3	Cd <sub>27</sub>	40	60	-			
38	0	27	2	8		0	100	-			
39	0	27	3	3		40	60	-			
40	0	27	4	9		0	100	-			
41	0	30	1	10	Cd <sub>30</sub>	0	100	-			
42	0	30	2	14		0	100	-			
43	0	30	3	13		0	100	-			
44	0	30	4	6		33	67	-			
45	0	33	1	11	Cd <sub>33</sub>	0	100	-	0,122	37,41	944,80
46	0	33	2	14		0	100	-	0,118	51,01	1 046,20
47	0	33	3	14		0	100	-	0,104	40,81	1 013,90
48	0	33	4	9		0	100	-	0,113	30,61	832,10
49	2	0	1	10		0	0	-			
50	2	0	2	10		0	0	-			
51	2	0	3	10		0	0	-			
52	2	0	4	10		0	0	-			
53	2	3	1	9	Ta <sub>2</sub>	10	90	-			
54	2	3	2	20		0	100	-			
55	2	3	3	14		0	100	-			
56	2	3	4	14		0	100	-			
57	2	6	1	5	Td <sub>2x6</sub>	44	56	38			
58	2	6	2	6		70	30	67			
59	2	6	3	7		50	50	0			
60	2	6	4	8		43	57	56			
#	Dosis	Días	Bloque	N° de	Valores	%	%	% Eficacia	% N	P ppm	K ppm

	<b>L<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup></b>		<b>Individuos</b>	<b>para H-T</b>	<b>Susceptibilidad</b>	<b>Sobrevivencia</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>(6)</b>
					<b>(1)</b>	<b>(2)</b>				
61	2	9	1	6	Td <sub>2x9</sub>	0	100	0		
62	2	9	2	5		17	83	0		
63	2	9	3	10		0	100	0		
64	2	9	4	9		0	100	0		
65	2	12	1	6	Td <sub>2x12</sub>	0	100	0		
66	2	12	2	16		0	100	0		
67	2	12	3	13		0	100	0		
68	2	12	4	5		44	56	38		
69	2	15	1	4	Td <sub>2x15</sub>	33	67	26		
70	2	15	2	6		63	38	58		
71	2	15	3	9		31	69	0		
72	2	15	4	1		80	20	75		
73	2	18	1	9	Td <sub>2x18</sub>	0	100	0		
74	2	18	2	11		0	100	0		
75	2	18	3	15		0	100	0		
76	2	18	4	1		0	100	0		
77	2	21	1	5	Td <sub>2x21</sub>	44	56	57		
78	2	21	2	10		9	91	0		
79	2	21	3	3		80	20	0		
80	2	21	4	6		0	100	0		
81	2	24	1	4	Td <sub>2x24</sub>	20	80	0		
82	2	24	2	6		40	60	0		
83	2	24	3	5		0	100	0		
84	2	24	4	3		50	50	38		
85	2	27	1	1	Td <sub>2x27</sub>	75	25	17		
86	2	27	2	2		67	33	58		
87	2	27	3	2		60	40	0		
88	2	27	4	9		0	100	0		
89	2	30	1	3	Td <sub>2x30</sub>	0	100	0		
90	2	30	2	1		50	50	64		
91	2	30	3	5		0	100	0		

<b>#</b>	<b>Dosis</b> <b>L<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup></b>	<b>Días</b>	<b>Bloque</b>	<b>N° de</b> <b>Individuos</b>	<b>Valores</b> <b>para H-T</b>	<b>%</b> <b>Susceptibilidad</b> <b>(1)</b>	<b>%</b> <b>Sobrevivencia</b> <b>(2)</b>	<b>% Eficacia</b> <b>(3)</b>	<b>% N</b> <b>(4)</b>	<b>P ppm</b> <b>(5)</b>	<b>K ppm</b> <b>(6)</b>
----------	---	-------------	---------------	-----------------------------------	-----------------------------------	--	--	---------------------------------	--------------------------	----------------------------	----------------------------



92	2	30	4	4		56	44	26			
93	2	33	1	2	Td <sub>2x33</sub>	33	67	39	0,088	32,30	803,20
94	2	33	2	0		100	0	100	0,103	44,21	788,60
95	2	33	3	3		40	60	57	0,096	51,01	1 009,20
96	2	33	4	1		75	25	72	0,086	25,50	696,90
97	3	0	1	10		0	0	-			
98	3	0	2	10		0	0	-			
99	3	0	3	10		0	0	-			
100	3	0	4	10		0	0	-			
101	3	3	1	18	Ta <sub>3</sub>	0	100	-			
102	3	3	2	14		0	100	-			
103	3	3	3	13		0	100	-			
104	3	3	4	16		0	100	-			
105	3	6	1	3	Td <sub>3x6</sub>	83	17	81			
106	3	6	2	7		50	50	44			
107	3	6	3	6		54	46	8			
108	3	6	4	10		38	63	52			
109	3	9	1	7	Td <sub>3x9</sub>	0	100	0			
110	3	9	2	5		29	71	0			
111	3	9	3	4		33	67	0			
112	3	9	4	9		10	90	10			
113	3	12	1	8	Td <sub>3x12</sub>	0	100	0			
114	3	12	2	9		0	100	0			
115	3	12	3	7		0	100	0			
116	3	12	4	7		22	78	14			
117	3	15	1	8	Td <sub>3x15</sub>	0	100	0			
118	3	15	2	3		67	33	63			
119	3	15	3	6		14	86	0			
120	3	15	4	8		0	100	0			
121	3	18	1	2	Td <sub>3x18</sub>	75	25	87			
122	3	18	2	2		33	67	26			
<b>#</b>	<b>Dosis L<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup></b>	<b>Días</b>	<b>Bloque</b>	<b>N° de Individuos</b>	<b>Valores para H-T</b>	<b>% Susceptibilidad (1)</b>	<b>% Sobrevivencia (2)</b>	<b>% Eficacia (3)</b>	<b>% N (4)</b>	<b>P ppm (5)</b>	<b>K ppm (6)</b>
123	3	18	3	5		17	83	0			
124	3	18	4	7		13	88	0			

125	3	21	1	3	Td <sub>3x21</sub>	0	100	0			
126	3	21	2	4		0	100	0			
127	3	21	3	6		0	100	0			
128	3	21	4	11		0	100	0			
129	3	24	1	5	Td <sub>3x24</sub>	0	100	0			
130	3	24	2	10		0	100	0			
131	3	24	3	9		0	100	0			
132	3	24	4	14		0	100	0			
133	3	27	1	4	Td <sub>3x27</sub>	20	80	0			
134	3	27	2	2		80	20	75			
135	3	27	3	3		67	33	0			
136	3	27	4	2		86	14	84			
137	3	30	1	5	Td <sub>3x30</sub>	0	100	0			
138	3	30	2	6		0	100	0			
139	3	30	3	3		0	100	23			
140	3	30	4	8		0	100	0			
141	3	33	1	1	Td <sub>3x33</sub>	80	20	82	0,099	32,30	912,60
142	3	33	2	7		0	100	17	0,096	40,81	878,80
143	3	33	3	3		0	100	29	0,123	44,21	914,20
144	3	33	4	6		25	75	17	0,116	34,01	1 013,90
145	4	0	1	10		0	0	-			
146	4	0	2	10		0	0	-			
147	4	0	3	10		0	0	-			
148	4	0	4	10		0	0	-			
149	4	3	1	15	Ca <sub>4</sub>	0	100	-			
150	4	3	2	16		0	100	-			
151	4	3	3	15		0	100	-			
152	4	3	4	15		0	100	-			
153	4	6	1	4	Td <sub>4x6</sub>	73	27	70			
<b>#</b>	<b>Dosis</b>	<b>Días</b>	<b>Bloque</b>	<b>N° Indi</b>	<b>Valores</b>	<b>% Suscepti</b>	<b>% Sobrevi</b>	<b>% Eficacia</b>	<b>% N</b>	<b>P ppm</b>	<b>K ppm</b>
	<b>L·ha<sup>-1</sup></b>			<b>viduos</b>	<b>para H-T</b>	<b>bilidad (1)</b>	<b>vencia (2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>	<b>(5)</b>	<b>(6)</b>
154	4	6	2	8		50	50	44			
155	4	6	3	4		73	27	47			
156	4	6	4	5		67	33	74			
157	4	9	1	1	Td <sub>4x9</sub>	75	25	64			

158	4	9	2	5		38	63	0			
159	4	9	3	4		0	100	0			
160	4	9	4	11		0	100	0			
161	4	12	1	3	Td <sub>4x12</sub>	0	100	0			
162	4	12	2	3		40	60	33			
163	4	12	3	1		75	25	38			
164	4	12	4	7		36	64	29			
165	4	15	1	1	Td <sub>4x15</sub>	67	33	63			
166	4	15	2	6		0	100	0			
167	4	15	3	7		0	100	0			
168	4	15	4	10		0	100	0			
169	4	18	1	10	Td <sub>4x18</sub>	0	100	0			
170	4	18	2	3		50	50	44			
171	4	18	3	1		86	14	64			
172	4	18	4	7		30	70	0			
173	4	21	1	8	Td <sub>4x21</sub>	20	80	38			
174	4	21	2	4		0	100	0			
175	4	21	3	1		0	100	0			
176	4	21	4	7		0	100	0			
177	4	24	1	1	Td <sub>4x24</sub>	88	13	75			
178	4	24	2	2		50	50	17			
179	4	24	3	1		0	100	0			
180	4	24	4	10		0	100	0			
181	4	27	1	1	Td <sub>4x27</sub>	0	100	0			
182	4	27	2	3		0	100	0			
183	4	27	3	1		0	100	0			
184	4	27	4	3		70	30	67			
185	4	30	1	1	Td <sub>4x30</sub>	0	100	0			
#	Dosis L·ha <sup>-1</sup>	Días	Bloque	N° Indi- viduos	Valores para H-T	% Suscepti- bilidad (1)	% Sobrevi- vencia (2)	% Eficacia (3)	% N (4)	P ppm (5)	K ppm (6)
186	4	30	2	1		67	33	76			
187	4	30	3	1		0	100	23			
188	4	30	4	8		0	100	0			
189	4	33	1	3	Td <sub>4x33</sub>	0	100	0	0,122	35,71	827,30
190	4	33	2	1		0	100	29	0,146	21,08	688,90

191	4	33	3	1	0	100	29	0,123	22,44	740,40
192	4	33	4	1	88	13	86	0,119	25,50	853,30

*Nota:* Tomando como referencia a Giménez, *et al* (2004)

- (1) Susceptibilidad =  $((\text{Individuos en el tiempo}_{\text{actual}} - \text{Individuos tiempo}_{\text{anterior}}) / \text{Individuos tiempo}_{\text{anterior}}) * 100$ . Si el valor es positivo se transforma en 0, pero si es un valor negativo cambia a un valor positivo
- (2) Individuos vivos con respecto al tiempo<sub>anterior</sub>
- (3) Porcentaje de eficacia corregida mediante la fórmula de Henderson-Tilton (extraído de ICA, 2017), que utiliza valores de la población

$$\text{Porcentaje de eficacia} = \left[ 1 - \left[ \left( \frac{Ca}{Ta} \right) * \left( \frac{Td}{Cd} \right) \right] * 100 \right]$$

Las celdas que se utilizaran en la fórmula, están señaladas en la columna derecha (Valores para H-T) de la columna N° individuos.

(4 al 5) Valores obtenidos del análisis inicial del suelo (antes de aplicar los tratamientos de butaclor) y del análisis final de una mezcla homogénea de suelo según dosis de butaclor.



## Apéndice 9

Resultados de los análisis físico-químico del sustrato final utilizado en el presente estudio, según tratamiento

### TRATAMIENTO 1 - TESTIGO



**San Martín**

GOBIERNO REGIONAL  
¡El pueblo está primero!

**LABORATORIO DE ANÁLISIS AGRÍCOLAS DE SUELOS - ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE NUEVA CAJAMARCA**

Av. Cajamarca Norte N° 1151, Los Olivos IV Etapa - Distrito de Nueva Cajamarca  
Provincia de Rioja, San Martín. Teléfono 556443

### RESULTADO DE ANALISIS DE SUELO - CARACTERIZACION



**NOMBRE :** Evaluación de la *lumbricus spp.* como bioindicador de un suelo contaminado con Butaclor a nivel de invernadero, Nueva Cajamarca 2020  
**PROCEDENCIA :** TRATAMIENTO 1  
**FECHA DE INGRESO :** 1-Feb-21

**PROFUNDIDAD :** 0 - 30 cm  
**FECHA DE REPORTE :** 8-Mar-21  
**CULTIVO :** Tesis Ambiental  
**ATENCION :** Kathia Constantino y Donaldo Pérez

Nro	CLAVE LABORATORIO	CLAVE CAMPO	PROCEDENCIA y/o AGRICULTOR	Análisis Físico						Análisis Químico												
				Textura			Clase Textural	Densidad Aparente	pH	Conductividad Eléctrica	Carbonatos	Materia Orgánica	Elementos Disponibles			Capac. de Intercambio Catiónico	Elementos Cambiables					
				Arena	Arcilla	Limo							N	P	K		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>	Saturación de Al
%	%	%	%	ds / m	%	%	%	ppm	ppm	meq / 100 gr de suelo	%											
1	ASC21 - 0179	T1 - R1	TESTIGO 1	52.20	14.66	33.14	Franco Arenoso	1.48	7.67	0.01260	-	2.700	0.122	37.41	944.80	18.95	14.00	1.96	0.58	2.41	Trazas	0%
2	ASC21 - 0180	T1 - R2	TESTIGO 2	50.27	16.66	33.07	Franco	1.45	8.12	0.01620	-	2.610	0.117	51.01	1,046.20	17.82	12.80	1.79	0.56	2.67	Trazas	0%
3	ASC21 - 0181	T1 - R3	TESTIGO 3	50.20	16.74	33.06	Franco	1.45	8.21	0.00791	-	2.310	0.104	40.81	1,013.90	16.93	12.00	1.80	0.54	2.59	Trazas	0%
4	ASC21 - 0182	T1 - R4	TESTIGO 4	52.27	16.74	30.99	Franco Arenoso	1.46	8.29	0.00610	-	2.520	0.113	30.61	832.10	17.18	12.80	1.79	0.46	2.13	Trazas	0%
			<b>PROMEDIO</b>	<b>51.24</b>	<b>16.20</b>	<b>32.57</b>	<b>Franco Arenoso</b>	<b>1.46</b>	<b>8.07</b>	<b>0.01070</b>		<b>2.535</b>	<b>0.114</b>	<b>39.96</b>	<b>959.25</b>	<b>17.72</b>	<b>12.90</b>	<b>1.84</b>	<b>0.54</b>	<b>2.45</b>	Trazas	<b>0%</b>
			<b>DESVIACION ESTANDAR</b>	<b>1.16</b>	<b>1.03</b>	<b>1.05</b>		<b>0.01</b>	<b>0.28</b>	<b>0.00458</b>		<b>0.17</b>	<b>0.01</b>	<b>8.50</b>	<b>94.73</b>	<b>0.90</b>	<b>0.82</b>	<b>0.08</b>	<b>0.05</b>	<b>0.24</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
			<b>COEFICIENTE DE VARIABILIDAD *</b>	<b>2.26%</b>	<b>6.34%</b>	<b>3.23%</b>		<b>0.75%</b>	<b>3.43%</b>	<b>42.75%</b>		<b>6.59%</b>	<b>6.59%</b>	<b>21.27%</b>	<b>9.88%</b>	<b>5.09%</b>	<b>6.39%</b>	<b>4.55%</b>	<b>9.83%</b>	<b>9.77%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>

\* Un Coeficiente de Variabilidad inferior al 10% sugiere una baja dispersión de valores, entre 10 a 20% señala una dispersión media (Pimentel Gomes, F. (2009): Curso de estadística experimental, EMBRAPA - Brasil)

**METODOLOGIA EMPLEADA EN LOS ANALISIS** (Anexo de la Disposición Complementaria Transitoria del Decreto Supremo N° 013-2010-AG del 20 de noviembre del 2010):

Textura	: Hidrómetro de Bouyoucos	Materia Orgánica	: Walkley y Black	Sodio y Potasio	: Fotometría de Llama
pH	: Potenciómetro en suspensión suelo: agua	Nitrógeno	: Micro Kjeldahl	Calcio y Magnesio	: Versenato E.D.T.A
Conductividad Eléctrica	: Extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1	Fósforo	: Olsen Modificado	Aluminio cambiante	: Yuan, extracción con KCl 1N
Carbonatos	: Gasovolumétrico con calcímetro de Bernard	Capacidad de Intercambio Catiónico	: Suma de Bases cambiables	Acidez Activa	: Yuan, extracción con KCl 1N

VºBº Ing. Carlos Egoávil De la Cruz  
C.I.P. N° 32743



Gleoder Ruiz Flores  
Laboratorista de Suelos



# TRATAMIENTO 2 - BUTACLOR 2 L\*ha<sup>-1</sup>



**San Martín**  
GOBIERNO REGIONAL  
*El pueblo está primero!*

## LABORATORIO DE ANÁLISIS AGRÍCOLAS DE SUELOS - ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE NUEVA CAJAMARCA

Av. Cajamarca Norte N° 1151, Los Olivos IV Etapa - Distrito de Nueva Cajamarca  
Provincia de Rioja, San Martín. Teléfono 556443



### RESULTADO DE ANALISIS DE SUELO - CARACTERIZACION

**NOMBRE :** Evaluación de la *lumbricus spp.* como bioindicador de un suelo contaminado con Butaclor a nivel de invernadero, Nueva Cajamarca 2020  
**PROCEDENCIA :** TRATAMIENTO 2  
**FECHA DE INGRESO :** 1-Feb-21

**PROFUNDIDAD :** 0 - 30 cm  
**FECHA DE REPORTE :** 8-Mar-21  
**CULTIVO :** Tesis Ambiental  
**ATENCION :** Kathia Constantino y Donaldo Pérez

Nro	CLAVE LABORATORIO	CLAVE CAMPO	PROCEDENCIA y/o AGRICULTOR	Análisis Físico							Análisis Químico												
				Textura			Clase Textural	Densidad Aparente	pH	Conductividad Eléctrica	Carbonatos	Materia Orgánica	Elementos Disponibles			Capac. de Intercambio Catiónico	Elementos Cambiables						
				Arena	Arcilla	Limo							N	P	K		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>	Saturación de Al	
				%	%	%	%	ppm	ppm	meq / 100 gr de suelo	%	%	%	%	%	%							
1	ASC21 - 0183	T2 - R1	BUTACLOR 2 L.Ha <sup>-1</sup> 1	38.20	32.74	29.06	Franco Arcilloso	1.33	8.09	0.00916	-	1.950	0.088	32.30	803.20	17.18	12.80	1.79	0.54	2.05	Trazas	0%	
2	ASC21 - 0184	T2 - R2	BUTACLOR 2 L.Ha <sup>-1</sup> 2	40.27	32.66	27.07	Franco Arcilloso	1.34	8.24	0.00856	-	2.280	0.103	44.21	788.60	16.78	12.40	1.86	0.50	2.02	Trazas	0%	
3	ASC21 - 0185	T2 - R3	BUTACLOR 2 L.Ha <sup>-1</sup> 3	40.20	34.66	25.14	Franco Arcilloso	1.33	8.68	0.00839	-	2.130	0.096	51.01	1,009.20	16.74	12.00	1.68	0.48	2.58	Trazas	0%	
4	ASC21 - 0186	T2 - R4	BUTACLOR 2 L.Ha <sup>-1</sup> 4	38.27	34.59	27.14	Franco Arcilloso	1.32	8.03	0.00855	-	1.920	0.086	25.50	696.90	16.42	12.40	1.74	0.50	1.78	Trazas	0%	
			<b>PROMEDIO</b>	<b>39.24</b>	<b>33.66</b>	<b>27.10</b>	<b>Franco Arcilloso</b>	<b>1.33</b>	<b>8.26</b>	<b>0.00867</b>		<b>2.070</b>	<b>0.093</b>	<b>38.26</b>	<b>824.48</b>	<b>16.78</b>	<b>12.40</b>	<b>1.77</b>	<b>0.51</b>	<b>2.11</b>	<b>Trazas</b>	<b>0%</b>	
			<b>DESVIACION ESTANDAR</b>	<b>1.16</b>	<b>1.11</b>	<b>1.60</b>		<b>0.01</b>	<b>0.29</b>	<b>0.00034</b>		<b>0.17</b>	<b>0.01</b>	<b>11.49</b>	<b>131.83</b>	<b>0.31</b>	<b>0.33</b>	<b>0.08</b>	<b>0.03</b>	<b>2.12</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	
			<b>COEFICIENTE DE VARIABILIDAD *</b>	<b>2.94%</b>	<b>3.30%</b>	<b>5.91%</b>		<b>0.40%</b>	<b>3.55%</b>	<b>3.91%</b>		<b>8.11%</b>	<b>8.11%</b>	<b>30.04%</b>	<b>15.99%</b>	<b>1.86%</b>	<b>2.63%</b>	<b>4.32%</b>	<b>4.98%</b>	<b>2.15</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	

\* Un Coeficiente de Variabilidad inferior al 10% sugiere una baja dispersión de valores, entre 10 a 20% señala una dispersión media (Pimentel Gomes, F. (2009): Curso de estadística experimental, EMBRAPA - Brasil)

**METODOLOGIA EMPLEADA EN LOS ANALISIS** (Anexo de la Disposición Complementaria Transitoria del Decreto Supremo N° 013-2010-AG del 20 de noviembre del 2010):

Textura	: Hidrómetro de Bouyoucos	Materia Orgánica	: Walkley y Black	Sodio y Potasio	: Fotometría de Llama
pH	: Potenciómetro en suspensión suelo: agua	Nitrógeno	: Micro Kjeldahl	Calcio y Magnesio	: Versenato E.D.T.A
Conductividad Eléctrica	: Extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1	Fósforo	: Olsen Modificado	Aluminio cambiante	: Yuan, extracción con KCl 1N
Carbonatos	: Gasovolumétrico con calcímetro de Bernard	Capacidad de Intercambio Catiónico	: Suma de Bases cambiables	Acidez Activa	: Yuan, extracción con KCl 1N

VºBº Ing. Carlos Egoávil De la Cruz  
C.I.P. N° 32743



Gleoder Ruiz Flores  
Laborarista de Suelos

# TRATAMIENTO 3 - BUTACLOR 3 L\*ha<sup>-1</sup>



**San Martín**  
GOBIERNO REGIONAL  
*¡El pueblo está primero!*

## LABORATORIO DE ANÁLISIS AGRÍCOLAS DE SUELOS - ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE NUEVA CAJAMARCA

Av. Cajamarca Norte N° 1151, Los Olivos IV Etapa - Distrito de Nueva Cajamarca  
Provincia de Rioja, San Martín. Teléfono 556443

### RESULTADO DE ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN



**NOMBRE :** Evaluación de la *lumbricus spp.* como bioindicador de un suelo contaminado con Butaclor a nivel de invernadero, Nueva Cajamarca 2020  
**PROCEDENCIA :** TRATAMIENTO 3  
**FECHA DE INGRESO :** 1-Feb-21

**PROFUNDIDAD :** 0 - 30 cm  
**FECHA DE REPORTE :** 8-Mar-21  
**CULTIVO :** Tesis Ambiental  
**ATENCIÓN :** Kathia Constantino y Donaldo Pérez

Nro	CLAVE LABORATORIO	CLAVE CAMPO	PROCEDENCIA y/o AGRICULTOR	Análisis Físico					Análisis Químico														
				Textura			Clase Textural	Densidad Aparente	pH	Conductividad Eléctrica	Carbonatos	Materia Orgánica	Elementos Disponibles			Capac. de Intercambio Catiónico	Elementos Cambiables						Saturación de Al
				Arena	Arcilla	Limo							N	P	K		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>		
1	ASC21 - 0187	T3 - R1	BUTACLOR 3 L.Ha <sup>-1</sup> 1	40.20	34.66	25.14	Franco Arcilloso	1.33	8.38	0.00112	-	2.190	0.099	32.30	912.60	17.04	12.40	1.73	0.54	2.37	Trazas	0%	
2	ASC21 - 0188	T3 - R2	BUTACLOR 3 L.Ha <sup>-1</sup> 2	44.34	32.66	23.00	Franco Arcilloso	1.34	8.40	0.00816	-	2.130	0.096	40.81	878.80	16.68	12.20	1.83	0.40	2.25	Trazas	0%	
3	ASC21 - 0188	T3 - R3	BUTACLOR 3 L.Ha <sup>-1</sup> 3	42.27	34.66	23.07	Franco Arcilloso	1.33	8.30	0.00110	-	2.730	0.123	44.21	914.20	16.72	12.00	1.80	0.58	2.34	Trazas	0%	
4	ASC21 - 0189	T3 - R4	BUTACLOR 3 L.Ha <sup>-1</sup> 4	40.27	32.66	27.07	Franco Arcilloso	1.34	8.20	0.00137	-	2.580	0.116	34.01	1,013.90	16.99	12.20	1.70	0.50	2.59	Trazas	0%	
			<b>PROMEDIO</b>	<b>41.77</b>	<b>33.66</b>	<b>24.57</b>	<b>Franco Arcilloso</b>	<b>1.33</b>	<b>8.32</b>	<b>0.00294</b>		<b>2.408</b>	<b>0.108</b>	<b>37.83</b>	<b>929.88</b>	<b>16.86</b>	<b>12.20</b>	<b>1.77</b>	<b>0.51</b>	<b>2.39</b>	<b>Trazas</b>	<b>0%</b>	
			<b>DESVIACION ESTANDAR</b>	<b>1.96</b>	<b>1.15</b>	<b>1.94</b>		<b>0.01</b>	<b>0.09</b>	<b>0.00348</b>		<b>0.29</b>	<b>0.01</b>	<b>5.62</b>	<b>58.35</b>	<b>0.19</b>	<b>0.16</b>	<b>0.06</b>	<b>0.08</b>	<b>0.15</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	
			<b>COEFICIENTE DE VARIABILIDAD *</b>	<b>4.70%</b>	<b>3.43%</b>	<b>7.90%</b>		<b>0.54%</b>	<b>1.09%</b>	<b>118.60%</b>		<b>12.18%</b>	<b>14.86%</b>	<b>6.27%</b>	<b>1.11%</b>	<b>1.34%</b>	<b>3.42%</b>	<b>15.30%</b>	<b>6.15%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>		

\* Un Coeficiente de Variabilidad inferior al 10% sugiere una baja dispersión de valores, entre 10 a 20% señala una dispersión media (Pimentel Gomes, F. (2009): Curso de estadística experimental, EMBRAPA - Brasil)

**METODOLOGIA EMPLEADA EN LOS ANÁLISIS** (Anexo de la Disposición Complementaria Transitoria del Decreto Supremo N° 013-2010-AG del 20 de noviembre del 2010):

Textura :	Hidrómetro de Bouyoucos	Materia Orgánica :	Walkley y Black	Sodio y Potasio :	Fotometría de Llama
pH :	Potenciómetro en suspensión suelo: agua	Nitrógeno :	Micro Kjeldahl	Calcio y Magnesio :	Versenato E.D.T.A
Conductividad Eléctrica :	Extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1	Fósforo :	Olsen Modificado	Aluminio cambiante :	Yuan, extracción con KCl 1N
Carbonatos :	Gasovolumétrico con calcímetro de Bernard	Capacidad de Intercambio Catiónico :	Suma de Bases cambiables	Acidez Activa :	Yuan, extracción con KCl 1N

VºBº **Ing. Carlos Egoavil De la Cruz**  
C.I.P. N° 32743



**Gleoder Ruiz Flores**  
Laboratorista de Suelos



# TRATAMIENTO 4 - BUTACLOR 4 L\*ha<sup>-1</sup>



**San Martín**

GOBIERNO REGIONAL  
*¡El pueblo está primero!*

## LABORATORIO DE ANÁLISIS AGRÍCOLAS DE SUELOS - ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE NUEVA CAJAMARCA

Av. Cajamarca Norte N° 1151, Los Olivos IV Etapa - Distrito de Nueva Cajamarca  
Provincia de Rioja, San Martín. Teléfono 556443

### RESULTADO DE ANALISIS DE SUELO - CARACTERIZACION



**NOMBRE :** Evaluación de la *lumbricus spp.* como bioindicador de un suelo contaminado con Butaclor a nivel de invernadero, Nueva Cajamarca 2020  
**PROCEDENCIA :** TRATAMIENTO 4  
**FECHA DE INGRESO :** 1-Feb-21

**PROFUNDIDAD :** 0 - 30 cm  
**FECHA DE REPORTE :** 8-Mar-21  
**CULTIVO :** Tesis Ambiental  
**ATENCIÓN :** Kathia Constantino y Donaldo Pérez

Nro	CLAVE LABORATORIO	CLAVE CAMPO	PROCEDENCIA y/o AGRICULTOR	Análisis Físico						Análisis Químico												
				Textura			Clase Textural	Densidad Aparente	pH	Conductividad Eléctrica	Carbonatos	Materia Orgánica	Elementos Disponibles			Capac. de Intercambio Catiónico	Elementos Cambiables					
				Arena	Arcilla	Limo							N	P	K		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>	Saturación de Al
				%	%	%	%	ppm	ppm	meq / 100 gr de suelo	%	%	%	%	%	%						
1	ASC21 - 0190	T4 - R1	BUTACLOR 4 L.Ha <sup>-1</sup> 1	40.20	30.74	29.06	Franco Arcilloso	1.34	8.28	0.00130	-	2.700	0.122	35.71	827.30	16.86	12.40	1.74	0.60	2.12	Trazas	0%
2	ASC21 - 0191	T4 - R2	BUTACLOR 4 L.Ha <sup>-1</sup> 2	42.27	30.66	27.07	Franco Arcilloso	1.35	8.29	0.00977	-	3.240	0.146	21.08	688.90	16.39	12.80	1.39	0.44	1.76	Trazas	0%
3	ASC21 - 0192	T4 - R3	BUTACLOR 4 L.Ha <sup>-1</sup> 3	42.34	32.66	25	Franco Arcilloso	1.34	8.20	0.00837	-	2.730	0.123	22.44	740.40	16.05	12.00	1.68	0.48	1.89	Trazas	0%
4	ASC21 - 0193	T4 - R4	BUTACLOR 4 L.Ha <sup>-1</sup> 4	40.27	32.59	27.14	Franco Arcilloso	1.34	8.24	0.01010	-	2.640	0.119	25.50	853.30	16.88	12.40	1.74	0.56	2.18	Trazas	0%
<b>PROMEDIO</b>				<b>41.27</b>	<b>31.66</b>	<b>27.07</b>	<b>Franco Arcilloso</b>	<b>1.34</b>	<b>8.25</b>	<b>0.00739</b>		<b>2.828</b>	<b>0.127</b>	<b>26.18</b>	<b>777.48</b>	<b>16.55</b>	<b>12.40</b>	<b>1.64</b>	<b>0.52</b>	<b>1.99</b>	<b>Trazas</b>	<b>0%</b>
<b>DESVIACION ESTANDAR</b>				<b>1.20</b>	<b>1.11</b>	<b>1.66</b>		<b>0.01</b>	<b>0.04</b>	<b>0.00413</b>		<b>0.28</b>	<b>0.01</b>	<b>6.62</b>	<b>76.27</b>	<b>0.40</b>	<b>0.33</b>	<b>0.17</b>	<b>0.07</b>	<b>0.20</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>COEFICIENTE DE VARIABILIDAD *</b>				<b>2.90%</b>	<b>3.51%</b>	<b>6.13%</b>		<b>0.42%</b>	<b>0.50%</b>	<b>55.86%</b>		<b>9.82%</b>	<b>9.82%</b>	<b>25.27%</b>	<b>9.81%</b>	<b>2.41%</b>	<b>2.63%</b>	<b>10.22%</b>	<b>14.04%</b>	<b>9.81%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>

\* Un Coeficiente de Variabilidad inferior al 10% sugiere una baja dispersión de valores, entre 10 a 20% señala una dispersión media (Pimentel Gomes, F. (2009). Curso de estadística experimental, EMBRAPA - Brasil)

**METODOLOGIA EMPLEADA EN LOS ANALISIS** (Anexo de la Disposición Complementaria Transitoria del Decreto Supremo N° 013-2010-AG del 20 de noviembre del 2010):

Textura	: Hidrómetro de Bouyoucos	Materia Orgánica	: Walkley y Black	Sodio y Potasio	: Fotometría de Llama
pH	: Potenciómetro en suspensión suelo: agua	Nitrógeno	: Micro Kjeldahl	Calcio y Magnesio	: Versenato E.D.T.A
Conductividad Eléctrica	: Extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1	Fósforo	: Olsen Modificado	Aluminio cambiante	: Yuan, extracción con KCl 1N
Carbonatos	: Gasovolumétrico con calcímetro de Bernard	Capacidad de Intercambio Catiónico	: Suma de Bases cambiables	Acidez Activa	: Yuan, extracción con KCl 1N

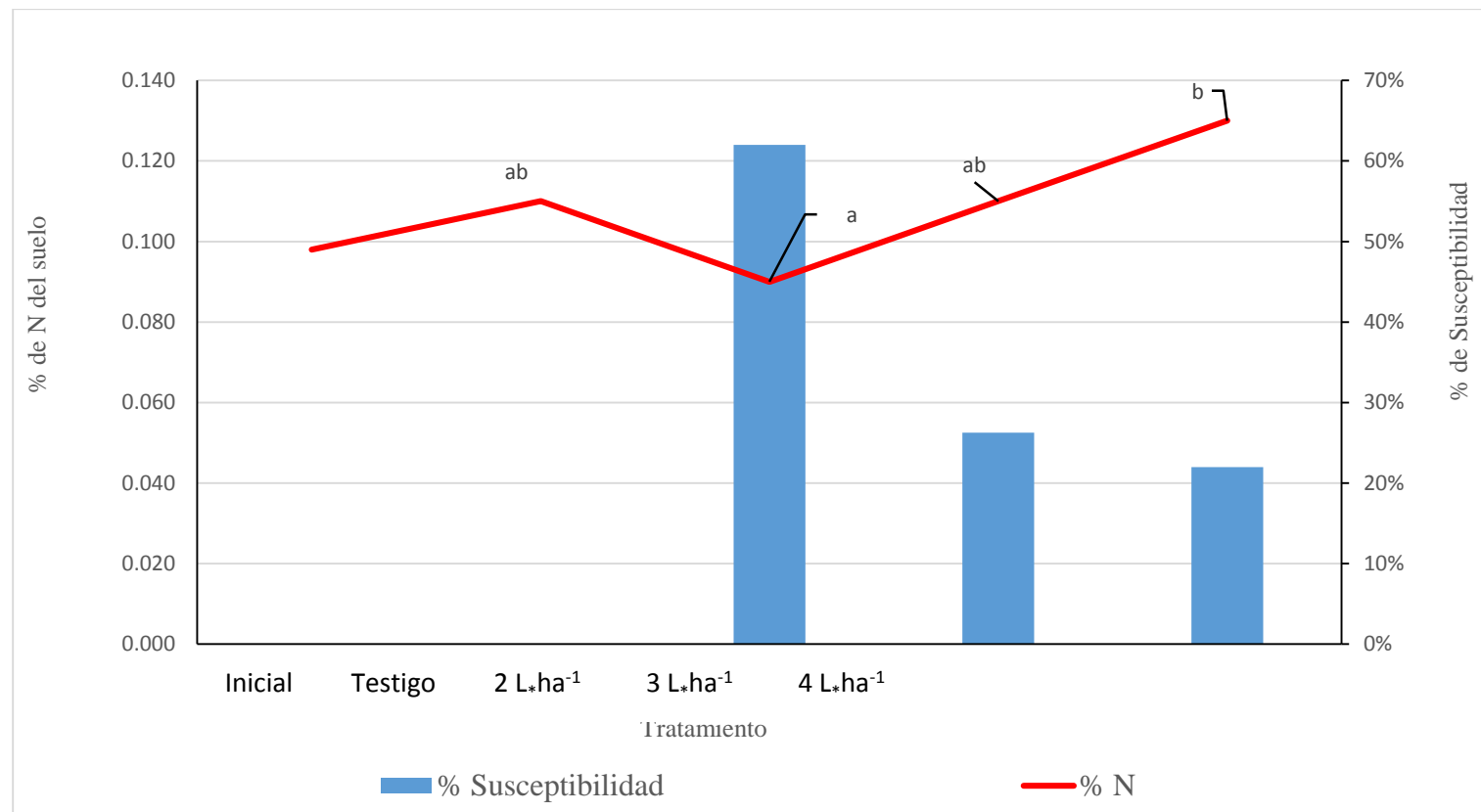
VºBº Ing. Carlos Egoavil De la Cruz  
C.I.P. Nº 32743



Gleoder Ruiz Flores  
Laboratorista de Suelos

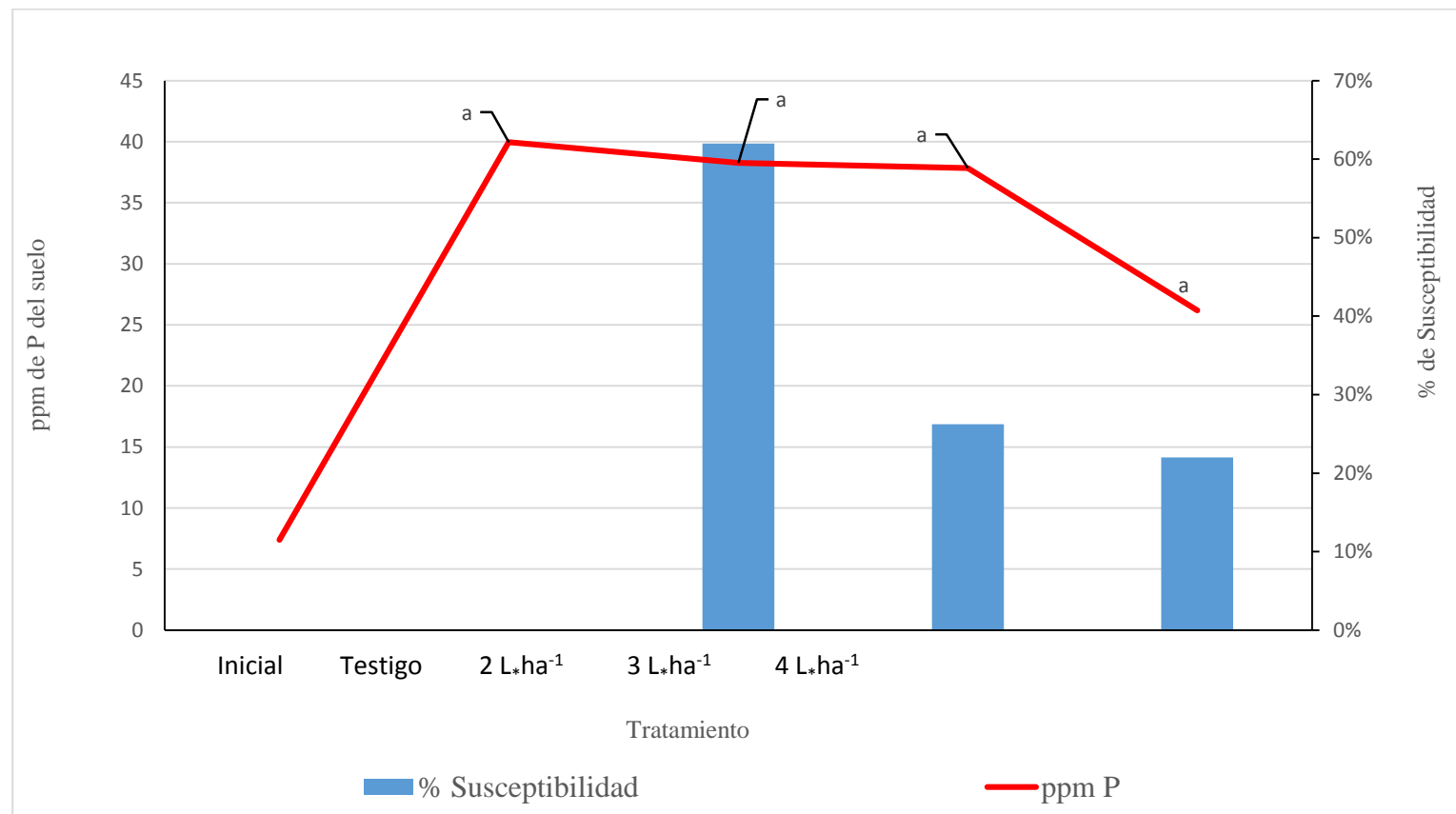
## Apéndice 10

### Contenido de nutrientes del suelo versus porcentaje de susceptibilidad

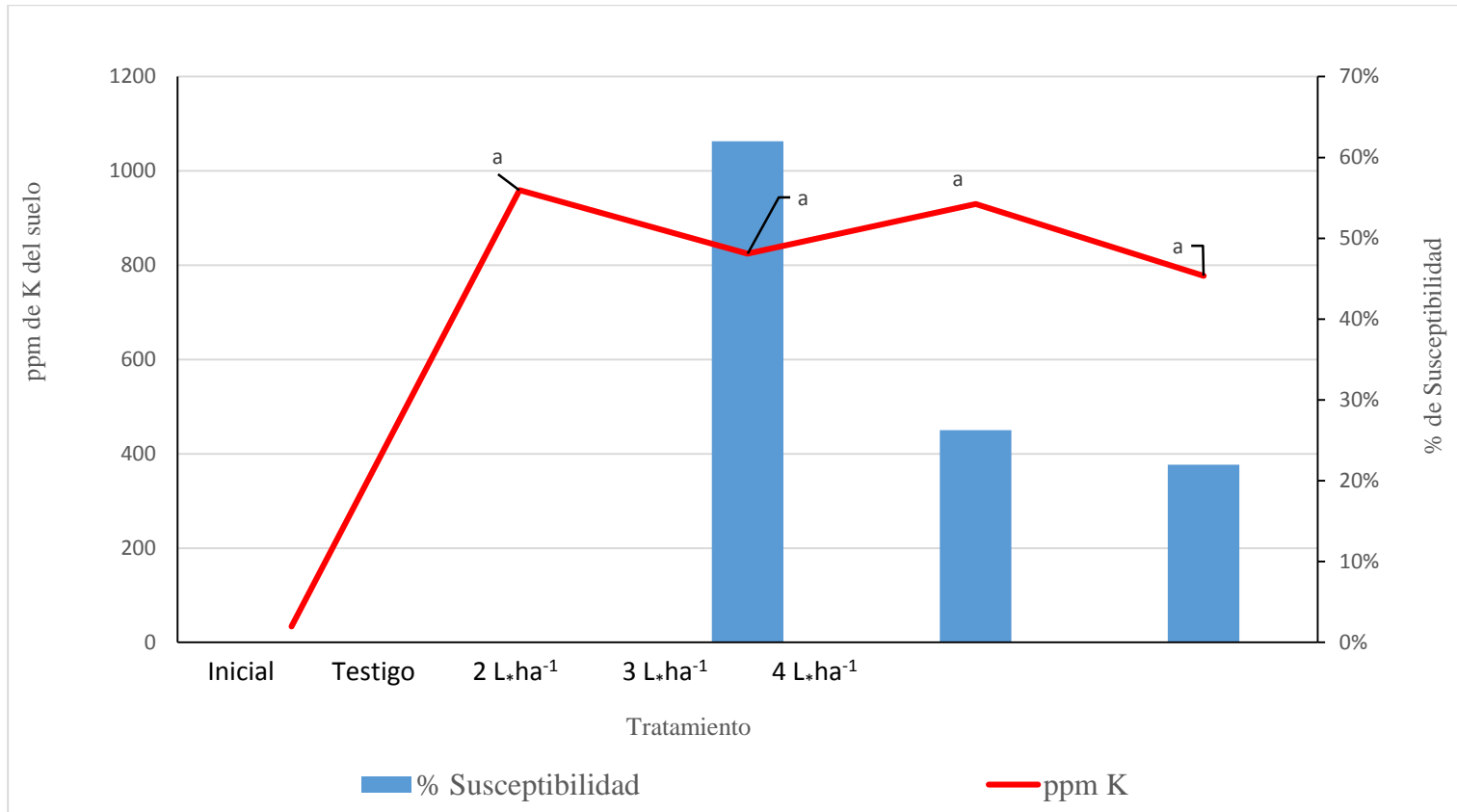


El porcentaje de N, con respecto al contenido inicial, se mantiene en niveles altos cuando la susceptibilidad (inverso a sobrevivencia) decrece por debajo del 50%. Y entre las dosis se observa significación estadística entre menor (0,090 % N) y mayor dosis (0,113 % N), mostrando semejanza

el testigo con la dosis intermedia (0,110 % N).



El fósforo, con respecto al contenido inicial, se mantiene en niveles altos cuando la susceptibilidad (inverso a sobrevivencia) decrece por debajo del 30 %. Y entre las dosis no se observa significación estadística entre el testigo (39,96 ppm de P) y mayor dosis (26,18 ppm P).



Mientras que el potasio, con respecto al testigo, se mantiene en niveles altos cuando la susceptibilidad (inverso a sobrevivencia) decrece por debajo del 30 %. Pero no muestran significación estadística en la prueba de Tukey<sub>0.05</sub>.

## Apéndice 11

### Hoja Técnica del herbicida butaclor



Oficina:  
Calle Dean Valdivia N° 148 Piso 7  
San Isidro - Lima  
Telf.: 630-6400

Planta:  
Av. Santa Josefina N° 467 Urb. Las Vegas  
Puente Piedra - Lima  
Telf.: 548-8999

# MACHETE 60 EC

(butaclor)  
HERBICIDA AGRÍCOLA

## I. DATOS DE LA EMPRESA

Empresa formuladora: Monsanto Co. (USA)

Titular del registro: FARMEX S.A.

Número de registro: 189-96-AG-SENASA

## II. IDENTIDAD

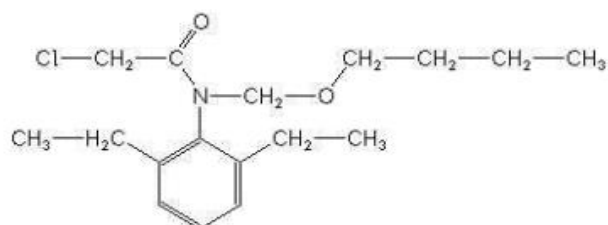
Nombre común: Butachlor

Grupo químico: Acetanilidas

Clase de uso: Herbicida

Fórmula empírica:  $C_{17}H_{26}ClNO_2$

Fórmula molecular:



Peso molecular: 311.9 g/mol

Concentración: Butachlor 600 g/L

Formulación: Concentración emulsionable – EC

**MACHETE® 60 EC**

**Fecha de Vigencia: 01.03.2017**

**Versión: 1**

## V. PROPIEDADES BIOLÓGICAS

### Mecanismo de acción

**MACHETE 60 EC** es un herbicida selectivo y sistémico empleado para el control preemergente de gramíneas y algunas malezas de hoja ancha. Es absorbido primeramente por el tallo de germinación, y secundariamente por las raíces, desde donde se trasloca al resto de la planta, acumulándose en grandes concentraciones en las partes vegetativas más que en las reproductivas.

### Modo de acción

El butaclor, ingrediente activo de **MACHETE 60 EC**, no posee un modo de acción definido, sin embargo se presume que las acetanilidas interfieren con un sistema enzimático, el zulfidril. Numerosos procesos fisiológicos tales como las síntesis de proteínas y lípidos han demostrado ser afectados por un tratamiento con butaclor.

## VI. TOXICIDAD (MACHETE 60 EC)

- DL<sub>50</sub> oral aguda (ratas): = 3300 mg/kg, categoría III, ligeramente peligroso.
- DL<sub>50</sub> dermal aguda (conejos): > 4080 mg/kg, categoría III ligeramente peligroso.
- CL<sub>50</sub> inhalatoria aguda (ratas): = 10.8 mg/L, categoría III, ligeramente peligroso.
- Irritación dermal (conejos): Moderadamente irritante. Nivel de severidad III.
- Irritación ocular (conejos): Ligeramente irritante ocular, nivel de severidad IV.
- Sensibilización cutánea (cobayos): Sensibilizante dermal.

## VII. ECOTOXICOLOGÍA E IMPACTO AMBIENTAL (BUTACHLOR)

- DL<sub>50</sub> pato silvestre: > 10 000 mg/kg, prácticamente no tóxico.
- CL<sub>50</sub> trucha = 0.52 mg/L, altamente tóxico
- CL<sub>50</sub> agalla azul = 0.44 mg/L, altamente tóxico.
- CL<sub>50</sub> en *Daphnia* = 2.4 mg/L, moderadamente tóxico.
- CE<sub>50</sub> algas verdes = 0.0027 mg/L, extremadamente tóxico.
- DL<sub>50</sub> oral y/o contacto en abejas: Contacto > 100 µg/abeja, prácticamente no tóxico.

### Comportamiento en el suelo, agua y aire.

La principal ruta de degradación del butaclor en el suelo y el agua es la actividad microbiana o biodegradación, específicamente bacterias y actinomicetos.

**MACHETE® 60 EC**

**Fecha de Vigencia: 01.03.2017**

**Versión: 1**



Aproximadamente un 80% del butaclor en el suelo es degradado por microorganismos y un 20% es degradado por descomposición química. Las pérdidas por fotodescomposición y volatilización son mínimas. Su degradación produce al menos 20 metabolitos solubles en agua (alcoholes, ácido oxanílico, ácido sulfónico, etc.) y desprendimiento de CO<sub>2</sub>.

El butaclor es una molécula no-persistente en el suelo, con un tiempo de vida media DT50 de 20 días, valor que puede variar dependiendo del tipo de suelo y las condiciones de saturación. Clasifica como una molécula no-móvil, con un coeficiente de adsorción de carbono orgánico Koc entre 932 para suelos arenosos y 1420 para suelos arcillosos. Además, el butaclor posee un Puntaje de Ubicuidad en las Aguas Subterráneas (PUAS) igual a 1.2, valor que explica su bajo potencial de lixiviación. Los estudios demuestran que el butaclor se fija estrechamente al suelo y sus sedimentos, reduciendo al mínimo el riesgo de contaminación de las aguas superficiales por arrastre y las subterráneas por lixiviación. Por otro lado, la presión de vapor del butaclor es muy baja, igual a  $6 \times 10^{-4}$  Pa, es decir, es una molécula poco volátil con un mínimo riesgo de contaminación del aire.

#### VIII. RECOMENDACIONES DE USO

CULTIVO	MALEZA		DOSIS (L/Ha)
	Nombre común	Nombre científico	
ARROZ	Carachuelo	<i>Digitaria sanguinalis.</i>	4 - 5
	Moco de pavo	<i>Echinochloa spp.</i>	
	Marzoquilla	<i>Ischemum rugosum.</i>	
	Cola de zorro	<i>Leptochloa filiformis</i>	
	Pata de gallina	<i>Eleusine indica</i>	
	Coquito	<i>Cyperus spp.</i>	
	Cadillo	<i>Cenchrus spp.</i>	
	Rabo de zorro	<i>Setaria spp.</i>	
	Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i>	
	Yuyo	<i>Amaranthus spinosus</i>	
	Hierba del gallinazo	<i>Commelina diffusa.</i>	
	Artemisa	<i>Ambrosia spp.</i>	
Lechera	<i>Euphorbia spp.</i>		

#### IX. CONDICIONES DE APLICACIÓN

Machete 60 EC se recomienda para el control preemergente de la mayoría de las malezas gramíneas y ciperáceas anuales a, y algunas de hoja ancha, en el cultivo de arroz.

Las instrucciones de uso son:

- En sembrío directo. Siémbrese el arroz sobre terreno bien preparado y mullido. Efectúe el riego de germinación tan pronto como sea posible. Aplique Machete 60 EC después del riego de germinación sobre terreno libre de malezas.
- En arroz de transplante. Efectúe el transplante en la forma acostumbrada. Aplique Machete 60 EC inmediatamente después de haber desaguado las pozas y antes que las malezas hayan comenzado a emerger.

Se recomienda una sola aplicación de Machete 60 EC por campaña. La dosis recomendada es de 4 a 5 L/ha.

#### **X. COMPATIBILIDAD**

Es compatible con la mayoría de los herbicidas, insecticidas, fungicidas y fertilizantes usados comúnmente en el cultivo de arroz. Cuando use la mezcla de tanque con propanol, tenga en cuenta las siguientes precauciones, debido a la incompatibilidad del propanol con insecticidas carbamatos y organofosforados.

#### **XI. REINGRESO A UN ÁREA TRATADA**

No reingresar sin protección a un campo aplicado hasta 3 días después de la aplicación.

#### **XII. FITOTOXICIDAD**

Aplicaciones preemergentes son fitotóxicas al arroz que se siembra al voleo y germina superficialmente.

#### **XIII. NOTA AL COMPRADOR**

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