



# IMPACTO ECOTOXICOLÓGICO DE TRES PLAGUICIDAS SOBRE *Eisenia fetida* (LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA) EN EL CULTIVO DE *Allium cepa* (CEBOLLA) EN EL DISTRITO DE LURÍN, LIMA, PERÚ

ECOTOXICOLOGICAL IMPACT OF THREE PESTICIDES ON *Eisenia fetida*  
(CALIFORNIAN RED WORM) ON *Allium cepa* (ONION) CROP IN THE DISTRICT  
OF LURÍN, LIMA, PERU

Diego Fernando Elias Estremadoyro<sup>1</sup>  y José Iannacone\*<sup>1,2</sup> 

<sup>1</sup>Laboratorio de Ingeniería Ambiental, Carrera de Ingeniería Ambiental. COEPERU - Coastal Ecosystems of Peru Research Group. Universidad Científica del Sur, Villa EL Salvador, 15067, Perú.

<sup>2</sup>Grupo de Investigación Sostenibilidad Ambiental (GISA), Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA). Escuela Universitaria de Posgrado, Universidad Nacional Federico Villarreal, El Agustino, 15007, Lima, Perú.

\*Autor para correspondencia: [joseiannacone@gmail.com](mailto:joseiannacone@gmail.com)

Manuscrito recibido el 22 de abril de 2020. Aceptado, tras revisión, el 22 de junio de 2021. Publicado el 1 de marzo de 2022.

## Resumen

La investigación evaluó el impacto de tres plaguicidas sobre *Eisenia fetida* en el cultivo de *Allium cepa* (cebolla) en el distrito de Lurín, Lima, Perú. Se calcularon los valores de dosis letal media ( $DL_{50}$ ) a los 14 días, porcentaje de evasión y actividad alimentaria, y posteriormente la proporción de exposición del tóxico (TER) y el coeficiente de riesgo ambiental (CR) para los plaguicidas zeta-cipermetrina, pendimetalina y profenofos en base a ensayos ecotoxicológicos con *E. fetida*. Los valores de  $DL_{50}$  a un tiempo de exposición a los 14 días para los tres plaguicidas fueron: zeta-cipermetrina > profenofos > pendimetalina. Se calculó una relación con la dosis de los plaguicidas cercanos a la  $DL_{50}$  para la evasión y para la actividad alimentaria. El valor TER para los tres plaguicidas fue calculado e indicó que no hay impacto ecotoxicológico para *E. fetida*. Sin embargo, en el valor de CR se presentaron valores de riesgo alto en el total, donde la zeta-cipermetrina indicó el 92,77% del riesgo ambiental, mientras que la pendimetalina presentó el menor riesgo ambiental con 0,09%. Dentro de la legislación peruana, estos plaguicidas siguen siendo permitidos, por lo cual, en base a esta investigación, se recomienda que se evalúe a más detalle la zeta-cipermetrina, debido a que fue el único plaguicida que presentó un CR significativo. En conclusión, la zeta-cipermetrina ocasiona impacto ambiental en el cultivo de cebolla del distrito de Lurín.

**Palabras clave:** Riesgo ambiental, *Eisenia fetida*,  $DL_{50}$ , TER, CR, Zeta-cipermetrina.

### Abstract

The research evaluated the impact of three pesticides on *Eisenia fetida* in the cultivation of *Allium cepa* (onion) in the district of Lurín, Lima, Peru. The mean lethal dose values ( $LD_{50}$ ) at 14 days, evasion percentage and food activity were evaluated as well as the exposure ratio of the toxic (TER) and the environmental risk coefficient (RQ) on pesticides zeta-cypermethrin, pendimethalin and profenofos based on ecotoxicological tests with *E. fetida*. The  $LD_{50}$  values at an exposure time at 14 d for the three pesticides were: zeta-cypermethrin>profenofos>pendimethalin. A relationship with the dose of pesticides close to the  $LD_{50}$  was calculated for the evasion and for food activity. TER value for the three pesticides was calculated which indicated no ecotoxicological impact for *E. fetida*. However, in the CR value, there were high risk values in the total, where zeta-cypermethrin indicated 92.77% of the environmental risk, while pendimethalin presented the lowest environmental risk with 0.09%. Within Peruvian legislation, these pesticides are still allowed to be used; hence, based on this research, it is suggested that zeta-cypermethrin be evaluated in more detail, because it was the only pesticide that presented a significant CR. In conclusion, zeta-cypermethrin causes an environmental impact on the onion crop in Lurín.

**Keywords:** Environmental risk, *Eisenia fetida*,  $DL_{50}$ , TER, RQ, Zeta-cipermetrin.

---

Forma sugerida de citar: Elias Estremadoyro, D. e Iannacone, J. (2022). Impacto ecotoxicológico de tres plaguicidas sobre *Eisenia fetida* (lombriz roja californiana) en el cultivo de *Allium cepa* (cebolla) en el distrito de Lurín, Lima, Perú. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 35(1):112-123. <http://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.09>.

---

IDs Orcid:

Diego Fernando Elias Estremadoyro: <http://orcid.org/0000-0002-2730-3920>

José Iannacone: <http://orcid.org/0000-0003-3699-4732>

## 1 Introducción

Al igual que la amenaza hacia los alimentos y otros productos agrícolas, existe el interés para el control de los insectos y otros vectores transmisibles de enfermedades (Ferrer, 2003). La FAO (2003), indica que “los plaguicidas son cualquier elemento o mezcla de las mismas destinadas a evitar, suprimir o manejar cualquier plaga, incluyendo a los vectores de afecciones al ser humano o a la fauna”. En el Perú, hasta el año 2017 se reportó al Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), el movimiento de 428 ingredientes activos (Cruz, 2017). La Resolución Directoral N° 0020-2013-AG-SENASA-DIAIA, presenta un listado aún vigente de los plaguicidas registrados, cancelados y prohibidos en el país, dentro de los cuales se incluyen los que se estudian en este trabajo.

La familia de los piretroides se usa desde la década de los 70 para las actividades agrícolas y entre ellas se encuentra a la zeta-cipermetrina, y empleada para las actividades agrícolas (Lao y col., 2012). La pendimetalina es un herbicida de la familia de las dinitroanilinas que se utiliza en la pre-siembra, pre-emergencia de la hierba y en la post-emergencia temprana de los cultivos (Ponz, 2010). El profenofos es un plaguicida perteneciente al grupo de los fosforados con modo de operación al contacto (Reddy y Rao, 2008). La especie *Eisenia fetida* (conocida como lombriz roja californiana) es uno de los organismos que cumple un rol beneficioso para el suelo. Giménez, Della Penna y Odello (2004) resaltan la utilidad de *E. fetida* en la integración y putrefacción de la materia orgánica, el reciclaje de las nutrientes y la conservación del suelo, siendo un indicador beneficioso para evaluar la contaminación del suelo (Wen y col., 2020).

El distrito de Lurín, Lima, Perú, presenta suelos muy fértiles que aportan alimentos a los mercados de Lima Metropolitana. Moreno y Huerse (2010), destacan que la cebolla, desde el punto de vista de su valor económico bruto, aporta a la cuenca, la hace un cultivo importante y debe ser considerada al ser evaluada de forma fitosanitaria. Para determinar el impacto de los tres plaguicidas es importante vincular las respuestas de *E. fetida*, empleando parámetros de toxicidad relevantes como la actividad biológica y de comportamiento. Los bioensayos emplean organismos guía, pero aclimatizados en labo-

ratorio, y estos abarcan un avistamiento inicial para la evaluación del impacto de plaguicidas (Piola, 2011; Tian y col., 2018; Sotelo-Vásquez y Iannacone, 2019; Aparecida-Giordani y col., 2020).

Por tal motivo, el objetivo de la investigación es evaluar el impacto de los tres plaguicidas más usados en el cultivo de *A. cepa*, por lo que se realizó ensayos ecotoxicológicos para hallar  $DL_{50}$  (Dosis letal media), CR (coeficiente de riesgo) y TER (exposición individual del toxico) empleado a *E. fetida*.

## 2 Materiales y Métodos

### 2.1 *Eisenia fetida*

Las lombrices de tierra en estado adulto (*E. fetida*) fueron obtenidas de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) y trasladadas al Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA) de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Lima, Perú. La adaptación se realizó dentro de un contenedor de 15 L, a una temperatura de  $19 \pm 2^\circ\text{C}$  y un periodo de 16 h de luz y 8 h de oscuridad. Para las pruebas con las lombrices se consideró un rango de peso entre 200-600 mg (Organización for Economic Co-operation and Development, 1984).

### 2.2 Suelo Artificial

El suelo artificial se preparó según la norma Organización for Economic Co-operation and Development (2004), con algunas modificaciones descritas en Romero y Cantú (2008). Los componentes del suelo artificial fueron: 70% de arena fina, 20% de arcilla y 10% de musgo. Al inicio de los ensayos se ajustó el contenido de humedad al 50% con el método de Avalos-Ruiz y Iannacone (2020).

### 2.3 Plaguicidas

Los plaguicidas usados fueron la zeta-cipermetrina de la marca Furia de un formulado de  $180 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  con las concentraciones de  $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $240 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  y  $480 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; el profenofos de la marca Selecrom de un formulado de  $500 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  con las concentraciones de  $625 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $1250 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $2500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $5000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  y  $10000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  y la pendimetalina de la marca Arrow de

un formulado de  $400 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  con las concentraciones de  $2666,67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $5333,33 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $10\,667,67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $21\,333,33 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  y  $42\,667,67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

## 2.4 Pruebas Ecotoxicológicas

### 2.4.1 Mortalidad y Otros Parámetros

Todos los ensayos se realizaron con cuatro repeticiones y se ajustaron al 50% de humedad para las pruebas. Para validar la prueba, se consideró como principio que la mortalidad del control no superara el 10%. Para este ensayo se usó el protocolo de Avalos-Ruiz y Iannacone (2020), que consistió en medir los indicadores físicos y químicos como la temperatura, la humedad, el pH y la materia orgánica, así como la mortalidad para la determinación de la  $DL_{50}$  a los 14 días de exposición, y el promedio de pesos al inicio y al final de la prueba a los 14 días (Hulbert y col., 2020; Avalos-Ruiz y Iannacone, 2020). Todas las lombrices que no se encontraron en el instante fueron registradas como fallecidas, por lo que se decidió medir su progeñe (huevos y crías juveniles) presentes en el suelo artificial, pero no se evidenció ninguno de ellos en los tratamientos de los tres pesticidas.

### 2.4.2 Evasión

Esta prueba usó el protocolo de García-Santos y Keller-Forrer (2011). Se emplearon recipientes rectangulares transparentes y desechables tipo tapa flexo de 1000 mL, donde se colocó por un lado el suelo tratado y por otro el control. Luego, las lombrices adultas se colocaron en la línea divisora de ambos suelos y se permitió que ingresaran hacia los mismos (McGuirk, Theron y Maboeta, 2020). Al cabo de tres días, se reinsertaron los tabiques y se contaron la cantidad de lombrices en cada lado. Las dosis para zeta-cipermetrina de un formulado de  $180 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  fueron  $15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  y  $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; para el profenofos de un formulado de  $50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  fueron  $312,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  y  $625 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; para la pendimetalina de un formulado fue de  $400 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  con las dosis de  $1\,333,33 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  y  $2\,666,67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Para determinar la evasión se usó la ecuación 1 de De Silva y Van Gestel (2009).

$$NR(E) = \frac{C - T}{N} \times 100 \quad (1)$$

Donde  $NR$  representa a la evasión (porcentaje),  $C$  representa al total de *E. fetida* en el suelo control,  $T$  representa al total de *E. fetida* en el suelo impactado, y  $N$  representa al total de *E. fetida* al iniciar el ensayo (Alves y col., 2013).

### 2.4.3 Actividad Alimentaria (AA)

Para evaluar la actividad alimentaria se utilizaron láminas acrílicas de 100 mm de largo, 10 mm de ancho y 0,1 cm de grosor. Estas láminas presentaron 16 agujeros de 0,1 cm de diámetro y se llenaron con una sustancia cebo usando una combinación compuesta por el carbohidrato celulosa (69%), salvado de trigo (30%) y carbón activo (1%) (Van Gestel y Weeks, 2004). El ensayo se realizó durante tres días, luego se quitaron las láminas, y se contaron el número de agujeros sin cebo en las hojas de cada tratamiento. La AA se determinó en base a la proporción media de agujeros completa o parcialmente vacías por cada concentración (Piola, 2011).

## 2.5 Tratamiento Estadístico de Datos

Las  $DL_{50s}$ ,  $DL_{50}$ -inferior y  $DL_{50}$ -superior se determinaron con la calculadora de Excel-Probit-2016 (Raj Mekapogu, 2016). Se usó el programa estadístico SPSS, ver. 25.0, para definir la homocasticidad de las varianzas y la normalidad de los datos y a su vez el tipo de pruebas como ANOVA o Pruebas No Paramétricas, dependiendo del caso, a un nivel de significancia de 0,05. Para las pruebas de evasión y actividad alimentaria se realizó una prueba Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ).

## 2.6 Evaluación del Impacto Ambiental (EIA)

Para determinar la evaluación de impacto ambiental (EIA), se identificaron parámetros para hallar las potenciales amenazas a *E. fetida* y al agroecosistema. Se utilizaron dos enfoques de evaluación de impacto ambiental, el primero se basó en un cálculo de la TER para *E. fetida*, mientras que el segundo se basó en el CR para cada muestra local (Pivato y col., 2017; Wee y Aris, 2017; Avalos-Ruiz y Iannacone, 2020).

### 2.6.1 Exposición

Se realizó analizándose la data recolectada de la literatura. La dosis ambiental controlada (MECs) del

residuo del plaguicida en el suelo de agricultura se usó para representar los PECs (Dosis ambiental prevista en el suelo) (Vašíčková y col., 2019).

### 2.6.2 Impacto

El impacto ambiental fue evaluado con los datos hallados del  $DL_{50}$  y PNEC (dosis sin efecto ecológico). El valor PNEC se encontró usando un factor de 1 000 para ensayos de periodos cortos. Para los plaguicidas con un Kow mayor a 2, el valor de su  $DL_{50}$  fue dividido por 2 como es propuesto en (European Commission, 2019) en base a la ecuación 2.

$$PNEC = \frac{DL_{50}}{1000} \quad (2)$$

### 2.6.3 Riesgo

Inicialmente se halló el riesgo ambiental de cada uno de los tres plaguicidas usando el criterio basado en los valores TER. Según la Comisión Europea mencionada por Hartnik, Sverdrup y Jensen (2008), si es menor a 10 el valor del TER es significativo, por lo que no debería tener autorización para ser usado como plaguicida. El valor del TER agudo se halló con la ecuación 3.

$$TER_{especies} = \frac{DL_{50}/PNEC_{especies}}{MEC_{\max \text{ o promedio}}} \quad (3)$$

El CR se calculó usando la ecuación 4, y se clasificó en cuatro niveles: 1. Riesgo nulo ( $CR < 0,01$ ), 2. Riesgo bajo ( $0,01 \geq 0,1$ ) 3. Riesgo medio ( $0,1 \leq CR < 1$ ) y riesgo alto ( $CR \geq 1$ ) siguiendo Sánchez-Bayo, Baskaran y Kennedy (2002). La suma de los CR de los tres plaguicidas permitió determinar el riesgo ambiental total por la aplicación de zeta-cipermetrina, profenofos y pendimetalina, y finalmente se cuantificó la contribución de cada uno de los tres plaguicidas.

$$CR = \frac{MEC_{suelo}}{PNEC_{mss}} \quad (4)$$

## 3 Resultados

Se llegó a conocer la toxicidad aguda de la zeta-cipermetrina sobre *E. fetida* a los 14 d de exposición (Tabla 1). La  $DL_{50}$  a 14 d de exposición fue de  $48,26 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Con respecto al promedio de pesos se evidenció un decrecimiento notable al aumentar la dosis. Se estableció la toxicidad aguda del profenofos

sobre *E. fetida* a los 14 d de exposición (Tabla 2). La  $DL_{50}$  a los 14 d de exposición fue de  $1250 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Con respecto al promedio de pesos, se evidenció una reducción notable.

Se encontró la toxicidad aguda de la pendimetalina sobre *E. fetida* a los 14 d de exposición (Tabla 3). La  $DL_{50}$  a los 14 d de exposición fue de  $3\,771,23 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Con respecto al promedio de pesos, se evidenció una reducción notable. La Tabla 4 expresa el porcentaje de evasión de los tres plaguicidas a valores de 60%, 40% y 80% en las dosis de  $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $625 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  y  $2\,666,67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , respectivamente. El análisis del Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ), indica que se encontró una conexión entre la evasión y la presencia del plaguicida para ambas dosis de zeta-cipermetrina, profenofos y pendimetalina, exceptuando la dosis de  $312,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  de profenofos y  $1\,333,33$  de pendimetalina.

Los datos hallados en esta prueba (Tabla 5) muestran que el porcentaje de la actividad alimentaria de los plaguicidas a los 3 d de exposición presentan valores de 33,33%; 29,12% y 32,66% en las dosis de  $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $625 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  y  $2\,666,67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , respectivamente. El análisis del Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) indica que si hay una conexión entre la actividad alimentaria y la presencia del plaguicida para la zeta-cipermetrina, el profenofos y la pendimetalina en las dosis ya mencionadas. Se obtuvieron los valores del TER (Tabla 6), que fueron 482,6; 12 500 y 377 123  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Por otro lado, los CR de cada plaguicida fueron 1,04; 0,08 y 0,001. Se demuestra que el CR t es mayor a 1, valorándolo como un impacto ambiental alto. La contribución de la zeta-cipermetrina fue de 92,77%, seguido del profenofos con un 7,14% y la pendimetalina con 0,09%.

## 4 Discusión

### 4.1 Ecotoxicidad aguda y otros parámetros importantes

En el estudio con *E. fetida* se observaron efectos en la mortalidad y disminución en el peso para zeta-cipermetrina ( $DL_{50} = 48,26 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ). Resultados similares se hallaron en la base de datos de plaguicidas de República Checa (PPDB, 2019) donde figura un valor de  $DL_{50} = 37,50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Junquera (2011) menciona que la cipermetrina también es conocida como la zeta-cipermetrina, lo que permite

que se contraste con otros estudios como, por ejemplo, el de Hartnik, Sverdrup y Jensen (2008) quienes obtuvieron un valor en alfa-cipermetrina de 762  $mg \cdot kg^{-1}$ . Zhou y col. (2008) y Zhou y col. (2011) presentaron valores de 84,14  $mg \cdot kg^{-1}$  y 86,04  $mg \cdot kg^{-1}$ , respectivamente.

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

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

% M: % mortalidad. DE: Desviación Estándar. N.C : No Corresponde DL<sub>50</sub>: Dosis letal media. DL<sub>50</sub>-inferior: DL<sub>50</sub> (Límite inferior). DL<sub>50</sub>-superior: DL<sub>50</sub> (Límite superior). PNEC: Dosis sin efecto ecológico. KW: Estadístico de Kruskal-Wallis. Prueba de Levene: Estadístico para evaluar la homocedasticidad de varianzas. SW: Estadístico de Shapiro-Wilks: prueba para evaluar la normalidad. Letras minúsculas iguales en una misma columna señalan que la mortalidad (%) es estadísticamente similar según la prueba de comparación múltiple de Tukey.

La materia orgánica (MO) tiene la característica de acumular zeta-cipermetrina, y las lombrices de tierra la hacen más disponible a través de su cutícula o durante la alimentación (Styrishave y col., 2010). En base a esto, la cantidad de materia orgánica en el sustrato del estudio se encontró inicialmente con 5,42%, por lo cual no existiría mucha absorción del contaminante. Este hecho también ocurre en el estudio de Hartnik, Sverdrup y Jensen (2008), ya que su suelo contó con 2,2% de materia orgánica, donde el compuesto pudo estar disponible en sus partículas minerales y/o en el agua, y, por ende, habría mayor riesgo de presencia del plaguicida hacia las lombrices. Los plaguicidas pueden ser retenidos por la materia orgánica del suelo y se sostiene que pueden ser degradados por organismos que se encuentran en la materia orgánica del suelo, lo que dependerá no solo de las propiedades de los plaguicidas, sino también de la naturaleza y concentración de la materia orgánica (Araneda

y col., 2016).

Otra de las variables que determinan la presencia de la zeta-cipermetrina son la solubilidad en el agua y el coeficiente de reparto octanol/agua (Kow). Ambas variables se correlacionan en forma significativa con la movilidad de los insecticidas en el suelo (Somasundaram y col., 1991). Zeta-cipermetrina tiene un log Kow de 5,5; lo que indica que es relativamente lipofílico, y por ello su potencial de infiltración es de bajo alcance en suelos agrícolas por su baja solubilidad en agua y adsorción al suelo (Sakata y col., 1986). Esto se evidenció en el trabajo de Hulbert y col. (2020), donde se encontró un mayor número de *E. fetida* vivas en la parte superficial en comparación a una mayor profundidad.

Según Wang y col. (2012), la reducida toxicidad de alfa-cipermetrina ocurre por su proceso metabólico acelerado, debido a que puede metabolizarse

previo a alcanzar al sistema nervioso central. Hubo una clara evasión a medida que esta dosis incrementa, así como en la actividad alimentaria. Esta conducta se manifiesta por la presencia de quimiorreceptores que posee *E. fetida* sobre su superficie corporal (Zhou y col., 2007). Por otro lado, el profenofos obtuvo una mortalidad de  $DL_{50}$  de 1 250

$mg \cdot kg^{-1}$  y una reducción de peso al pasar los 14 días de la prueba. Otras investigaciones como la de Bart y col. (2018) presentan valores como  $127 mg \cdot kg^{-1}$ . Harnpicharnchai, Chaiear y Charentan-yarak (2013) reportan que el valor promedio de profenofos en el suelo es de  $0,041 mg \cdot kg^{-1}$  en verano, mientras que en invierno es de  $0,016 mg \cdot kg^{-1}$ .

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

<i>Eisenia fetida</i>			
Dosis ( $mg \cdot kg^{-1}$ )	Efecto ecotoxicológico agudo en profenofos (% M) 14 d ( $\pm$ DE)	Promedio de Pesos (g)	
		0 d ( $\pm$ DE)	14 d ( $\pm$ DE)
Control	0,00 ( $\pm$ 0,00)a	2,89 ( $\pm$ 0,06)a	3,18 ( $\pm$ 0,05)a
625	25,00 ( $\pm$ 1,56)b	2,22 ( $\pm$ 0,09)b	1,61 ( $\pm$ 0,39)ab
1250	50,00 ( $\pm$ 1,83)c	2,23 ( $\pm$ 0,04)b	1,17 ( $\pm$ 0,47)b
2500	100,00 ( $\pm$ 0,00)d	2,19 ( $\pm$ 0,08)b	0,00 ( $\pm$ 0,00)c
5000	100,00 ( $\pm$ 0,00)d	2,27 ( $\pm$ 0,08)b	0,00 ( $\pm$ 0,00)c
10000	100,00 ( $\pm$ 0,00)d	2,13 ( $\pm$ 0,05)b	0,00 ( $\pm$ 0,00)c
$DL_{50}$	1250	N.C	N.C
$DL_{50}$ -inferior	810,30	N.C	N.C
$DL_{50}$ -superior	1928,30	N.C	N.C
PNEC	0,8103	N.C	N.C
KW	21,94	11,39	22,03
Sig	0,00	0,04	0,00
Prueba de Levene	10,69	0,54	6,65
Sig	0,00	0,75	0,00
SW	0,73	0,84	0,76
Sig	0,00	0,14	0,00

% M: % mortalidad. DE: Desviación Estándar. N.C : No Corresponde  $DL_{50}$ : Dosis letal media.  $DL_{50}$ -inferior:  $DL_{50}$  (Límite inferior).  $DL_{50}$ -superior:  $DL_{50}$  (Límite superior).

PNEC: Dosis sin efecto ecológico. KW: Estadístico de Kruskal–Wallis. Prueba de Levene: Estadístico para evaluar la homocasticidad de varianzas.

SW: Estadístico de Shapiro–Wilks: prueba para evaluar la normalidad.

Letras minúsculas iguales en una misma columna señalan que la mortalidad (%) es estadísticamente similar según la prueba de comparación múltiple de Tukey.

Con respecto a la evasión del suelo con profenofos, se evidenció que solo existió una relación con la dosis de  $625 mg \cdot kg^{-1}$ . Chakra y Rao (2008) mencionan que puede deberse a que las lombrices de tierra se ven afectadas por los plaguicidas a través del contacto con la piel o al alimentarse de residuos contaminados en el suelo. Principalmente, estos tóxicos pasan mediante la piel y llegan al fluido celómico y así son transportados por el cuerpo.

La materia orgánica es fundamental para la alimentación de las lombrices. En el estudio de Gómez y col. (1999), se investigó la influencia del profenofos en células de *Azospirillum brasilense*, encontrando que se redujo significativamente la fijación del

nitrogeno al suelo, lo cual estaría relacionado con la cantidad de materia orgánica disponible directamente, lo cual afectaría la actividad alimentaria como se evidenció a  $625 mg \cdot kg^{-1}$ , donde la actividad alimentaria estuvo relacionada con la dosis. Con la pendimetalina se evidenció una disminución del peso con respecto al incremento de las concentraciones del plaguicida y un  $DL_{50}$  de  $3\,771,23 mg \cdot kg^{-1}$ . En la misma base de datos (PPDB, 2019) se encontró un valor de  $DL_{50} > 1000 mg \cdot kg^{-1}$ . En el estudio de Mosqueda, Adjesiwor y Kniss (2019) se menciona que el rango permitido para lombrices es  $3\,545,96 mg \cdot kg^{-1}$  del plaguicida Prowl  $H_2O$ , hallándose cercano al valor obtenido en este estudio, al igual que en el de Traoré y col. (2018) con un valor de  $3\,555,96$

mg · kg<sup>-1</sup>.

Con respecto a la evasión y actividad alimentaria, estas estarían relacionadas con su disponibilidad, ya que podría estar degradándose con el incremento de la temperatura y la disminución de humedad, y por lo tanto estarían menos disponibles. Estos son similares al estudio de Zimdahl, Catizone

y Butcher (1984) donde la degradación de la pendimetalina fue mayor a 30°C, disminuyendo al igual que la humedad del suelo, como sucedería en la prueba ecotoxicológica donde la temperatura promedio osciló entre 20,6-20,7°C y la humedad disminuyó de 75% a 25%, estando más disponible en el suelo y afectando a *E. fetida*.

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

<i>Eisenia fetida</i>			
Dosis (mg · kg <sup>-1</sup> )	Efecto ecotoxicológico agudo en pendimetalina (% M) 14 d (± DE)	Promedio de Pesos (g)	
		0 d (± DE)	14 d (± DE)
Control	0,00 (± 0,00)a	2,89 (± 0,06)a	3,18 (± 0,05)a
2 666,67	42,50 (± 0,85)b	2,17 (± 0,09)b	1,25 (± 0,15)b
5 333,33	57,50 (± 1,10)c	2,15 (± 0,07)b	0,92 (± 0,22)b
10 666,67	100,00 (± 0,00)d	2,32 (± 0,12)b	0,00 (± 0,00)c
21 333,33	100,00 (± 0,00)d	2,22 (± 0,09)b	0,00 (± 0,00)c
42 666,67	100,00 (± 0,00)d	2,16 (± 0,06)b	0,00 (± 0,00)c
DL <sub>50</sub>	3771,23	N.C	N.C
DL <sub>50</sub> -inferior	1866,24	N.C	N.C
DL <sub>50</sub> -superior	7620,78	N.C	N.C
PNEC	3,77123	N.C	N.C
KW	22,19	10,66	22,21
Sig	0,00	0,06	0,00
Prueba de Levene	9,00	0,42	8,82
Sig	0,00	0,83	0,00
SW	0,78	mn1c 0,84	0,75
Sig	0,00	0,14	0,00

% M: % mortalidad. DE: Desviación Estándar. N.C : No Corresponde DL<sub>50</sub>: Dosis letal media. DL<sub>50</sub>-inferior: DL<sub>50</sub> (Límite inferior). DL<sub>50</sub>-superior: DL<sub>50</sub> (Límite superior).

PNEC: Dosis sin efecto ecológico. KW: Estadístico de Kruskal–Wallis. Prueba de Levene: Estadístico para evaluar la homocedasticidad de varianzas.

SW: Estadístico de Shapiro–Wilks: prueba para evaluar la normalidad.

Letras minúsculas iguales en una misma columna señalan que la mortalidad (%) es estadísticamente similar según la prueba de comparación múltiple de Tukey.

## 4.2 Evaluación del Impacto Ambiental

Para la zeta-cipermetrina, el TER fue de 482,6 demostrando baja toxicidad con respecto a *E. fetida*. Considerando como referencia a la legislación de la Comunidad Europea, siendo numéricamente menor a 10, no representaría un impacto para el ambiente al no mostrar un riesgo para *E. fetida*. Hartnik, Sverdrup y Jensen (2008) determinaron un TER de 1 500 para la alfa-cipermetrina, mientras que con el CR se obtuvo un valor de 1,04, y se considera un riesgo ambiental alto, muy diferente al TER ya que el CR se utiliza en este estudio para señalar el organismo más sensible y permitir una evaluación de la toxicidad de la mezcla de los tres plaguicidas

que se usan en el cultivo de cebolla; sin embargo, el impacto ambiental en el suelo sobre la lombriz de tierra podría ser similar en otros cultivos donde se empleen zeta-cipermetrina, profenofos y pendimetalina.

Para el profenofos, el TER fue de 12 500 siendo mayor que la de zeta-cipermetrina. Vašíčková y col. (2019) definen al TER como una aproximación que caracteriza el riesgo de un compuesto independiente y ofrece una estimación general del impacto ambiental para cada especie en el suelo. El CR se aplica ya que su exposición es dividida dependiendo a su toxicidad, como es el caso de los pro-

fenofos con un riesgo bajo con un valor de 0,08. Los residuos de profenofos en el suelo plantean una serie de preocupaciones medioambientales, como los efectos adversos sobre los cultivos y la migra-

ción al agua subterránea (He, Fan y Liu, 2010; Bedi y col., 2015; Gonzales-Condori, Ramírez-Revilla y Villanueva-Salas, 2020).

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

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

Estadístico  $\chi^2$ : Chi Cuadrado.

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

Plaguicidas	<i>Eisenia fetida</i>			
	Efecto de Evasión	Parámetros		
		Dosis (mg·kg <sup>-1</sup> )	Actividad Alimentaria (%)	$\chi^2$
Zeta-Cipermetrina	15	54,19	0,76	0,39
	30	33,33	10,97	0,00
Profenofos	312,5	39,65	3,63	0,06
	625	29,12	16,28	0,00
Pendimetalina	1 333,33	49,28	0,05	0,83
	2 666,67	32,66	10,86	0,00

Estadístico  $\chi^2$ : Chi Cuadrado.

**Tabla 6.** Valores del impacto ambiental de zeta-cipermetrina, profenofos y pendimetalina sobre *Eisenia fetida*.

Parámetros	Zeta-Cipermetrina	Profenofos	Pendimetalina
MEC o PEC (mg·kg <sup>-1</sup> )	0,05 (BASF, 2014)	0,1 (Brink y col., 2003)	0,005 (Vašíčková y col., 2019)
(DL <sub>50</sub> )	48,26	1 250	3 771,23
PNEC (DL <sub>50</sub> )	0,04826	1,25	3,77123
TER (DL <sub>50</sub> )	482,6	12 500	377 123
CR (DL <sub>50</sub> )	1,04	0,08	1
Contribución (%)	92,77	7,14	0,09
CR t (DL <sub>50</sub> )		1121	

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

Por último, la pendimetalina demostró tener los valores de TER y CR más lejos del rango de impacto ambiental en las diferentes clasificaciones, con valores de 377 123 y 0,001, arrojando valores de riesgo

nulos en ambos casos. Goto y Sudo (2018) sugieren que el contenido de lípidos simple de la pendimetalina y el trifluralin no es el único factor que afecta el potencial de bioacumulación, sino que las di-

ferencias en la composición de los lípidos podrían generar variabilidad en la bioconcentración en los organismos biológicos (Heijden y Jonker, 2011).

## 5 Conclusiones

Los datos hallados de la  $DL_{50}$ -14d evidencian que el nivel de ecotoxicidad en base a la mortalidad y a la disminución del peso de *E. fetida* por los plaguicidas más usados en el cultivo de cebolla en el distrito de Lurín, Lima, Perú, estuvo por debajo de las dosis recomendadas por los fabricantes para el control de plagas, a excepción de la zeta-cipermetrina. Las pruebas de evasión y de actividad alimentaria con *E. fetida* presentaron una relación con la dosis más cercana a sus  $DL_{50}$ . El valor TER para los tres zeta-cipermetrina, profenofos y pendimetalina fue calculado declarándose sin impacto ambiental a *E. fetida*. Sin embargo, en el valor del CR se presentaron valores de riesgo alto en el total, donde la zeta-cipermetrina contribuyó con el mayor valor, el profenofos mostró un riesgo bajo y la pendimetalina no mostró riesgo para el cultivo de la cebolla del distrito de Lurín. En el Perú, la RD N° 0020-2013-AG-SENASA-DIAIA muestra que estos tres plaguicidas siguen registrados y son permitidos su uso, por lo cual, en base a esta investigación, se recomienda que se evalué a más detalle el impacto sobre otros organismos del suelo; y a la zeta-cipermetrina en ensayos crónicos reproductivos sobre *E. fetida*, debido a que fue el único plaguicida que representó un riesgo ambiental.

## Referencias

Alves, P. y col. (2013). «Earthworm ecotoxicological assessments of pesticides used to treat seeds under tropical conditions». En: *Chemosphere* 90.11, 2674-2682. Online: <https://bit.ly/3fG52PH>.

Aparecida-Giordani, I. y col. (2020). «Toxicity of pesticides with fungicide and fungicide+ insecticide effects to *Eisenia andrei*». En: *Revista Ambiente & Água* 1515.3, e2493. Online: <https://bit.ly/34R9OaO>.

Arnada, A. y col. (2016). «Use of earthworms as a pesticide exposure indicator in soils under conventional and organic management». En: *Chilean journal of agricultural research* 76.3, 356-362. Online: <https://n9.cl/8nz1q>.

Avalos-Ruiz, S. y J. Iannacone (2020). «Evaluación del riesgo ambiental terrestre de dos gasolinas ecológicas de 90 octanos en la lombriz de tierra *Eisenia Fetida* (Savigny, 1826)». En: *Revista Campus* 25.30, 189-208. Online: <https://bit.ly/3sXdy4o>.

BASF (2014). *Registration Report: Alpha-cypermethrin, Central Zone: Germany*. Inf. téc. BASF. Online: <https://bit.ly/3EWkdyd>.

Bart, S. y col. (2018). «*Aporrectodea caliginosa*, a relevant earthworm species for a posteriori pesticide risk assessment: current knowledge and recommendations for culture and experimental design». En: *Environmental Science and Pollution Research* 25.34, 33867-33881. Online: <https://bit.ly/32YqxrG>.

Bedi, J. y col. (2015). «Pesticide residues in bovine milk in Punjab, India: spatial variation and risk assessment to human health». En: *Archives of environmental contamination and toxicology* 69.2, 230-240. Online: <https://bit.ly/3pVATBP>.

Brink, P. J. Van den y col. (2003). *Environmental and human risks of pesticide use in Thailand and Sri Lanka; results of a preliminary risk assessment*. Rep. de inv. Wageningen : Alterra (MAMAS report series no. 3/2003) - 89. Online: <https://bit.ly/2PhzumA>.

Chakra, R. y J. Rao (2008). «Biological response of earthworm, *Eisenia foetida* (Savigny) to an organophosphorous pesticide, profenofos». En: *Ecotoxicology and Environmental Safety* 71.2, 574-582. Online: <https://bit.ly/3qHTaSa>.

Cruz, A. (2017). «Situación actual del consumo de pesticidas en el Perú». Tesis de grado. Online: <https://bit.ly/33oFOT4>. Iniversidad Nacional Agraria La Molina.

De Silva, P. y C. Van Gestel (2009). «Comparative sensitivity of *Eisenia andrei* and *Perionyx excavatus* in earthworm avoidance tests using two soil types in the tropics». En: *Chemosphere* 77.11, 1609-1613. Online: <https://bit.ly/3FUSGyB>.

European Commission (2019). *Guidance Document on Terrestrial Ecotoxicology in the Context of the Directive 91/414/EEC*. Inf. téc. European Commission. Online: <https://bit.ly/3zosWII>.

FAO (2003). *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos*. Food and Agriculture Organization.

Ferrer, A. (2003). «Anales del sistema sanitario de Navarra». En: vol. 26. Cap. Intoxicación por

- plaguicidas, 155-171. Online: <https://bit.ly/2PDEm4w>.
- García-Santos, G. y K. Keller-Forrer (2011). «Avoidance behaviour of *Eisenia fetida* to carbofuran, chlorpyrifos, mancozeb and metamidophos in natural soils from the highlands of Colombia». En: *Chemosphere* 84.5, 651-656. Online: <https://bit.ly/34fArFX>.
- Giménez, R., A. Della Penna y E. Odello (2004). «Efectos tóxicos de los insecticidas clorpirifos y teflutrina sobre la lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris* L.)» En: *Agricultura Técnica* 64.4, 347-352. Online: <https://bit.ly/3JKhkEu>.
- Gómez, F. y col. (1999). «Influence of the insecticides profenofos and diazinon on the microbial activities of *Azospirillum brasilense*». En: *Chemosphere* 39.6, 945-957. Online: <https://bit.ly/3HDsCbp>.
- Gonzales-Condori, E., S. Ramírez-Revilla y J. Villanueva-Salas (2020). «Role of *Eisenia foetida* in the degradation of profenofos in presence of native bacterial communities». En: *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 19.Sup. 1, 45-57. Online: <https://bit.ly/3HBg1pq>.
- Goto, Y. y M. Sudo (2018). «Uptake and elimination kinetics of trifluralin and pendimethalin in *Pheretima* spp. and *Eisenia* spp.» En: *Environmental Science and Pollution Research* 25.13, 12352-12360. Online: <https://bit.ly/3pPgdLz>.
- Harnpicharnchai, K., N. Chaiear y L. Charentanyarak (2013). «Residues of organophosphate pesticides used in vegetable cultivation in ambient air, surface water and soil in Bueng Niam Sub-district, Khon Kaen, Thailand». En: *The Southeast Asian journal of tropical medicine and public health* 44.6, 1088-97. <https://bit.ly/35kqym8>.
- Hartnik, T., L. Sverdrup y J. Jensen (2008). «Toxicity of the pesticide alpha-cypermethrin to four soil nontarget invertebrates and implications for risk assessment». En: *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal* 27.6, 1408-1415. Online: <https://bit.ly/3sRuGbU>.
- He, J., M. Fan y X. Liu (2010). «Environmental behavior of profenofos under paddy field conditions». En: *Bulletin of environmental contamination and toxicology* 84.6, 771-774. Online: <https://bit.ly/3zpsBD>.
- Heijden, S. Van der y M. Jonker (2011). «Intra-and interspecies variation in bioconcentration potential of polychlorinated biphenyls: are all lipids equal?» En: *Environmental science & technology* 45.24, 10408-10414. Online: <https://bit.ly/3sUPfUT>.
- Hulbert, D. y col. (2020). «Leaching of insecticides used in blueberry production and their toxicity to red worm». En: *Chemosphere* 241, 125091. Online: <https://bit.ly/34fBohv>.
- Junquera, P. (2011). *Antiparasitarios externos (ectoparasiticidas) para el ganado bovino, ovino, caprino, porcino y aviar, perros y gatos*. PARASITIPEDIA.net.
- Lao, W. y col. (2012). «Pyrethroids in Southern California coastal sediments». En: *Environmental toxicology and chemistry* 31.7, 1649-1656. Online: <https://bit.ly/3pVcEnm>.
- McGuirk, B., P. Theron y M. Maboeta (2020). «The effects of different gold mine tailings on growth, reproduction and avoidance-behaviour of earthworms». En: *African Zoology* 55.1, 35-42. Online: <https://bit.ly/3zrqMYD>.
- Moreno, J. y R. Huerse (2010). *Diagnóstico Socioeconómico de la Cuenca del río Lurín. Proyecto: "Desarrollo Territorial y Generación de Empleo en la Cuenca del Río Lurín"*. Inf. téc. CGDD-CIED. Online: <https://bit.ly/34IVH7g>.
- Mosqueda, Elizabeth G, Albert T Adjesiwor y Andrew R Kniss (2019). «Relative toxicity of selected herbicides and household chemicals to earthworms». En: *bioRxiv*, 850222. Online: <https://bit.ly/3qNWnQb>.
- Organization for Economic Co-operation and Development (1984). *Guideline for testing of chemicals No 207. Earthworm, acute toxicity tests*. Inf. téc. OECD. Online: <https://bit.ly/3ESqg72>.
- (2004). *Guideline for the Testing of Chemicals. Test No. 222: Earthworm Reproduction Test (Eisenia fetida/andrei)*. Inf. téc. OECD. Online: <https://bit.ly/3pT95hp>.
- PPDB (2019). *PPDB - Pesticides Properties Data Base*. PPDB.
- Piola, L. (2011). «Ensayos ecotoxicológicos para la evaluación del impacto de plaguicidas en suelos agrícolas de Argentina». PhD Thesis. Online: <https://bit.ly/35junbl>. Universidad de Buenos Aires.
- Pivato, A. y col. (2017). «Ecological risk assessment of agricultural soils for the definition of soil screening values: A comparison between substance-based and matrix-based approaches». En: *Heliyon* 3.4, e00284. Online: <https://bit.ly/31uQ1N6>.

- Ponz, P. (2010). «Biorremediación de pendimetalina en ensayos de microcosmos controlados». En: CONAMA10 Congreso Nacional del Medio Ambiente. Online: <https://bit.ly/2rHQERi>.
- Raj Mekapogu, A. (jul. de 2016). *Calculating LD50/LC50 using Probit Analysis in EXCEL*. Probit Analysis.
- Reddy, N. y J. Rao (2008). «Biological response of earthworm, *Eisenia foetida* (Savigny) to an organophosphorous pesticide, profenofos». En: *Ecotoxicology and Environmental Safety* 71.2, 574-582. Online: <https://bit.ly/3qHTaSa>.
- Romero, P. y A. Cantú (2008). *Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo: la experiencia en México*. Instituto Nacional de Ecología.
- Sakata, S. y col. (1986). «Degradation and leaching behavior of the pyrethroid insecticide cypermethrin in soils». En: *Journal of Pesticide Science* 11.1, 71-79. Online: <https://bit.ly/34bJ0l6>.
- Sánchez-Bayo, F., S. Baskaran e I. Kennedy (2002). «Ecological relative risk (EcoRR): another approach for risk assessment of pesticides in agriculture». En: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 91.1-3, 37-57. Online: <https://bit.ly/3HuyljQ>.
- Somasundaram, L. y col. (1991). «Mobility of pesticides and their hydrolysis metabolites in soil». En: *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal* 10.2, 185-194. Online: <https://bit.ly/3mVky17>.
- Sotelo-Vásquez, D. y J. Iannacone (2019). «Toxicidad aguda de tres plaguicidas (Butaclor, Oxiclo-ruro de cobre y Clorpirifos) sobre el anfípodo bentónico marino *Apoehyale grandicornis* (Kroyer, 1845)(Crustacea: Hyalidae)». En: *Biotempo* 16.2, 239-254. Online: <https://bit.ly/3FWRQkD>.
- Styrishave, B. y col. (2010). «Influence of soil type and organic matter content on the bio-availability, accumulation, and toxicity of  $\alpha$ -cypermethrin in the springtail *Folsomia candida*». En: *Environmental toxicology and chemistry* 29.5, 1084-1090. Online: <https://bit.ly/3znCiUO>.
- Tian, D. y col. (2018). «Novel two-tiered approach of ecological risk assessment for pesticide mixtures based on joint effects». En: *Chemosphere* 192, 362-371. Online: <https://bit.ly/3qPwCih>.
- Traoré, H. y col. (2018). «Clustering pesticides according to their molecular properties, fate, and effects by considering additional ecotoxicological parameters in the TyPol method». En: *Environmental Science and Pollution Research* 25.5, 4728-4738. Online: <https://bit.ly/3JKk0C2>.
- Van Gestel, C. y J. Weeks (2004). «Recommendations of the 3rd international workshop on earthworm ecotoxicology, Aarhus, Denmark, August 2001». En: *Ecotoxicology and environmental safety (Print)* 57.1, 100-105. Online: <https://bit.ly/32P5DLN>.
- Vašíčková, J. y col. (2019). «Ecological risk assessment of pesticide residues in arable soils of the Czech Republic». En: *Chemosphere* 216, 479-487. Online: <https://bit.ly/3ePSLY1>.
- Wang, Y. y col. (2012). «Comparative acute toxicity of twenty-four insecticides to earthworm». En: *Eisenia fetida. Ecotoxicology and Environmental Safety* 79, 122-128. Online: <https://bit.ly/3sVKxGI>.
- Wee, S. y A. Aris (2017). «Ecological risk estimation of organophosphorus pesticides in riverine ecosystems». En: *Chemosphere* x, 575-581. Online: <https://bit.ly/32LX9VK>.
- Wen, Y. y col. (2020). «Ecotoxicological effects of the pyrethroid insecticide tefluthrin to the earthworm *Eisenia fetida*: A chiral view». En: *Environmental Research* 190, 109991. Online: <https://bit.ly/3pTPfmf>.
- Zhou, S. y col. (2007). «Toxicity assessment for chlorpyrifos-contaminated soil with three different earthworm test methods». En: *Journal of Environmental Sciences* 19.x, 854-848. Online: <https://bit.ly/3eOz3fo>.
- Zhou, S. y col. (2008). «Assessing cypermethrin-contaminated soil with three different earthworm test methods». En: *Journal of Environmental Sciences* 20.11, 1381-1385. Online: <https://bit.ly/3HzvSoj>.
- Zhou, S. y col. (2011). «Individual and combined toxic effects of cypermethrin and chlorpyrifos on earthworm». En: *Journal of Environmental Sciences* 23.4, 6767-680. Online: <https://bit.ly/3HzBa37>.
- Zimdahl, R., P. Catizone y A. Butcher (1984). «Degradation of pendimethalin in soil». En: *Weed Science* 32.3, 408-41. Online: <https://doi.org/10.1007/BF02992131>.