

kate editable 06-11.docx

 Universidad Peruana Union

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::29566:525117658

Fecha de entrega

8 nov 2025, 8:04 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

8 nov 2025, 8:05 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

kate editable 06-11.docx

Tamaño del archivo

628.6 KB

15 páginas

3234 palabras

18.510 caracteres

18% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía

Fuentes principales

- 17%  Fuentes de Internet
- 7%  Publicaciones
- 11%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 17% Fuentes de Internet
- 7% Publicaciones
- 11% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.upeu.edu.pe	3%
2	Internet	doaj.org	3%
3	Internet	hdl.handle.net	3%
4	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
5	Internet	www.revistas.um.edu.uy	<1%
6	Internet	livrozilla.com	<1%
7	Trabajos entregados	Universidad Peruana Union on 2025-10-08	<1%
8	Internet	www.ana.gob.pe	<1%
9	Internet	core.ac.uk	<1%
10	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2018-12-06	<1%
11	Internet	repositorio.pucp.edu.pe	<1%

12	Trabajos entregados	Universidad Nacional de Ingeniería on 2025-10-26	<1%
13	Trabajos entregados	Universidad Privada Boliviana on 2021-11-25	<1%
14	Internet	dgsa.uaeh.edu.mx:8080	<1%
15	Internet	unipaz.edu.co	<1%
16	Trabajos entregados	Universidad Santo Tomas on 2017-05-27	<1%
17	Internet	arquitectura.upeu.edu.pe	<1%
18	Internet	cdigital.uv.mx	<1%
19	Internet	herpetologia.fcencias.unam.mx	<1%
20	Internet	renati.sunedu.gob.pe	<1%
21	Internet	repositorio.upeu.edu.pe:8080	<1%
22	Internet	www.colforest.com.co	<1%
23	Internet	editorialparmenia.com.mx	<1%
24	Internet	repository.usta.edu.co	<1%
25	Internet	www.e3s-conferences.org	<1%

26

Internet

www.tesisenred.net <1%

27

Trabajos
entregados

consultoriadeserviciosformativos on 2025-08-31 <1%

1

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



4

**Eficiencia de la lombriz roja californiana en la biorremediación
de suelos contaminados con hidrocarburos**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autores:

Samuel Jonathan Baldeon Coronado
Kettly Katerin Baltazar Torres

3

Asesor:

Ing. Jhon Patrick Ríos Bartra)

Tarapoto, Marzo de 2025

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Jhon Patrick Ríos Bartra docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

2 Que la presente investigación titulada: **“EFICIENCIA DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS”** de los autores Samuel Jonathan Baldeon Coronado, Kettly Katerin Baltazar Torres tiene un índice de similitud de % verificable en el informe del programa Turnitin, y
1 fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Tarapoto, a los días del mes de del año 2025

Jhon Patrick Ríos Bartra

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

00155

En San Martín, Tarapoto, Morales, a. 03 día(s) del mes de marzo del año 2025, siendo las 15:30 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Tarapoto, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Mtro. Carmelino Almaraz Villegas el (la) secretario(a): Mtro. Andrés Erick Gonzales Lopez y los demás miembros: Mtra. Ericka Nayda Lerales Dominguez, Mtra. Betsabell Terraza Padilla Macedo y el (la) asesor(a) Mtro. Thom Patrick Rios Bertra con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Eficiencia de la lombriz roja californiana en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.

del(los) bachiller/es: a) Samuel Jonathan Baldeon Coronado
b) Ketty Katerin Baltazar Torres
c)

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Ambiental
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller-(a): Samuel Jonathan Baldeon Coronado

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literar	Cualitativa	
<u>APROBADO</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>BUENO</u>	<u>MUY BUENO</u>

Bachiller -(b): Ketty Katerin Baltazar Torres

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literar	Cualitativa	
<u>APROBADO</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>BUENO</u>	<u>MUY BUENO</u>

Bachiller -(c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literar	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a

Secretaria

Asesor/a

Miembro

Miembro

Bachiller (a)

Bachiller (b)

Bachiller (c)

Esta sustentación fue realizada de manera virtual u online sincrónica, conforme al reglamento general de grados y títulos.

Escaneado con CamScanner

(*) **Tabla de Calificación**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	20	A+	Con nominación de Excelente	Excelencia
	19	A		
	18	A-	Con nominación de Muy Bueno	Sobresaliente
	17	B+		
	16	B	Con nominación de Bueno	Muy Bueno
	15	B-		
DESAPROBADO	14	C	Con nominación de Aceptable	Bueno
	Menos de 14	D	Con nominación de Deficiente	Insuficiente

INDICE

1	1. Introducción.....	6
	2. Materiales y métodos	6
	2.1. Lugar de intervención	6
	2.2. Diseño metodológico	7
16	2.3. Diseño muestral	7
	2.4. Técnicas de recolección de datos	8
	2.5. Procedimiento estadístico.....	8
	3. Resultados	8
	4. Discusiones	12
	5. Conclusiones	12
	6. Referencias.....	13

Eficiencia de la lombriz roja californiana en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos

Efficiency of the Red Californian Earthworm in the Bioremediation of Hydrocarbon-Contaminated Soils

Samuel Baldeón Coronado¹, Kettly Baltazar Torres² y Jhon Patrick Ríos Bartra³

Resumen.

En los últimos años, el Perú ha registrado un incremento considerable en los pasivos ambientales derivados de la contaminación por hidrocarburos, situación que representa una amenaza crítica para los ecosistemas naturales (Bazán et al., 2024). Frente a esta problemática, la presente investigación se centró en evaluar la eficacia de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) como agente biorremediador de suelos contaminados con diésel. Se diseñó un experimento factorial 3x3, con tres niveles de tratamiento y tres repeticiones por nivel, aplicándose un análisis estadístico mediante ANOVA para determinar la significancia de los resultados obtenidos. Los datos evidenciaron que el tratamiento con 10 lombrices mostró una capacidad notable de remediación, siendo el tratamiento A3 (3.06 ml) el que alcanzó los mejores resultados con diferencias estadísticamente significativas. En cambio, las aplicaciones con 20 y 30 lombrices no presentaron diferencias significativas entre sí, aunque mantuvieron una alta eficiencia en la reducción del contaminante. Los análisis gráficos permitieron observar que la cantidad de organismos y la concentración del diésel son variables determinantes en el proceso de remediación, siendo más efectiva la acción de las lombrices en concentraciones bajas y moderadas del hidrocarburo. En concentraciones más elevadas, se identificó una posible saturación del sistema, lo que limita la capacidad de remoción del contaminante. En conclusión, *Eisenia fetida* muestra un alto potencial para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos, especialmente en condiciones donde la densidad de lombrices es baja, ya que esto favorece una mayor estabilidad biológica y reduce los efectos negativos del estrés fisiológico por sobrepoblación.

Palabras clave: Eficiencia; lombriz roja californiana, biorremediación; suelos contaminados; hidrocarburos.

Summary.

In recent years, Peru has experienced a significant rise in environmental liabilities linked to hydrocarbon pollution, posing a serious threat to natural ecosystems (Bazán et al., 2024). In response to this issue, the present study focused on assessing the bioremediation potential of the red Californian worm (*Eisenia fetida*) in diesel-contaminated soils. A 3x3 factorial design was implemented, involving three treatment levels and three replications per level, with statistical analysis performed using ANOVA to determine the significance of the outcomes. The findings indicated that the treatment involving 10 earthworms demonstrated a notable remediation capacity, with treatment A3 (3.06 ml) yielding the most significant results. Conversely, the treatments using 20 and 30 worms did not show statistically significant differences, although they still achieved high levels of contaminant reduction. Graphical analysis revealed that both the number of worms and the diesel concentration were critical factors influencing the effectiveness

¹Bachiller, Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, samuelbaldeon@upeu.edu.pe, orcid.org/0009-0008-0644-6034.

² Bachiller, Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Katerinbaltazar@upeu.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-1132-2115>

³ Magister, Universidad Peruana Unión, Facultad de ingeniería y arquitectura, jhon.rios@upeu.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-0639-9994>

of the remediation process. The worms were more efficient at lower and moderate diesel concentrations, whereas higher concentrations appeared to overwhelm the system, reducing its capacity to degrade the contaminant effectively. Overall, Eisenia fetida exhibits considerable potential as a bioremediation agent for hydrocarbon-polluted soils, particularly under conditions of low worm density. Such conditions promote greater biological stability and minimize the physiological stress caused by overcrowding, which could otherwise hinder the remediation process.

Keywords: Efficiency; Californian red worm, bioremediation; contaminated soils; hydrocarbons.

1. Introducción.

La creciente contaminación por hidrocarburos ha provocado, en los últimos años, una acumulación significativa de pasivos ambientales en el Perú, afectando de manera preocupante los ecosistemas [1]. Según datos proporcionados por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), en el sector hidrocarburos se han registrado 3,231 pasivos ambientales. De este total, 151 han sido catalogados como de alto riesgo, 1,997 como de riesgo medio y 1,083 presentan un nivel bajo de riesgo. Además, se ha determinado que 61 de estos pasivos representan una amenaza significativa para la salud humana, 35 implican riesgos directos al medio ambiente, y 123 podrían comprometer la seguridad. [2].

Un caso alarmante se ha presentado en la Amazonía peruana, donde se han registrado cerca de 500 derrames de petróleo en las últimas dos décadas, principalmente debido a fallas operativas y al deterioro de la infraestructura tanto en los yacimientos como en el oleoducto que atraviesa la selva. Estas situaciones han provocado numerosas protestas por parte de las poblaciones de origen indígena, que demandan reparación y mitigación de los impactos ambientales ocasionado a los cuerpos de agua, la flora y fauna, así como en su entorno social [3]. Un ejemplo notable es el derrame en Loreto, donde más de cien barriles de petróleo, operados por Petroperú, afectaron a 1,230 familias indígenas debido a la ruptura del oleoducto, permitiendo que el crudo se desplazara desde la Amazonía hasta llegar a la zona costera del pacífico, alterando diversos factores ambientales [4].

La contaminación por hidrocarburos tiene un efecto adverso en la fertilidad del suelo, provocando toxicidad directa en los organismos, disminuyendo la retención de humedad y nutrientes, aumentando la compactación del suelo, y alterando su pH y salinidad [5]. En ese sentido, la utilización de lombrices para remediar suelos contaminados por hidrocarburos es una alternativa económica y ecológica que mejora la calidad del suelo sin generar residuos peligrosos, esta técnica sostenible es clave para innovar en la protección del medio ambiente [6].

Ante este panorama, es fundamental considerar alternativas de biorremediación para restaurar las áreas afectadas. Por lo tanto, esta investigación se centró en el empleo de lombrices rojas californianas como agentes de recuperación en la calidad de suelo, evaluando su efectividad en la remediación de los mismos.

2. Materiales y métodos

2.1. Lugar de intervención

El sustrato utilizado para la experimentación controlada con hidrocarburos fue extraído

de las áreas disponibles de la Universidad Peruana Unión, ubicada en el Jr. Los Mártires 214, Urbanización Santa Lucía, distrito de Morales, provincia San Martín, región San Martín. En la Figura N° 01 se muestra el mapa de ubicación del área de estudio.



Figura I. Ubicación del lugar de estudio

Asimismo, la restauración del suelo contaminado con sustancias petrolíferas se realizó a escala de laboratorio utilizando lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) bajo condiciones controladas. La investigación se realizó en las instalaciones del laboratorio universitario, lo que permitió asegurar la precisión en el manejo de las variables ambientales y obtener resultados confiables sobre la efectividad de la biorremediación.

2.2. Diseño metodológico

El diseño metodológico utilizado fue experimental, como parte del estudio, se controló la variable independiente para observar su impacto sobre la variable dependiente. Además, se implementó un diseño factorial 3x3, que incluyó tres niveles de tratamiento y tres repeticiones por nivel, lo que permitió identificar las combinaciones óptimas y evaluar la interacción entre las variables bajo el mismo control.

2.3. Diseño muestral

Para la investigación, se seleccionó 30 kg de suelo extraídos del territorio de la Universidad Peruana Unión como población de estudio. Asimismo, se aplicó un muestreo

aleatorio simple, garantizando que cada unidad de suelo contaminado tuviera la misma posibilidad de ser asignada a los diferentes tratamientos del diseño factorial. Este método facilitó la obtención de una muestra representativa, permitiendo hacer conclusiones confiables sobre los efectos de variables como la dosis de diésel, la cantidad de lombrices y el tiempo de recuperación en la regeneración del suelo contaminado. Asimismo, la concentración de diésel se midió por cromatografía de gases, como referencia en el [EPA Method 8015C, Rev.3.2007.- Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography](#).

2.4. Técnicas de recolección de datos

La recopilación y análisis de las muestras tomadas se llevaron a cabo mediante el acondicionamiento de 27 maceteros, cada uno con un volumen de 30 kg de suelo contaminado con hidrocarburos. En estos maceteros, se distribuyeron lombrices en tres grupos de tratamiento, con 10, 20 y 30 unidades respectivamente. El periodo de evaluación se estableció en 15 días, tiempo suficiente para observar el impacto de las diferentes cantidades de lombrices en la recuperación de la calidad de suelo. Este diseño de escala piloto permitió analizar de manera precisa la efectividad de las lombrices en la recuperación del suelo contaminado con diésel.

2.5. Procedimiento estadístico

Para el procesamiento de datos estadísticos se consideró los requisitos de normalidad y homogeneidad de varianza, posteriormente se realizó la prueba del ANOVA a fin de realizar las comparaciones de los tratamientos, finalmente se realizó la prueba tukey para aquellos tratamientos que superaron el valor de 0.05, a fin de conocer el mejor la mejor eficiencia de las cantidades representativas de las lombrices rojas californianas.

3. Resultados

En la tabla 1, se muestran los resultados obtenidos a partir del análisis de laboratorio realizado a las muestras de suelos contaminados con diferentes dosis de diésel y cantidades variables de lombrices rojas californianas. El contenido de hidrocarburos expresado es en mg/kg.

Concentración de diesel (ml)	Concentración (mg/kg)	Nº de lombrices rojas californianas	Repeticiones			$\bar{x}$	% Efectividad
			R1 (mg/kg)	R2 (mg/kg)	R3 (mg/kg)		
A1	1.02	10 unidades	71.88	80.19	78.28	76.8	93.6
		20 unidades	119.7	120.7	118.8	119.	
		30 unidades	182.3	180.2	115.2	159.	90.02
		10 unidades	90.76	89.56	85.19	88.5	
A2	2.04	10 unidades	5	6	9		96.31

A3	3.06	2400	20	117.5	123.1	120.1	120.	
			unidades	33	43	98	3	94.99
			30	150.6	150.0	149.9	150.	
		3600	unidades	63	29	14	2	93.74
			10	111.8	114.1	113.3	113.	
			unidades	63	28	86	1	96.86
			20	120.8	118.1	115.3	118.	
			unidades	82	22	43	1	96.72
			30	171.7	172.1	169.1	171.	
			unidades	23	35	83	0	95.25

Tabla I. Resultados de laboratorio sobre la recuperación de suelos contaminados con hidrocarburos utilizando lombrices rojas californianas.

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos del procesamiento del ANOVA, aplicado a tres niveles de densidad de lombrices rojas californianas (10, 20 y 30 unidades) utilizadas en la biorremediación de suelos contaminados con compuestos hidrocarbonados. El análisis reveló que la aplicación de 10 lombrices generó un valor de significancia (P) de 0.000, lo cual indica la existencia de diferencias estadísticamente relevantes entre las condiciones evaluadas. A partir de este hallazgo, se procedió a aplicar la prueba de comparación múltiple de Tukey, con el fin de determinar cuál de los tratamientos presentó el rendimiento más destacado, cuyos resultados se detallan en la Tabla 3.

En contraste, para el tratamiento con 20 unidades de lombrices, se obtuvo un P-Valor de 0.531, lo que demuestra una ausencia de diferencia significativa entre los tratamientos, y por lo tanto, no fue necesario aplicar la prueba Tukey. De manera similar, el tratamiento con 30 unidades de lombrices mostró un P-Valor de 0.546, evidenciando nuevamente la ausencia de diferencias significativas, por lo cual tampoco se requirió la prueba de Tukey.

	FV	Suma de cuadrados	GL	M.C	F	P-Valor
10 U	Entre grupos	2063.378	2	1031.689	107.230	0.000
	Dentro de grupos	57.728	6	9.621		
	Total	2121.105	8			
20 U	Entre grupos	7.720	2	3.860	0.704	0.531
	Dentro de grupos	32.899	6	5.483		
	Total	40.619	8			
30 U	Entre grupos	653.121	2	326.561	0.672	0.546
	Dentro de grupos	2917.718	6	486.286		
	Total	3570.840	8			

Tabla II. Resultados del procesamiento del ANOVA para el uso de 10, 20 y 30 unidades de lombrices rojas californianas en el tratamiento del suelo.

Al aplicar la prueba de Tukey para el tratamiento con 10 unidades de lombrices, se identificaron tres grupos. Los resultados muestran que el uso de 10 unidades no logra reducir eficientemente la cantidad de diésel en proporción al incremento en las dosis aplicadas

Concentración Diesel	N	Grupos		
		1	2	3
A1 (1.02 ml)	3	76.79200		
A2 (2.04 ml)	3		88.51000	
A3 (3.06 ml)	3			113.12567
Sig.		1.000	1.000	1.000

Tabla III. Resultados con el procesamiento del Tukey en la biorremediación de suelos contaminados con sustancias petrolíferas utilizando 10 unidades de lombrices rojas californianas.

En los siguientes gráficos, se evidencia la efectividad de la lombriz roja californiana en la recuperación biológica de terrenos afectados por compuestos derivados del petróleo.

En la Figura II se observa una reducción progresiva en el contenido de diésel en el suelo con el empleo de 10 u de lombrices. No obstante, el tratamiento A3 (3.06 ml de diésel) presentó el mayor porcentaje de efectividad en la degradación del contaminante, lo que indica que, a pesar de la mayor carga de diésel, las lombrices lograron adaptarse y desempeñar un papel relevante en el proceso de biorremediación.

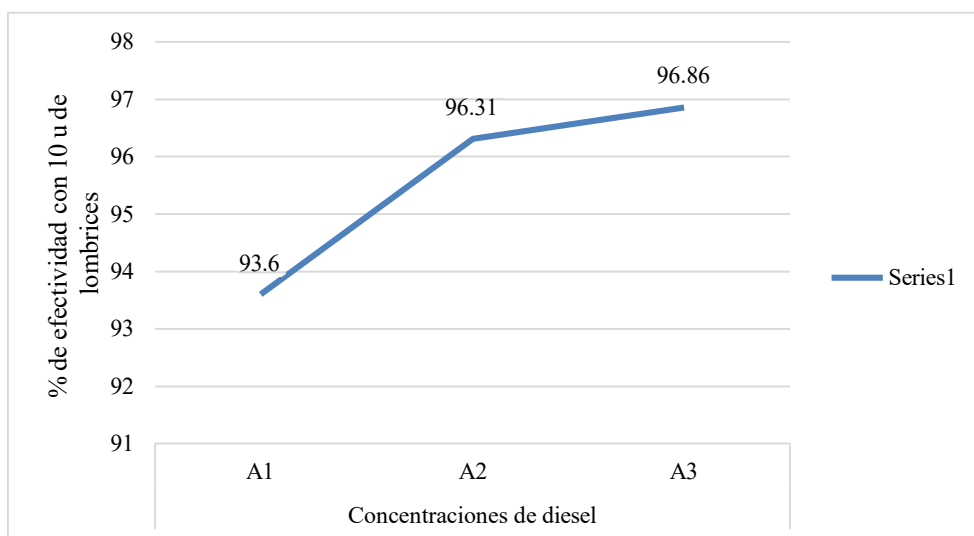


Figura II. Eficiencia del empleo de 10 unidades de lombrices de tierra en la remediación de suelos contaminados por diésel

En la figura III se observa una reducción progresiva en los niveles de concentración de diésel en el sustrato con el empleo de 20 u de lombrices. La tendencia describe efectividad mayor al 90% en las diferentes dosis de diésel (A1, A2 y A3). No obstante, el tratamiento A3 (3.06 ml de diésel) presentó el mayor porcentaje de eficiencia en la degradación del contaminante.

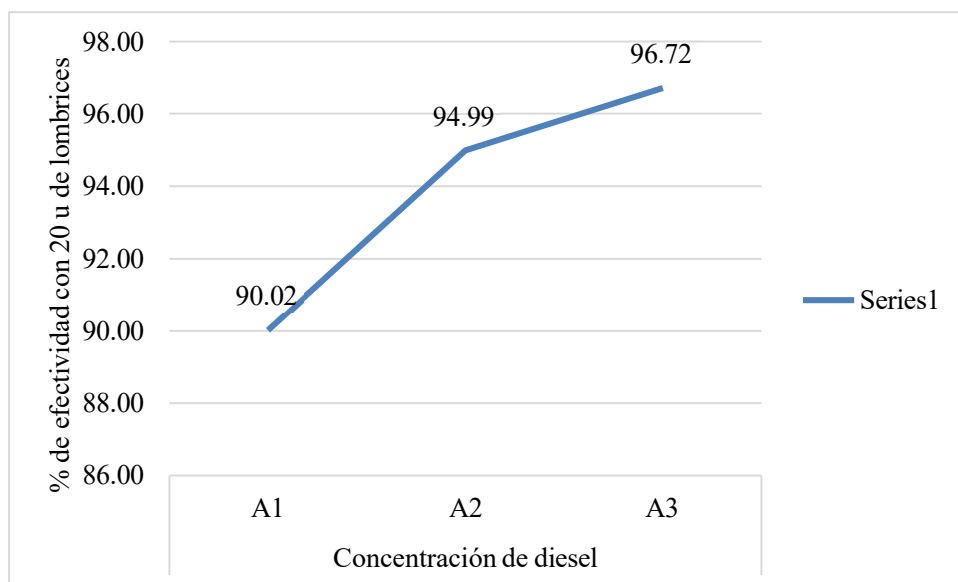


Figura III. Eficiencia de 20 lombrices rojas californianas en la remediación de suelos contaminados con diésel

La Figura IV muestra que la aplicación de 30 unidades de lombrices resultó ser la más eficiente en la biorremediación de suelos con altas concentraciones de diésel, como en los tratamientos A2 y A3, alcanzando una reducción de hasta el 95,25 % del contaminante.

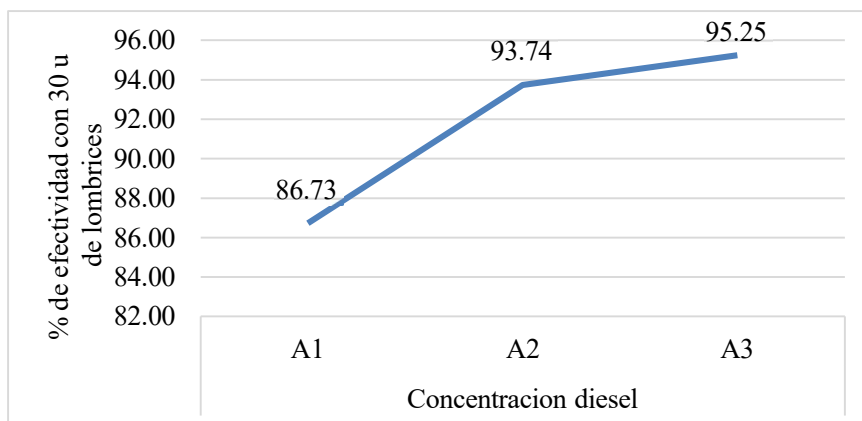


Figura IV. Eficiencia del empleo de 30 unidades de lombrices rojas californianas en la remediación de suelos contaminados por diésel.

4. Discusiones

Los resultados presentados en las Figuras II, III y IV evidencian una reducción progresiva en la concentración de diésel en el suelo con el uso de lombrices rojas californianas, siendo el tratamiento con **10 unidades** el que logró **la mayor eficiencia de degradación del contaminante**, incluso en la carga más alta de diésel (A3). Aunque los tratamientos con 20 y 30 unidades también mostraron porcentajes elevados de remediación, su eficiencia fue ligeramente inferior en comparación con el tratamiento de 10 unidades. Este comportamiento sugiere que una menor densidad de lombrices puede favorecer condiciones más óptimas para su actividad biológica, al minimizar la competencia por oxígeno y espacio, y promover un ambiente más estable para la degradación del hidrocarburo.

En línea con estos hallazgos, [7] reportaron que las lombrices rojas californianas presentan un rendimiento decreciente cuando se enfrentan a concentraciones elevadas de hidrocarburos, mostrando mayor eficiencia en niveles bajos y moderados de contaminación. Esto respalda los resultados obtenidos en este estudio, donde se observa mayor eficiencia de remediación con menor densidad de lombrices y una leve saturación del sistema cuando se incrementa la población de lombrices frente a mayores concentraciones de diésel.

Por otro lado, [8] observaron que la capacidad de las lombrices para la remediación de sustratos contaminados con sustancias petrolíferas es limitada en concentraciones elevadas, ya que las lombrices se ven negativamente afectadas debido a la saturación, lo que reduce su eficiencia. Este hallazgo concuerda con [9] quienes destacaron que los mejores resultados en la biorremediación se obtienen en concentraciones moderadas de diésel. De manera similar, [10] reportaron que la eficiencia de las lombrices disminuye significativamente cuando las concentraciones de diésel superan ciertos límites, subrayando la relevancia de sostener un equilibrio entre la biomasa de lombrices y la carga contaminante es fundamental para evitar un estrés fisiológico que pueda reducir su capacidad metabólica.

[11].

5. Conclusiones

- La remediación de sustratos contaminados con sustancias petrolíferas mediante lombrices rojas californianas es efectiva, mostrando una reducción significativa en la concentración de hidrocarburos en todas las dosis y cantidades de lombrices evaluadas.
- El tratamiento con 10 unidades de lombrices presentó la mayor eficiencia en la degradación del diésel, incluso en la dosis más alta (3.06 ml), superando ligeramente la eficiencia obtenida con 20 y 30 unidades. Esto sugiere que una menor densidad de lombrices crea condiciones más favorables para su actividad biológica, posiblemente al reducir la competencia por oxígeno y espacio.
- La efectividad del tratamiento con 20 y 30 unidades de lombrices también fue alta, con porcentajes de remediación superiores al 90%, especialmente en concentraciones moderadas y altas de diésel, aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre estos dos grupos.

- Los resultados indican que un incremento excesivo en la cantidad de lombrices puede saturar el sistema, afectando negativamente su capacidad de biorremediación debido a factores como el estrés fisiológico y la competencia interna.

6. Referencias

- [1] Bazán, Morales R, Rengifo G, and Valdivia. *Pasivos ambientales del subsector hidrocarburos y sitios impactados: Un análisis de su situación actual y perspectiva*. *Gaceta Científica*, 10 (2), 53–63, 2024.
- [2] A. Cépeda and A. Lossio, *La sombra de los hidrocarburos en el Perú*. 56, 2024.
- [3] B. Fraser. *Derrames de petróleo en la Amazonia Peruana: Una herida que sigue abierta*, 2017.
- [4] P. Pariona, E. Biorremediación con hongos y bacterias en suelo contaminados con pesticidas, 2022.
- [5] R. García, A.E. Pascual, C.W. Taco and M. Morales. *Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos a base de bacterias utilizadas como bioproductos*, 2020.
- [6] M. Ojeda, B. Córdova, R. Álvarez, L. López, G. Martínez and R. Morales. *Remediación de suelos contaminados con hidrocarburos empleando sustancias húmicas de vermicomposta*. *Terra Latinoamericana*, 41, 2023.
- [7] S. Acuña, Celedonia and Muñoz. *Reducción de hidrocarburos (fracción c10- c28) de petróleo en suelos contaminados por hidrocarburos con el uso de la lombriz roja californiana (Eisenia foetida) en el distrito de Huancavelica*. *Universidad Nacional de Huancavelica*, 2021.
- [8] J. Flores, C. Nuñez, and L. Diaz (2021). *Growth of the californian red worm (Eisenia Foetida) in vermicomposting process of diesel contaminated soil*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2226, 2021.
- [9] O. Ortega and D. Quiroga. *Evaluación de la eficiencia de tres procesos de biorremediación en suelos contaminados con petróleo, mediante la determinación de la concentración letal 50 (CL50) en la lombriz californiana, Eisenia Foetida (lombricidae) [Bachelor thesis, Universidad Santo Tomás]*, 2019.
- [10] E. Rodríguez. *Efecto del humus de lombriz en la remoción de suelos contaminados con crudo de petróleo*. *Ucayali, Perú*. *Universidad Nacional de Ucayali*, 2018.
- [11] M. Vargas. *Efecto de diésel como contaminante del suelo en el crecimiento del Frijol Castilla o caupi, (Vigna unguiculata L) Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali*. 2018. 1, 1-54, 2018.

