



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Efecto ecotoxicológico del hierro contenido en el lodo de un centro de beneficio avícola sobre la lombriz (*Eisenia fetida*) y el maíz (*Zea mays*)”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Presentado por:

Treisy Katherine Tafur Romero (0000-0002-2253-4850)

Asesor:

Ing. Luis Abraham Gomero Osorio (0000-0002-4739-2094)

Co - asesor:

Dr. José Alberto Iannacone Oliver (0000-0003-3699-4732)

Lima – Perú

2021

## COPIA DE ACTA DE SUSTENTACIÓN



### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 07 de abril de 2021.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dra. Connie Gallardo Vela
Miembro: Ing. Percy Andres Irribarren Ibáñez
Miembro: Mg. Javier Francisco Alvarado Llerena

Se reúnen para evaluar la tesis titulada: "Efecto ecotoxicológico del hierro contenido en el lodo de un centro de beneficio avícola sobre la lombriz (*Eisenia fetida*) y el maíz (*Zea mays*)"

Presentada por la bachiller:

- Treisy Katherine Tafur Romero

Para optar el Título Profesional de ingeniera ambiental.

Asesorada por: Ing. Luis Abraham Gomero Osorio y coasesorada por: Dr. Jose Alberto Iannacone Oliver

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de los estudiantes de la carrera de ingeniería ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime ( ) por mayoría simple (x) calificar a:

• Tesista: Treisy Katherine Tafur Romero	Nota (en letras): Dieciocho		
Aprobado ( )	Aprobado - Muy buena (x)	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

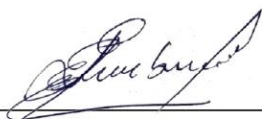
Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Dra. Connie Gallardo Vela  
**Presidente del Jurado**



Ing. Luis Abraham Gomero Osorio  
**Asesor**



Ing. Percy Andres Irribarren Ibáñez  
**Miembro del jurado**



Dr. José Alberto Iannacone Oliver  
**Coasesor**



Mg. Javier Francisco Alvarado Llerena  
**Miembro del jurado**

T // (51) 610 6738  
informas@cientifica.edu.pe  
cientifica.edu.pe

## DEDICATORIA

A mi familia querida, que son mis cimientos y han aportado grandes valores a mi vida.

A Angie y Marybel por ser mi fortaleza y amor.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, el ser superior que hace posible mi existencia y permitió realizar esta tesis.

A mis asesores, al Ing. Luis Gomero Osorio y al Dr. José Iannacone Oliver, por la guía en el proceso, apoyo incondicional, valiosas enseñanzas y disposición a brindar sus conocimientos a mi persona.

Al Ing. Mario Chujandama Torres, por su disposición, confianza y entrega de los materiales esenciales para el desarrollo análisis de esta investigación.

A la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional Federico Villarreal por permitirme el acceso a sus instalaciones y equipos del Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA) y al gran grupo que trabaja en él.

A la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Científica del Sur por el préstamo del equipo (multiparámetro) que use para la realización de mi tesis.

A mi mamá Marybel y hermana Angie por su amor incondicional, apoyo en todo este camino y motivación para terminar esta tesis.

A mi papá Juan Miguel, por su disposición y apoyo en este objetivo, su paciencia y amor singular.

A Mageo, Matoña y a Papi Juan, mis segundos papás, por sus sabias palabras, anhelar lo mejor para mí y motivarme a cumplir mis sueños.

A mis tías, tíos y primos por sus palabras de aliento y disposición a ayudarme.

A mis amigas y mis amigos por su tiempo, colaboración desinteresada, sus alegrías y paciencia, y todo aquel que cooperó de alguna manera al desarrollo de esta tesis.

## ÍNDICE GENERAL

COPIA DE ACTA DE SUSTENTACIÓN .....	1
DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
ÍNDICE GENERAL.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
ÍNDICE DE ANEXOS .....	11
RESUMEN.....	12
ABSTRACT .....	13
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
II. MARCO TEÓRICO .....	17
2.1. Efectos ecotoxicológico .....	17
2.2. Lodo proveniente del tratamiento DAF o lodo DAF .....	18
Residuos líquidos en centros de beneficio .....	18
Proceso de Flotación de Aire Disuelto (DAF).....	19
Lodo residual .....	20
Normativa sobre lodos .....	21
2.3. Lombrices.....	22
Eisenia fetida .....	23
	4

2.4. Maíz .....	24
III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	26
3.1. Objetivo general.....	26
3.2. Objetivos específicos .....	26
3.3. Hipótesis .....	26
IV. METODOLOGÍA.....	27
4.1. Definición de tratamientos y repeticiones .....	27
4.2. Caracterización y acondicionamiento de las muestras .....	29
4.3. Obtención y acondicionamiento del material biológico .....	30
Lombrices.....	30
Semillas de maíz .....	30
4.4. Bioensayo de mortalidad de lombrices (Ensayo agudo) .....	31
4.5. Bioensayo de germinación de la semilla .....	31
4.6. Análisis estadístico.....	32
V. RESULTADOS.....	34
5.1. Bioensayo de mortalidad de lombrices (Ensayo agudo) .....	34
5.2. Bioensayo de germinación de la semilla de maíz.....	43
VI. DISCUSIÓN .....	52
6.1. Efecto ecotoxicológico del hierro del lodo proveniente del tratamiento DAF en desechos orgánicos de un centro de beneficio avícola en la lombriz ( <i>Eisenia fetida</i> )	52

6.2. Efecto ecotoxicológico del hierro del lodo proveniente del tratamiento DAF en desechos orgánicos de un centro de beneficio avícola en la semilla ( <i>Zea mays</i> ).....	56
VII. CONCLUSIONES.....	60
VIII. RECOMEDACIONES.....	61
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
X. ABREVIATURAS.....	77
XI. ANEXOS.....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Efecto ecotoxicológico del hierro del lodo DAF en desechos orgánicos de un centro de beneficio avícola en la mortalidad y en la ecuación de regresión lineal de la lombriz ( <i>Eisenia fetida</i> ) a los 14 días de exposición. ....	36
<b>Figura 2.</b> Efecto ecotoxicológico del hierro del lodo DAF en desechos orgánicos de un centro de beneficio avícola en los pesos húmedos y en la ecuación de regresión cuadrática de la lombriz ( <i>Eisenia fetida</i> ) a los 7 días de exposición. ....	37
<b>Figura 3.</b> Efecto ecotoxicológico del hierro del lodo DAF en desechos orgánicos de un centro de beneficio avícola en los pesos húmedos y en la ecuación de regresión cuadrática de la lombriz ( <i>Eisenia fetida</i> ) a los 14 días de exposición. ....	37
<b>Figura 4.</b> Efecto ecotoxicológico del hierro del lodo DAF en desechos orgánicos de un centro de beneficio avícola en los pesos secos y en la ecuación de regresión cuadrática de la lombriz ( <i>Eisenia fetida</i> ) a los 14 días de exposición. ....	38
<b>Figura 5.</b> Efecto ecotoxicológico del hierro del lodo DAF en desechos orgánicos de un centro de beneficio avícola en los cocones y en la ecuación de regresión lineal de la lombriz ( <i>Eisenia fetida</i> ) a los 14 días de exposición. ....	38
<b>Figura 6.</b> Efecto ecotoxicológico del hierro del lodo DAF en desechos orgánicos de un centro de beneficio avícola en el pH y en la regresión lineal de la lombriz ( <i>Eisenia fetida</i> ). ....	40
<b>Figura 7.</b> Efecto ecotoxicológico del hierro del lodo DAF en desechos orgánicos de un centro de beneficio avícola en la Conductividad Eléctrica y en la regresión lineal de la lombriz ( <i>Eisenia fetida</i> ). ....	40
<b>Figura 8.</b> Correlación entre Spearman entre mortalidad de la lombriz ( <i>Eisenia fetida</i> ) y pH a los 14 días de exposición.....	42



**Figura 9.** Correlación entre Spearman entre mortalidad de la lombriz (*Eisenia fetida*) y Conductividad eléctrica a los 14 días de exposición ..... 42

**Figura 10.** Efecto ecotoxicológico del hierro del lodo DAF en desechos orgánicos de un centro de beneficio avícola en la acumulación de semillas germinadas (*Zea mays*)..... 43

**Figura 11.** Efecto ecotoxicológico del hierro del lodo DAF en desechos orgánicos de un centro de beneficio avícola en la radícula y en la regresión lineal de la semilla de maíz (*Zea mays*) a los 21 días de exposición..... 45

**Figura 12.** Efecto ecotoxicológico del hierro del lodo DAF en desechos orgánicos de un centro de beneficio avícola en el coleóptilo y en la regresión lineal de la semilla de maíz (*Zea mays*) a los 21 días de exposición..... 46

**Figura 13.** Efecto ecotoxicológico del hierro del lodo DAF en desechos orgánicos de un centro de beneficio avícola en la altura y en la regresión lineal de la semilla de maíz (*Zea mays*) a los 21 días de exposición..... 46

**Figura 14.** Efecto ecotoxicológico del hierro del lodo DAF en desechos orgánicos de un centro de beneficio avícola en el número de hojas y en la regresión lineal de la semilla de maíz (*Zea mays*) a los 21 días de exposición. .... 47

**Figura 15.** Efecto ecotoxicológico del hierro del lodo DAF en desechos orgánicos de un centro de beneficio avícola en el peso húmedo y en la regresión lineal de la semilla de maíz (*Zea mays*) a los 21 días de exposición. .... 47

**Figura 16.** Efecto ecotoxicológico del hierro del lodo DAF en desechos orgánicos de un centro de beneficio avícola en el peso seco y en la regresión lineal de la semilla de maíz (*Zea mays*) a los 21 días de exposición..... 48

**Figura 17.** Efecto ecotoxicológico del hierro del lodo DAF en desechos orgánicos de un centro de beneficio avícola en el pH y en la regresión lineal de la semilla de maíz (*Zea mays*). ..... 49

**Figura 18.** Efecto ecotoxicológico del hierro del lodo DAF en desechos orgánicos de un centro de beneficio avícola en la Conductividad Eléctrica el pH y en la regresión lineal de la semilla de maíz (*Zea mays*). ..... 49

**Figura 19.** Correlación entre Spearman entre germinación de la semilla (*Zea mays*) y pH a los 14 días de exposición ..... 50

**Figura 20.** Correlación entre Spearman entre germinación de la semilla (*Zea mays*) y Conductividad eléctrica a los 14 días de exposición ..... 51

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Límites permitidos de metales en ECA suelo y Lodos de PTAR.....	22
<b>Tabla 2.</b> Categoría taxonómica de <i>Eisenia fetida</i> .....	23
<b>Tabla 3.</b> Categoría taxonómica de <i>Zea mays</i> .....	24
<b>Tabla 4.</b> Definición de tratamientos para el bioensayo de mortalidad de lombrices....	28
<b>Tabla 5.</b> Definición de tratamiento para el bioensayo de germinación de semilla .....	28
<b>Tabla 6.</b> Efecto ecotoxicológico del hierro del lodo DAF en desechos orgánicos de un centro de beneficio avícola en el bioensayo de mortalidad con lombriz ( <i>Eisenia fetida</i> ). .....	35
<b>Tabla 7.</b> Efecto ecotoxicológico del hierro del lodo DAF en desechos orgánicos de un centro de beneficio avícola en el pH y Conductividad Eléctrica del bioensayo de mortalidad con lombriz ( <i>Eisenia fetida</i> ). .....	39
<b>Tabla 8.</b> Análisis de correlación de Spearman entre mortalidad de lombriz ( <i>Eisenia fetida</i> ) y los parámetros de pH y Conductividad Eléctrica a los 14 días de exposición. ....	41
<b>Tabla 9.</b> Efecto ecotoxicológico del hierro del lodo DAF en desechos orgánicos de un centro de beneficio avícola en el bioensayo de la semilla de maíz ( <i>Zea mays</i> ). ....	44
<b>Tabla 10.</b> Efecto ecotoxicológico del hierro del lodo DAF en desechos orgánicos de un centro de beneficio avícola en el pH y Conductividad eléctrica del bioensayo de germinación de la semilla ( <i>Zea mays</i> ). .....	48
<b>Tabla 11.</b> Análisis de correlación de Spearman entre germinación de semilla de maíz ( <i>Zea mays</i> ) y los parámetros pH y Conductividad Eléctrica a los 21 días de exposición. ....	50

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Tabla 1A. Análisis químico de Lodo DAF .....	78
<b>Anexo 2.</b> Tabla 2A. Análisis químico del suelo .....	78
<b>Anexo 3.</b> Figura 1A. Análisis de metales del Lodo DAF .....	79
<b>Anexo 4.</b> Figura 2A. Análisis de metales del suelo .....	80
<b>Anexo 5.</b> Figura 3A. Preparación de recipientes para bioensayos con lombrices .....	81
<b>Anexo 6.</b> Figura 4A. Selección de lombrices para bioensayo.....	81
<b>Anexo 7.</b> Figura 5A. Lectura del peso de las lombrices.....	81
<b>Anexo 8.</b> Figura 6A. Preparación de bioensayo de mortalidad de lombrices.....	82
<b>Anexo 9.</b> Figura 7A. Bioensayo de mortalidad de Lombrices .....	82
<b>Anexo 10.</b> Figura 8A. Lombrices en descomposición encontradas en el tratamiento 7 del bioensayo de mortalidad.....	83
<b>Anexo 11.</b> Figura 9A. Lectura de cocones en el tratamiento 1 del bioensayo de mortalidad .....	84
<b>Anexo 12.</b> Figura 10A. Lectura de pH y Conductividad eléctrica .....	84
<b>Anexo 13.</b> Figura 11A. Verificación del multiparámetro calibrado.....	84
<b>Anexo 14.</b> Figura 12A. Preparación del bioensayo de germinación de la semilla .....	85
<b>Anexo 15.</b> Figura 13A. Desinfección de semillas <i>Zea mays</i> .....	85
<b>Anexo 16.</b> Figura 14A. Bioensayo de germinación de la semilla.....	86
<b>Anexo 17.</b> Figura 15A. Lectura de los tamaños de los <i>Zea mays</i> a los 21 días .....	86
<b>Anexo 18.</b> Figura 16A. Lectura del peso de <i>Zea mays</i> a los 21 días.....	89
<b>Anexo 19.</b> Tabla 3A. Comparación de límites permitidos de metales en ECA suelo y Lodos de PTAR con resultado de las muestras de suelo del Valle del Río Chillón y lodo DAF .	89

## RESUMEN

Una de las carnes más consumidas por la población es el pollo, cuya producción genera considerables volúmenes de lodo como subproducto del tratamiento realizado en los centros de beneficio. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto ecotoxicológico del hierro contenido en el lodo DAF de un centro de beneficio avícola sobre la lombriz (*Eisenia fetida*) y el maíz (*Zea mays*) mediante dos bioensayos: mortalidad de lombrices y germinación de semillas. Se realizó la caracterización fisicoquímica del lodo DAF y suelo empleado en los bioensayos y se comprobó que los metales estaban dentro de los límites de la normativa peruana. En el bioensayo de mortalidad, se realizó 7 tratamientos más el control, las concentraciones del lodo DAF establecidas variaron del tratamiento T1 (1.56%) al T7 (6.25%); y en el bioensayo de germinación de semillas de maíz, se realizó 6 tratamientos más el control, las concentraciones de lodo DAF variaron del T1 (6.25%) al T6 (21.88%). Todos resultados fueron procesados estadísticamente. Se determinó mortalidad de la lombriz a la  $CL_{50}$  a 5.219%, se percibió que el peso de la lombriz aumentaba la primera semana, luego disminuía en la segunda; asimismo, se observó que a muy bajas concentraciones de lodo DAF se impulsaba la formación cocones, y que existía una correlación moderada a muy buena entre la mortalidad de lombriz (%) y los parámetros de pH y CE respectivamente. Para el bioensayo de germinación de semillas de maíz se determinó la  $Cl_{50}$  a 11.1%. de lodo DAF, se observó que a mayores pesos húmedos y secos de la semilla es debido a un mayor desarrollo de la semilla, y que existe una correlación moderada entre la germinación de la semilla de maíz con el pH; sin embargo, es muy escasa la correlación con respecto a la CE.

**Palabras clave:** centro de beneficio avícola, ecotoxicología, hierro, lodo, lombriz, maíz.

## ABSTRACT

One of the most consumed meats is chicken by population, which generates considerable volumes of sludge as a by-product of the treatment carried out in the profit centers. The objective of this research was to evaluate the ecotoxicological effect of iron contained in DAF sludge from a poultry processing center on worms (*Eisenia fetida*) and corn (*Zea mays*) by means of two bioassays: earthworm mortality and seed germination. The physicochemical characterization of the DAF sludge and soils used in the bioassays was carried out and it was found that the metals were within the limits of the Peruvian regulations. In the mortality bioassay, 7 treatments were performed plus the control, the established DAF sludge concentrations varied from treatment T1 (1.56%) to T7 (6.25%); and in the corn seed germination bioassay, 6 treatments were performed plus the control, the concentrations of DAF sludge ranged from T1 (6.25%) to T6 (21.88%). All results were statistically processed. The mortality of the earthworm was determined  $CL_{50}$  at 5.219% in bioassay, it was perceived that the worm's weight increased in the first week, then decreased in the second; also, it was observed that at extremely low concentrations of DAF sludge the formation of cocoons was promoted, and that there was a moderate to particularly good correlation between the mortality of worms (%) and the parameters of pH and CE respectively. For the corn seed germination bioassay, the  $CL_{50}$  was determined at 11.1%. From the DAF sludge, it was observed that the higher the wet and dry weight of the seed is due to a greater development of the seed, and that there was a moderate correlation between the germination of the corn seed and the pH; however, the correlation with respect to the CE is extremely low.

**Key words:** corn, ecotoxicology, iron, sludge, poultry profit center, worm.