

Eficiencia del sistema Tohá en la depuración de efluentes del camal municipal, Bagua, Amazonas, 2021

Efficiency of the Tohá system in the purification of effluents from the municipal slaughterhouse Bagua, Amazonas, 2021

Roly Romero Rojas¹, Ricardo Edmundo Campos Ramos²

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar la eficiencia del sistema Tohá para depurar aguas residuales del camal municipal de la ciudad de Bagua, Región Amazonas, Perú, a través de Lombrifiltros constituidos por lombrices roja californiana (*Eisenia foetida*) y la lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris*). Se realizó la compra de la lombriz roja californiana en el distrito de Chachapoyas y se obtuvo la lombriz de tierra con excavaciones, seguidamente fueron colocados individualmente para su adaptación por 7 días, luego se inocularon al sistema del Lombrifiltro. Para completar el diseño pre-experimental se dispuso de un tanque de 281L y tuberías de ½ PVC. Se evaluaron los parámetros físico - químicos del agua residual del camal municipal. Se encontró que la especie roja californiana tiene mayor remoción de contaminantes, con un promedio de 27% en comparación con la lombriz de tierra que redujo un 13%. Se concluye que que la especie *E. Foetida* es la más eficiente para reducir los contaminantes en las aguas residuales de los camales.

Palabras clave: Lombrifiltros, sistema Tohá, *Eisenia foetida*

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the efficiency of the Tohá system to purify wastewater from the municipal slaughterhouse of the city of Bagua, Amazonas Region, Peru, through worm filters made up of Californian red worms (*Eisenia foetida*) and earthworms (*Lumbricus terrestris*). The purchase of the Californian red worm was made in the district of Chachapoyas and the earthworm was obtained with excavations, then they were placed individually for adaptation for 7 days, then they were inoculated into the Wormfilter system. To complete the pre-experimental design, a 281L tank and ½ PVC pipes were used. The physical-chemical parameters of the residual water from the municipal slaughterhouse were evaluated. It was found that the Californian red species has a higher removal of contaminants, with an average of 27% compared to the earthworm, which reduced 13%. It is concluded that the species *E. Foetida* is the most efficient to reduce pollutants in wastewater from slaughterhouses.

Keywords: Filterworms, Tohá system, *Eisenia foetida*

¹Bachiller en Ingeniería Ambiental, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Correo electrónico:7464921142@untrm.edu.pe

²Docente de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Correo electrónico: ricardo.campos@untrm.edu.pe

I. INTRODUCCIÓN

En nuestro país, debido a la insuficiente infraestructura, los altos costos, la falta de mantenimiento y de personal capacitado, sólo el 29% de las aguas residuales domésticas generadas reciben tratamiento, lo cual crea la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías para su depuración (Mejía y Pérez, 2016). La contaminación ambiental es uno de los problemas más grandes que existen en el planeta y el más peligroso ya que, al destruir su naturaleza original, termina por destruirnos a nosotros mismos. El desinterés de la sociedad y el gobierno con sus autoridades locales de preocuparse por la contaminación de los ríos que diariamente son producidas.

Uno de los factores vistos en Amazonas principalmente en sus distritos, son las descargas de las aguas residuales como domésticas e industriales sin ser tratadas, hacia fuentes de aguas abiertas como lagos, ríos arroyos, ocasionando el proceso de contaminación más importante la Eutrofización que esta provocado por el exceso de nutrientes en el agua, principalmente nitrógeno y fósforo, afectando la calidad de las aguas ya que al aumentar los nutrientes hace que las plantas y otros organismos crezcan en abundancia.

Durante su crecimiento y putrefacción, consumen gran cantidad del oxígeno disuelto y aportan materia orgánica (fango) en abundancia. Sin embargo, en la ciudad de Bagua se percibe descargas directas de las aguas residuales del camal municipal sin ningún previo tratamiento, ante la preocupación de mitigar la contaminación hacia la cuenca del río Utcubamba se ha propuesto el estudio de determinar la eficiencia del Sistema Tohá en la depuración de efluentes del Camal Municipal de la ciudad de Bagua, procediendo a diseñar el sistema Tohá, empleando las especies *Eisenia Foetida* y *Lumbricus Terrestris* de forma independiente, evaluando los principales parámetros físico-químicos, de los efluentes del Camal Municipal y finalmente evaluar la eficiencia de la remoción de los contaminantes.

Esta investigación estuvo constituida por un diseño pre-experimental donde la muestra (efluente líquido) serán sometidos a dos lombrifiltros individuales con un mismo estímulo y 2 mediciones diferentes, y la evaluación de los principales parámetros.

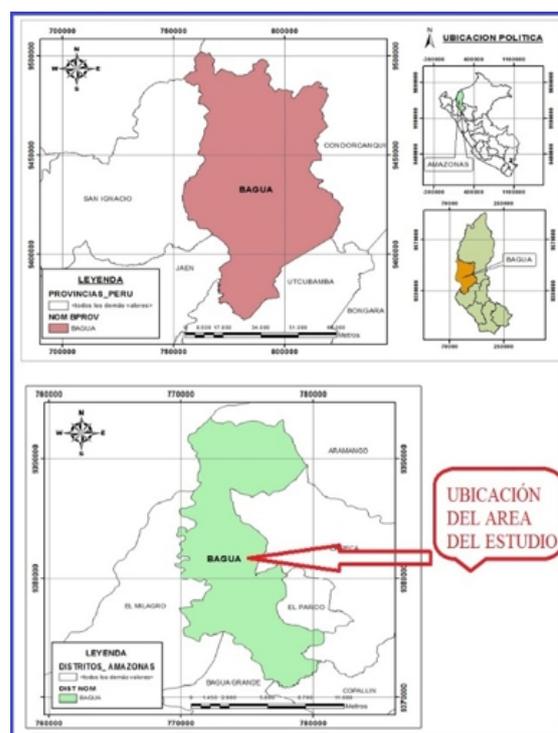
II. MATERIAL Y MÉTODO

El presente estudio de investigación se desarrolló en la Jr. Cusco N° 195 de la ciudad de Bagua, distrito Bagua, provincia de Bagua, región Amazonas, Perú, ubicado entre las coordenadas UTM: 0773643 Este, 9376360 Norte, Zona 17 M, correspondiente a un gradiente altitudinal de 428 msnm.

El punto crítico de los afluentes de las aguas residuales del camal municipal de Bagua está ubicado exactamente en las coordenadas UTM: 0772989-E, 9375675-N, Zona 17M.

Figura 1

Ubicación del área de estudio.



Esta investigación estuvo constituida por un diseño pre-experimental: las muestras (efluente líquido) fueron sometidas a dos lombrifiltros individuales con un mismo estímulo y 2 mediciones diferentes, y la evaluación de los principales parámetros físico-químicos.

La recopilación de muestras de los efluentes es de 281 L y se realizó de: afluente y efluente, en dos puntos de muestreo, con la finalidad de determinar el grado de depuración de polución de los lombrifiltros.

Sistema de Depuración Tohá

Se utilizó 2 sistemas gemelos de depuración de flujo continuo, los cuales están conformados por diferentes capas de filtración, con capacidad de almacenamiento de 0.28 m³ c/u.; que son alimentados por un tanque de 281 L. para cada sistema, el cual simula a una planta de depuración biológica pequeña.

Tabla 1

Tratamientos aplicados en el proceso de depuración en los efluentes del Camal Municipalidad.

Nº DE TRATAMIENTOS	TRATAMIENTOS (Especies)
T1	<i>Lumbricus terrestris</i>
T2	<i>Eisenia foetida</i>

Técnica.

Se empleó la técnica de observación y la técnica del puño.

En la observación es un proceso cuya función primera e inmediata es recoger información sobre el comportamiento de la eficiencia de remoción de contaminantes.

La técnica del puño se llevo a cabo para determinar la humedad en el proceso de adaptación de las lombrices.

Instrumentos.

Se utilizaron Formatos para el registro y organización de los parámetros tomados en campo con la finalidad de una adecuada adaptación de la lombriz roja californiana y la de tierra, registrando su temperatura, pH, humedad del sustrato.

Se utilizó otro formato para registrar los parámetros de pH y temperatura se utilizó el instrumento Analytical Instruments pH-618, para muestra sin tratamiento y en los sistemas T1 y T2.

Procedimientos

Acondicionamiento del área del proyecto

Se consideró un área de 14m², se instaló una carpa de color negro como techo de sombra para evitar las precipitaciones y las fuertes radiaciones solares, y para obtener una gravedad con una pendiente adecuada se trabajó el terreno y se colocó un cilindro de cemento para que sobre ella recaiga el cilindro de plástico donde iría el agua residual del camal municipal haciendo que sea un tratamiento continuo.

Recolección y adaptación de las especies *Eisenia foetida* y *lumbricus Terrestris* al agua residual del camal municipal de Bagua

Se compró 2 kilos de la especie *E. Foetida* y fueron traídos de la ciudad de Chachapoyas.

Se obtuvo los 2 kilos de lombrices de la especie *Lumbricus terrestris* en los sectores las juntas y en el valle de Huarangopampa donde se realizaron excavaciones de 50 a 70 cm de profundidad hasta llegar a conseguir la cantidad deseada.

En el proceso de adaptación de las lombrices se estructuró un cajón de madera de 75 cm de largo por

31cm de ancho con división para ambas especies, se realizaron perforaciones en el fondo para su climatización y se cubrió con malla Raschell la superficie y lo superior. Se preparó para ambos cajones sustratos con tierra fértil, para luego ser aspergeado 1700 ml de agua residual del camal municipal.

Seguidamente se procedió a realizar la prueba del puño para verificar el porcentaje de humedad y además se realizaron registros de pH y temperatura.

Posteriormente fueron inoculadas en los cajones ambas especies entre adultas, juveniles, cuyo proceso de adaptación fue 7 días, teniendo en consideración los registros de cada día.

Dimensionamiento, construcción y relleno del estanque del lombrifiltro con las diferentes capas de filtración

El diseño se basó en un balance de masas que se consideró: la cantidad de lombrices que pueda coexistir por unidad de área, la cantidad de materia orgánica que éstas son capaces de digerir y la tasa máxima de riego que puede soportar el echo para evitar la muerte de lombrices por falta de oxígeno, que corresponde a 1 m³/m²/día, Acuña & Reyes (2017).

De esta manera se consideró en el diseño:

Figura 2

Diseño para el balance de masas.

$$TRiego = Q/A \leq 1m^3/m^2/día$$

El procedimiento de la construcción del lombrifiltro se inició con la construcción de 2 estanques de material de vidrio con un espesor de 6 mm para el soporte de las capas de filtración, y sus dimensiones fueron de 76 cm de largo, 55 cm de ancho y 77 cm de profundidad, con una capacidad de volumen de 0.32186 m³/u. A los dos estanques se les añadió en una de sus esquinas a nivel de la base llaves de media con la finalidad de dar salida al agua residual depurada.

Para el almacenamiento del agua residual a depurar se compró un tanque de plástico con una capacidad de volumen de 281 L. y se le apertura una salida para tubería de ½ con su respectiva llave de control.

Se relleno los estanques de vidrio con las capas de filtración y paralelamente se le acondicionó 4 tuberías por estanque de 77 cm de largo verticales agujeradas para cumplir la función de oxigenación, agregando en la primera capa de filtración 15 cm de bolones obteniéndolo el material en la ribera del río Utcubamba, se agregó 10 cm de grava de tamaño grande, luego 10 cm de grava más pequeña y 5 cm de arena procedente de las riberas del río Utcubamba, todos los materiales anteriormente mencionados fueron previamente lavados, finalmente se colocó 10

cm de aserrín y 15 cm de tierra fértil mezclado con las lombrices en estanques diferentes y por cada capa de filtración se le fue adheriendo malla Rachell.

Medición de entrada del caudal al estanque de lombrifiltro.

La medición del caudal de entrada al estanque se determinó a través del método volumétrico con la ayuda de un cronómetro y un balde de 8 litros obteniendo los siguientes resultados.

$$Q = V/T$$

$$Q = 8 L/54 S.$$

$$Q = 0,014 m^3/s$$

Instalación de los sistemas

La instalación final de los sistemas se concluyó con la colocación, el agujeramiento y pegado de las tuberías y codos de 1/2 de PVC que sirvieron de distribución y aspergeo de las aguas residuales del tanque de almacenamiento a los lombrifiltros.

Toma de muestras y análisis

Se recolectó el efluente líquido del camal municipal de la ciudad de Bagua, en el horario de funcionamiento de sus actividades que son desde las 2:00 am hasta las 6:00 am y de las 2pm hasta las 3pm.

De acuerdo con la técnica elegida el efluente fue cambiado diariamente por 6 días, pero con la finalidad de obtener un mejor resultado en el estudio el agua residual se cambió por 10 días; el periodo de muestreo se realizó cada día que se alimente con efluente líquido a los estanques (una muestra del efluente), posteriormente se tomaron muestras simples diferentes para cada tratamiento. Las muestras se recogieron en envases de vidrio color ámbar debidamente esterilizadas y rotuladas y enviados al laboratorio, los análisis de las muestras hechas en campo son para los parámetros de pH y temperatura utilizando el instrumento Analytical Instruments Ph-618.

Los resultados de los parámetros que se evaluaron serán comparados de acuerdo con el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA que aprueba el reglamento de valores máximos admisibles (VMA).

III. RESULTADOS

Figura 1

Parámetros físico-químicos antes de la depuración.

Resultados análisis físicos – químico practicado a las muestras de aguas residuales del camal Municipal de Bagua

Sólidos sedimentables (mg/L)	Sólidos suspendidos (mg/L)	DQO (mg O2/L)	DBO (mg O2/L)	Nitratos (NO3)-1 (mg/L)	pH	Temperatura (°C)	Grasas y aceites (mg O2/L)
62,00	38,00	321,00	235,00	8,24	7,90	27,10	27,00

Tabla 2

Parámetros fisicoquímicos después de la depuración por medio del lombrifiltro con la especie roja californiana.

Resultados promedios tratados con lombriz roja californiana (Eisenia Foetida)

Sólidos sedimentables (mg/L)	Sólidos suspendidos (mg/L)	DQO (mg O2/L)	DBO (mg O2/L)	Nitratos (NO3)-1 (mg/L)	pH	Temperatura (°C)	Grasas y aceites (mg O2/L)
58,00	36,00	300,00	200,00	8,00	7,80	27,00	26,00
56,00	35,00	289,00	190,00	7,87	7,70	26,80	25,10
55,00	33,16	260,00	176,00	7,50	7,68	26,87	24,86
52,12	31,17	240,00	155,00	7,03	7,70	26,00	22,00
50,00	30,00	200,00	143,00	6,45	7,70	26,68	18,39
48,00	27,15	160,00	122,89	6,00	7,68	27,12	17,35
45,13	25,89	143,20	115,00	5,12	7,69	28,00	15,44
40,00	23,90	135,00	100,00	4,98	7,70	27,59	15,41
35,00	21,00	100,00	85,00	4,32	7,71	26,38	15,12
30,00	15,00	95,00	63,00	4,08	7,69	26,90	15,00
46,93	27,83	192,22	134,99	6,14	7,71	26,93	19,47

Tabla 3

Parámetros físico-químicos después de la depuración por medio del lombrifiltro con la especie lombriz de tierra.

Resultados promedios tratados con lombriz de tierra (Lumbricus Terrestris)

Sólidos sedimentables (mg/L)	Sólidos suspendidos (mg/L)	DQO (mg O2/L)	DBO (mg O2/L)	Nitratos (NO3)-1 (mg/L)	pH	Temperatura (°C)	Grasas y aceites (mg O2/L)
61,00	37,00	320,00	230,00	8,10	7,80	27,00	27,00
58,00	36,00	310,00	220,00	7,90	7,70	26,90	26,00
57,00	35,20	300,00	205,00	7,88	7,69	26,88	25,70
56,20	34,30	295,00	195,00	7,87	7,71	26,24	25,45
55,00	33,00	290,00	190,00	7,23	7,71	26,70	25,40
52,00	30,00	280,00	176,89	7,00	7,69	27,00	25,35
50,15	29,80	265,20	160,00	6,87	7,70	28,00	25,13
48,00	28,00	250,00	156,00	6,70	7,71	27,80	25,10
42,00	27,00	245,00	150,00	6,40	7,71	26,80	25,00
40,00	25,00	220,00	143,00	6,00	7,70	27,00	24,00
51,94	31,53	277,52	182,59	7,20	7,72	27,03	25,41

Tabla 4
Remoción de los parámetros físico-químicos.

TRATAMIENTOS REALIZADOS A LAS MUESTRAS	PARÁMETROS							
	Sólidos sedimentables (mg/L)	Sólidos suspendidos (mg/L)	DQO (mg O ₂ /L)	DBO (mg O ₂ /L)	Nitratos (NO ₃ -1) (mg/L)	pH	Temperatura (°C)	Grasas y aceites (mg O ₂ /L)
SIN TRATAMIENTO	62,00	38,00	321,00	235,00	8,24	7,90	27,10	27,00
EISENIA FOETIDA	46,93	27,83	192,22	134,99	6,14	7,71	26,93	19,47
EFFECTO	15,07	10,17	128,78	100,01	2,10	0,19	27,01	7,53
SIN TRATAMIENTO	62,00	38,00	321,00	235,00	8,24	7,90	27,10	27,00
LUMBRICUS TERRESTRIS	51,94	31,53	277,52	182,59	7,20	7,72	27,03	25,41
EFFECTO	10,06	6,47	43,48	52,41	1,04	0,18	27,06	1,59

Figura 3
Variación de los sólidos sedimentables en porcentajes.

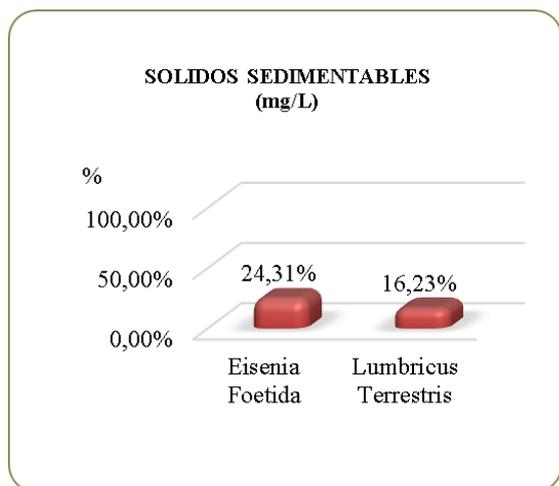


Figura 5
Variación en la remoción de los DQO en porcentajes.

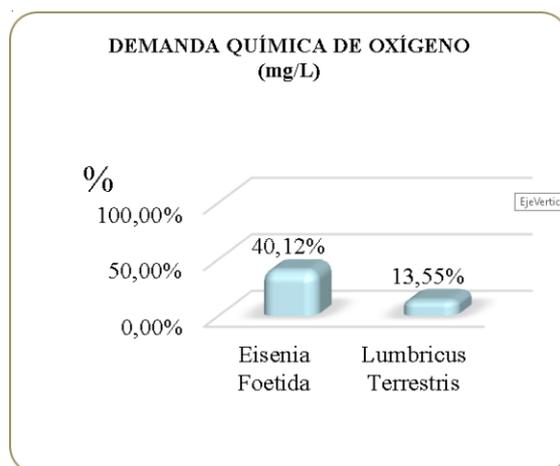


Figura 4
Variación en la remoción de los Sólidos Suspendidos en porcentaje.

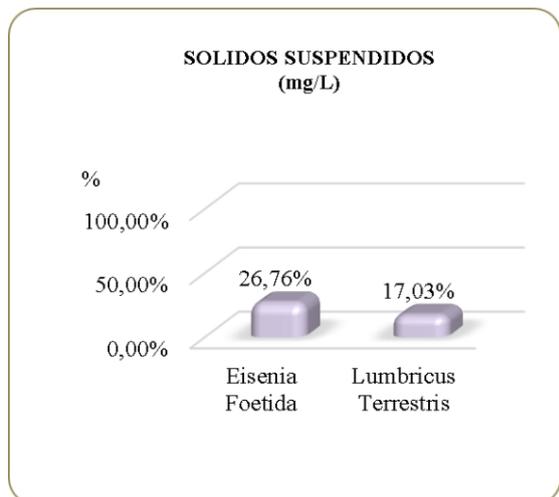


Figura 6
Porcentaje de remoción en los DBO.

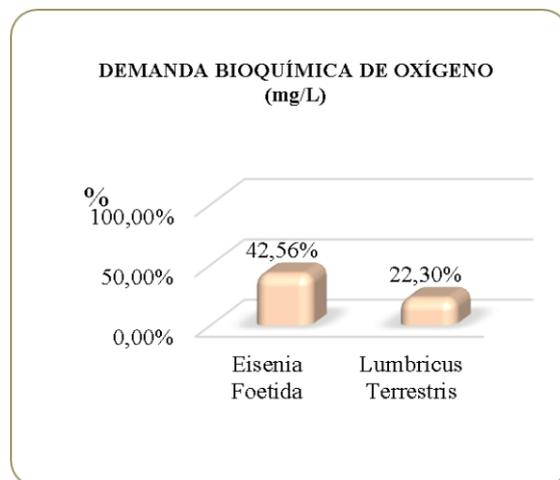


Figura 7

Variación en la remoción de nitratos en porcentajes.

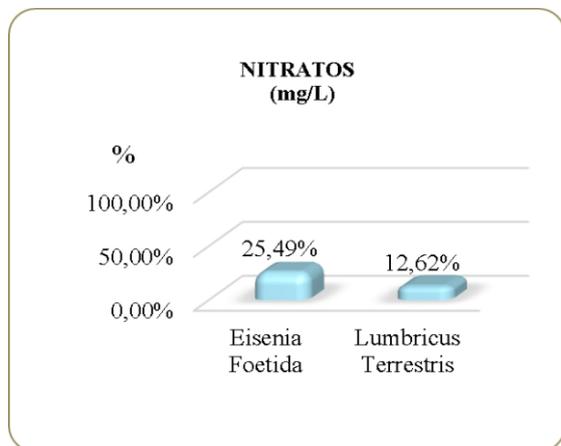


Figura 8

Porcentajes de los Aceites y grasas.

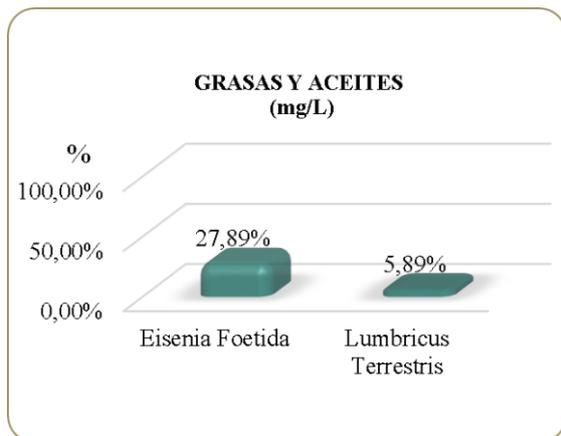


Tabla 5

Comparación del decreto supremo N° 010 – 2019-Vivienda.

Identificación de la muestra						Ustuario no doméstico (UND)		
Descripción del punto de Muestreo						Descarga final del alcantarillado		
Fecha y hora de muestreo						10/09/2021		
Ubicación Geográfica						0772989-E, 9375675-N, Zona 17 M		
Tipo de Matriz y/o producto						Agua residual industrial		
Tipo de Ensayo	Unidad	Sin depurar	R-Californiana depurado	Valor Máximo Admisible (VMA)	Declaración de Conformidad	L-Terrestre depurado	Valor Máximo Admisible (VMA)	Declaración de Conformidad
Sólidos sedimentables	(mg/L)	62,00	46,93	8.5	No cumple	51,94	8.5	No cumple
Sólidos suspendidos	(mg/L)	38,00	27,83	500	Cumple	31,53	500	Cumple
DQO	(mg O ₂ /L)	321,00	192,22	1000	Cumple	277,52	1000	Cumple
DBO	(mg O ₂ /L)	235,00	134,99	500	Cumple	182,59	500	Cumple
Nitratos	(NO ₃) ⁻¹ (mg/L)	8,24	6,14	80	Cumple	7,20	80	Cumple
Potencial de hidrogeno	pH	7,90	7,71	6-9	Cumple	7,72	6-9	Cumple
Temperatura	(°C)	27,10	26,93	<35	cumple	27,03	<35	Cumple
Grasas y aceites	(mg O ₂ /L)	27,00	19,47	100	Cumple	25,41	100	Cumple

IV. DISCUSIÓN

El sistema de Toha, nos permite mitigar el grado de contaminantes que se encuentra en los efluentes residuales ocasionadas por las actividades antropogénicas, por cuanto las investigaciones realizadas nacional e internacional a las aguas residuales tanto domesticas como industriales con el sistema toha, se ha determinado que el uso de la especie de lombriz *E. foetida* ha generado una mejor eficiencia en la remoción de los contaminantes.

En las investigaciones realizadas por Díaz & Zafra (2018), en la ciudad de Cajamarca, optaron por desarrollar un sistema piloto de lombrifiltro para tratar las aguas residuales del camal municipal, utilizando la lombriz *Eisenia foetida*, conformándolo con diversas capas de aserrín, arena fina de 0,5mm, el uso del carbón mineral, piedra, fina capa de gravilla y una capa de piedra de rio. Conforme iban realizando las pruebas repetidas veces y las muestras analizadas del afluente y efluente fueron cada vez siendo más favorable, reduciendo los DBO de una primera repetición de 7004,00 mg/L a 280,16 mg/L y segundando se redujeron aún más de 6906,60mg/L a 210,12mg/L; y en los parámetros DQO también lograron reducir de valores muy elevados en la primera repetición de 8109,00 mg/L a 810,9 mg/L y segundando tuvieron como valores de 8025,5mg/L a 486,54mg/L. Estando dentro de los límites máximos permisibles.

De acuerdo al Decreto Supremo N° 010-2019-Vivienda se ha constatado las depuraciones realizadas al agua residual obteniendo resultados favorables que comprueba la eficiencia de la *E. foetida*, de los 8 parámetros evaluados, los sólidos sedimentables que obtuvieron resultados que no cumplió los parámetros del decreto de vivienda reduciendo en un porcentaje de 24,31% y en la *Lumbricus terrestris* fue de 16,23%, en cuanto a los demás parámetros cumplieron de acuerdo al decreto de vivienda y coincidieron en los hallazgos que fueron realizados en otras investigaciones.

Así mismo en Ibarra, sede de la Universidad Católica del Ecuador se realizó estudios en Evaluación de Efectividad del Sistema de Vermifiltros en la depuración de efluentes líquidos del camal de Ibarra, a través de múltiples tratamientos. En los dos primeros tratamientos realizados por el sistema vermifiltros se determinó a nivel de laboratorio la efectividad de remoción de los efluentes líquidos, teniendo un mejor resultado de remoción en el Vermifiltro 1, de los siguientes parámetros: en DQO a un promedio de 96,27% y en sólidos totales un promedio de 64,01% , cumpliendo con los límites máximos permisibles para las descargas al alcantarillado público, y a su vez un incremento de 0,44% de materia orgánica en el sustrato de las lombrices. (Landeta, 2019).

De acuerdo a las investigaciones de Ramón, León & Castillo (2015), desarrollaron un sistema de lombrifiltro con el fin de mitigar la polución generada por los efluentes líquidos de la ciudad de Pamplona (Colombia), luego de ser diseñado y construido dicho sistema, las aguas servidas se inyectaron dentro del lombrifiltro para posteriormente sacar las muestras del afluente y efluente, y llevarlas al laboratorio donde dieron como resultado el 89.5% de eficiencia del sistema lombrifiltro y una reducción de remoción de materia orgánica de 92.1% y entre los parámetros DQO, Coliformes totales y fecales de un 92%. Los resultados obtenidos de los análisis sostuvieron que los efluentes tratados estarían aptos para ser reutilizados para otros fines.

En los estudios realizados por Llumiquinga y Parra (2018), en la Escuela Politécnica Nacional de Quito, diseñaron un sistema de vermicompostaje a un nivel de estudio piloto, para la depuración de sus aguas residuales, entre los factores a reducir fueron los lodos provenientes del Camal Metropolitano de Quito, dentro de los cuatro tratamientos, logrando obtener resultados satisfactorios en el tratamiento 2 con una eficacia de 85,41% y una remoción de los patógenos a un 99,18%, así mismo la relación de los Sólidos Volátiles (SV) y Sólidos Totales (ST) alcanzando un valor de 14,37%. Así mismo al finalizar el bioproceso, consideraron que era factible como abono o fertilizante para el suelo.

V. CONCLUSIONES

La depuración realizada a los efluentes del camal municipal de Bagua por medio del uso de lombrifiltros, fue comparada entre las especies utilizadas la *E. foetida* y la *Lumbricus Terrestris*, en el lombrifiltro que fue introducida la especie *E. foetida* sostuvo un resultado promedio de 27% y en el lombrifiltro con la *Lumbricus terrestris* sostuvo un resultado de 13%, demostrándose en esta investigación que la especie *E. foetida* es la más eficiente para reducir los contaminantes en las aguas residuales de los camales

El sistema de lombrifiltro fue aplicado para analizar los 8 parámetros fisicoquímicos siendo Sólidos sedimentables (mg/L), Sólidos suspendidos (mg/L), DQO (mgO₂/L), DBO (mgO₂/L), Nitratos (mg/L), pH, Temperatura, Grasas y aceites (mg/L) que fueron establecidos en la investigación y fue empleado por los bajos costos para su construcción, su facilidad de construcción y por su eficiencia en depurar aguas residuales.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bacuña, M. J., & Reyes, S. J. (2017). *Eficiencia de Lumbricus terrestris y Eisenia foetida en el tratamiento de las aguas residuales en la ciudad de Bagua - Amazonas*. Bagua, Amazonas, Perú.
- Díaz, R. L., & Zafra, O. A. (2018). *Implementación de un lombrifiltro para el tratamiento de aguas residuales preexistentes del camal municipal de Cajamarca en 2017*. Cajamarca.
- Landeta, F. (2019). *Evaluación de la eficiencia de un sistema de vermifiltros en el tratamiento de aguas residuales del camal de Ibarra*, [Tesis de Pre-Grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio – PUCESI. https://dspace.pucesi.edu.ec/bitstream/11010/533/1/1_Tesis.pdf
- Llumiquinga, Y., Parra, F., (2018). *Estudio piloto para la estabilización de lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales del camal metropolitano de Quito mediante vermicompostaje*, [Tesis de Pre-Grado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital – EPN. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19402/1/CD-8791.pdf>
- Mejía, F. P. y Pérez, K. L. (2016). *Eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante un biodigestor prefabricado en la subestación eléctrica Cotaruse – Apurímac*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima