

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**PRUEBA DE EFICIENCIA EN LABORATORIO DE BIOFILTRO DE LOMBRICES
PARA MEJORA DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS
DE AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL FRIGORÍFICO SUR EXPORT DELICAR**

SCRL - PUNO

PRESENTADA POR:

HUGO CÉSAR INCAHUANACO INCAHUANACO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2024



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](https://www.upsc.edu.pe) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



12.18%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 30 OCT 2024, 10:45 AM

Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL
2.78%

● CHANGED TEXT
9.4%

Report #23470411

HUGO CÉSAR INCAHUANACO INCAHUANACO // PRUEBA DE EFICIENCIA EN LABORATORIO DE BIOFILTRO DE LOMBRICES PARA MEJORA DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS DE AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL FRIGORÍFICO SUR EXPORT DELICAR SCRL - PUNO RESUMEN La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia en laboratorio de un biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros físicoquímicos y bacteriológicos de aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno; para ello se fabricó e implementó un biofiltro de lombrices que está constituido por un contenedor que almacenará 40 L.de agua residual de camal, que mediante una llave de control permite el paso y caída del efluente a través de un manguera agujereada, y el biofiltro de lombrices que es un recipiente rectangular de vidrio, en su interior cuenta con 5 capas (Lombrices Eisenia foetida + aserrín, carbón activado, arena fina, grava chancada $\varnothing=3$ cm. y bolones de piedra de río), por donde es filtrada y sometida al tratamiento, posterior a ello el agua tratada desemboca a un recipiente de recolección a través de una llave de control, para posteriormente analizar los parámetros en laboratorio, el experimento requirió de 7 días para la adaptación de las lombrices y 7 días para el tratamiento correspondiente y ensayos realizados antes y después del tratamiento; obteniendo como resultados para (Turbidez, SST, Temperatura), químicos, (pH, DBO5, DQO) y bacteriológicos (Coliforme termotolerantes, E.

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

**PRUEBA DE EFICIENCIA EN LABORATORIO DE BIOFILTRO DE LOMBRICES
PARA MEJORA DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS
DE AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL FRIGORÍFICO SUR EXPORT DELICAR
SCRL - PUNO**

PRESENTADA POR:

HUGO CÉSAR INCAHUANACO INCAHUANACO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

: 
Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

PRIMER MIEMBRO

: 
M.Sc. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

SEGUNDO MIEMBRO

: 
M.Sc.FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

ASESOR DE TESIS

: 
M.Sc. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub Área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 12 de noviembre del 2024

DEDICATORIA

A toda mi familia por su comprensión y apoyo incondicional, quienes a pesar de mis errores y momentos de desánimo, han sido mi soporte en cada etapa de mi vida.

Y a todas las personas que de una u otra forma me apoyaron en la realización del presente trabajo de investigación.

A Dios, quien siempre me acompaña y me levanta de mi continuo tropiezo, por permitirme seguir con vida y darme la fortaleza para seguir adelante.

De manera muy especial, a mis hijos Bruno Zaid, Alessia Cristell y Jair Alexander, quienes son mi motivación para seguir esforzándome día a día.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Privada San Carlos – Puno y en especial a Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, donde recibí las enseñanzas impartidas por los diferentes docentes en los años de estudios, quienes contribuyeron a alcanzar uno de mis objetivos más anhelados.
- A mi asesor Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda por su compromiso, paciencia y enseñanza incondicional para lograr la elaboración del presente trabajo de investigación.
- Agradecer a mis jurados:

Presidente: Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

Primer miembro: Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

Segundo miembro: M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

Por su paciencia y todos sus aportes para mejorar mi trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ANEXOS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1.1. Problema General	15
1.1.2. Problemas específicos	15
1.2. ANTECEDENTES	16
1.2.1. Antecedentes internacionales	16
1.2.2. Antecedentes nacionales	17
1.2.3. Antecedentes locales	18
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.3.1. Objetivo General	19
1.3.2. Objetivos específicos	19

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	21
---------------------------------------	-----------

2.1.1. Tratamiento de aguas residuales con lombrices.	21
2.1.2. Biofiltro de lombrices	21
2.1.3. Tipo de biofiltro de lombrices.	22
2.1.4. Lombrices de tierra	23
2.1.5. Aguas residuales	23
2.1.6. LMP para efluentes de plantas de camales y plantas de beneficio.	25
2.1.7. ECA para la utilización del agua residual en la agricultura	25
2.2. MARCO CONCEPTUAL	26
2.2.1. Caudal	26
2.2.2. Coliformes termotolerantes	26
2.2.3. Coliformes totales	26
2.2.4. Escherichia coli	27
2.2.5. Demanda bioquímica de oxígeno - DBO	27
2.2.6. Demanda química de oxígeno - DQO	27
2.2.7. ECA	27
2.2.8. Eficiencia	28
2.2.9. Flujo laminar	28
2.2.10. Flujo turbulento	28
2.2.11. LMP	28
2.2.12. pH	28
2.2.13. Reacción	28
2.2.14. Sólidos suspendidos totales - SST	28
2.2.15. Temperatura	29
2.2.16. Turbidez	29
2.3. MARCO NORMATIVO	29
2.3.1. Constitución Política del Perú 1993. (La ampliación de la norma puede	

verse en Anexo 01).	29
2.3.2. Ley General del Ambiente - Ley N° 28611. (La ampliación de la norma puede verse en Anexo 01).	29
2.3.3. Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental - N°29325. (La ampliación de la norma puede verse en Anexo 01).	29
2.3.4. Decreto Supremo N° 2009 - MINAM	29
2.2.5. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM	30
2.2.6. Decreto Supremo N° 011-2018-MINAM	30
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	30
2.4.1 Hipótesis General	30
2.4.2. Hipótesis Específicas	30
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	31
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	32
3.2.1. Población	32
3.2.2. Muestra	32
3.2.3. Muestreo	32
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	33
3.3.1. Tipo de investigación	33
3.3.2. Diseño de investigación	33
3.3.3. Método	33
3.3.4. Técnica	34
3.3.5. Instrumento, materiales, procedimiento de experimentación y/o metodología.	34
3.3.6. Presentación y análisis de datos.	45

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	48
3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	48

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA RESIDUAL.	50
4.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LOS 3 PARÁMETROS QUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL.	55
4.3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS DEL AGUA RESIDUAL.	60
4.4. RESULTADOS DE LA EFICIENCIA EN LABORATORIO DEL BIOFILTRO DE LOMBRICES PARA MEJORA DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS DE AGUAS RESIDUALES.	64
4.5. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	67
4.5.1. Comprobación de la Hipótesis General.	67
4.5.2. Comprobación de la Hipótesis Específica 1.	68
4.5.3. Comprobación de la Hipótesis Específica 2.	68
4.5.4. Comprobación de la Hipótesis Específica 3.	69
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES	73
BIBLIOGRAFÍA	74
ANEXOS	79

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Descripción de las dimensiones del biofiltro.	39
Tabla 02: Dimensiones por cada capa del biofiltro	42
Tabla 03: LMP para la descarga de efluentes líquidos de la actividad agroindustrial, como planta de camales y plantas de beneficio.	46
Tabla 04: ECA de agua para riego restringido y no restringido (Fisicoquímicos y Microbiológicos).	47
Tabla 05: Identificación de variables.	48
Tabla 06: Resultado del análisis en laboratorio de los parámetros físicos del agua residual (efluente), antes del tratamiento con el biofiltro de lombrices.	51
Tabla 07: Resultado del análisis en laboratorio de los parámetros físicos del agua residual (efluente), después del tratamiento con el biofiltro de lombrices.	51
Tabla 08: Resultado del análisis en laboratorio de los parámetros químicos del agua residual, antes del tratamiento con el biofiltro de lombrices.	56
Tabla 09: Resultado del análisis en laboratorio de los parámetros químicos del agua residual, después del tratamiento con el biofiltro de lombrices.	56
Tabla 10: Resultado del análisis en laboratorio de los parámetros bacteriológicos del agua residual, antes del tratamiento con el biofiltro.	60
Tabla 11: Resultado del análisis en laboratorio de los parámetros bacteriológicos del agua residual, después del tratamiento con el biofiltro.	61

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación satelital de la zona de estudio; Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L.	32
Figura 02: Esquema del diseño de la investigación.	33
Figura 03: Diseño del biofiltro de lombrices.	38
Figura 04: Dimensiones del biofiltro de lombrices.	39
Figura 05: Comparación del parámetro Turbidez antes y después del tratamiento con el biofiltro de lombrices.	52
Figura 06: Comparación del parámetro Sólidos Suspendidos Totales (SST) antes y después del tratamiento con el biofiltro de lombrices.	53
Figura 07: Comparación del parámetro Temperatura (°C) antes y después del tratamiento con el biofiltro de lombrices.	54
Figura 08: Comparación del parámetro Potencial de Hidrógeno (pH) antes y después del tratamiento con el biofiltro de lombrices.	57
Figura 09: Comparación del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) antes y después del tratamiento con el biofiltro de lombrices.	58
Figura 10: Comparación del parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) antes y después del tratamiento con el biofiltro de lombrices.	59
Figura 11: Comparación del parámetro Coliformes Termotolerantes antes y después del tratamiento con el biofiltro de lombrices.	62
Figura 12: Comparación del parámetro E. coli antes y después del tratamiento con el biofiltro de lombrices.	63

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Descripción del marco normativo.	80
Anexo 02: Informe de Ensayo antes del tratamiento con el biofiltro de lombrices.	82
Anexo 03: Informe de Ensayo antes del tratamiento con el biofiltro de lombrices	83
Anexo 04: Galería fotográfica.	84
Anexo 05: Matriz de consistencia.	100

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia en laboratorio de un biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno; para ello se fabricó e implementó un biofiltro de lombrices que está constituido por un contenedor que almacenará 40 L.de agua residual de camal, que mediante una llave de control permite el paso y caída del efluente a través de un manguera agujereada, y el biofiltro de lombrices que es un recipiente rectangular de vidrio, en su interior cuenta con 5 capas (Lombrices *Eisenia foetida* +aserrín, carbón activado, arena fina, grava chancada $\varnothing=3$ cm. y bolones de piedra de río), por donde es filtrada y sometida al tratamiento, posterior a ello el agua tratada desemboca a un recipiente de recolección a través de una llave de control, para posteriormente analizar los parámetros en laboratorio, el experimento requirió de 7 días para la adaptación de las lombrices y 7 días para el tratamiento correspondiente y ensayos realizados antes y después del tratamiento; obteniendo como resultados para (Turbidez, SST, Temperatura), químicos, (pH, DBO₅ , DQO) y bacteriológicos (Coliforme termotolerantes, *E. coli*) de las aguas residuales del efluente, obteniendo un promedio de 77.56%, 87.76% y 96.42% de eficiencia respectivamente, dichos resultados demuestran que el biofiltro de lombrices con 86.10% de eficiencia minimizando la concentración de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos; se concluye que, el biofiltro de lombrices de aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno, disminuye los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, con una eficiencia del 86.10% en el tratamiento de aguas residuales, en base a los ensayos y resultados obtenidos en laboratorio.

Palabras clave: Agua residual, Bacteriológicos, Eficiencia de biofiltro, Fisicoquímicos, Lombrices.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the laboratory efficiency of a worm biofilter to improve the physicochemical and bacteriological parameters of wastewater from the Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Físt; For this purpose, a worm biofilter was manufactured and implemented, which consists of a container that will store 40 L of waste water from the slaughterhouse, which through a control key allows the passage and fall of the effluent through a perforated hose, and the biofilter. of worms, which is a rectangular glass container, inside it has 5 layers (*Eisenia foetida* worms + sawdust, activated carbon, fine sand, crushed gravel $\varnothing=3$ cm. and river stone balls), through which it is filtered and subjected to the treatment, after which the treated water flows into a collection container through a control valve, to later analyze the parameters in the laboratory, the experiment required 7 days for the adaptation of the worms and 7 days for the treatment corresponding and tests performed before and after treatment; obtaining as results for (Turbidity, TSS, Temperature), chemical, (pH, BOD5, COD) and bacteriological (thermotolerant coliform, E. coli) of the effluent wastewater, obtaining an average of 77.56%, 87.76% and 96.42% of efficiency respectively, these results demonstrate that the worm biofilter with 86.10% efficiency minimizing the concentration of physicochemical and bacteriological parameters; It is concluded that the worm biofilter in wastewater from the Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno, reduces the physicochemical and bacteriological parameters, with an efficiency of 86.10% in the treatment of wastewater, based on the tests and results obtained in the laboratory.

Keywords: Wastewater, Bacteriological, Biofilter efficiency, Physicochemicals, Worms.

INTRODUCCIÓN

Un problema dentro del ámbito de protección del medio ambiente, tiene un lugar destacado, sino el más, el referente a los recursos hídricos, sean estos mares, lagos, ríos, canales, napas subterráneas, etc. Su conservación, ausente de cualquier tipo de contaminación, permite asegurar la supervivencia de la población y de sus actividades productivas. De esta manera surge el concepto de depuración o tratamiento de aguas residuales, a fin de minimizar el impacto que puedan causar en nuestro medio ambiente las constantes emanaciones y descargas producidas en él. Actualmente existen en el mundo sistemas de tratamiento que han sido utilizados por mucho tiempo, denominados sistemas convencionales, donde sus características, ventajas y desventajas son muy conocidas, fruto de muchos años de estudio y seguimiento. Sin embargo las plantas de tratamiento convencionales son muy caras de construir, tienen altos costos de operación (especialmente eléctrica) y mantenimiento, requieren de personal calificado y generan subproductos indeseables (lodos) por ello el presente trabajo documenta la evaluación de la eficiencia en laboratorio de un biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno, dividiendo la presente en los siguientes apartados.

Capítulo I: Exponemos el problema citando información relevante relacionada a la investigación, luego citamos antecedentes de tipo internacional, nacional y del ámbito local, para al final citar los objetivos del presente trabajo.

Capítulo II: Desarrollamos cada uno de los términos que fundamentan el trabajo desarrollado, para ello se exponen el marco teórico y el conceptual y la normatividad nacional vigente, para al final mencionar las hipótesis de éste trabajo.

Capítulo III: Abarcamos el tema de la forma en la que se desarrolló la investigación a través de la metodología de investigación, presentamos la zona de estudio, la población y la muestra, y la parte estadística de éste trabajo.

Capítulo IV. En éste capítulo se exponen los resultados que se obtuvieron así como de la misma manera se terminan analizando e interpretando cada uno de ellos.

Por último terminamos el presente documento manifestando nuestras apreciaciones de los resultados obtenidos en las conclusiones y recomendamos el punto de vista que nos ofrece el haber realizado éste trabajo.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial, se observa la proliferación de las aguas residuales originados por las industrias pequeñas, medianas y gran escala, que incluye ramales de animales y que no tiene una solución definitiva debido a la escasa conciencia ambiental que poseen los administrados y su afluencia viene ocasionando la descarga orgánica, que son vertidos a diversos espacios de vertiente a ríos y lagos del hemisferio.

La Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación - UNESCO (2018), afirma que desde los años 90 la contaminación del agua se ha visto afectada en casi todos los ríos de América Latina, África y Asia; para las próximas décadas se espera que la calidad del agua se deteriore aún más aumentando diversas amenazas para la salud humana y el medio ambiente siendo los más afectados los países de bajo desarrollo económico con un mayor índice de crecimiento demográfico y la falta de sistemas de gestión de aguas residuales. (p.2)

Igualmente, en el Perú, viene ocurriendo por la presencia de los camales informales, que congregan grandes volúmenes de aguas residuales al conglomerar sangre animal y después del lavado del pellejo del animal, el agua discurre por diferentes vertientes con dirección a ríos, lagos y otros que se empozan y expanden olores desagradables, y de

manera paulatina daña la salud de la población generando las enfermedades de infección intestinal en el organismo.

Al respecto, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA (2018), define a las aguas residuales como: “las que fueron transformadas por las actividades humanas y por lo tanto necesitan un tratamiento previo, es decir, deben de ser modificadas antes de ser reaprovechadas, vertidas al medio ambiente o descargadas al alcantarillado” (p.2).

En ese sentido, los camales son una fuente principal de contaminación por efectos que las propiedades fisicoquímicas del agua son alteradas en su estado natural al momento de lavar varias veces la musculatura despellejada del animal vacuno, ovino o auquénido, y esta misma agua discurre a lugares adyacentes a las calles, ocasionando a los pobladores que transitan malestar e incomodidad.

En vista de esta problemática existente en el distrito de Puno, se planteó como una alternativa de solución emplear el biofiltro de lombrices para la mejora de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas residuales, y reutilizar el agua tratada en el riego de los jardines. Además, como profesional de área ambiental es una preocupación personal, al ver gran cantidad de aguas residuales que se vierten sin tratar, motivo por el cual se origina la presente investigación y con ello, contribuir a disminuir la contaminación.

1.1.1. Problema General

¿Cuál es la eficiencia en laboratorio de un biofiltro de lombrices en la mejora de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno?

1.1.2. Problemas específicos

- a) ¿Es factible la fabricación de un biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno?

- b) ¿En qué medida el biofiltro de lombrices mejoró los parámetros físicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno?
- c) ¿En qué medida el biofiltro de lombrices mejoró los parámetros químicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno?
- d) ¿En qué medida el biofiltro de lombrices mejoró los parámetros bacteriológicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. Antecedentes internacionales

Cabrera et al., (2022), el tratamiento en un Lombrifiltro, determinó el tiempo óptimo de retención en el cual la especie *Eisenia foetida* remueve una mayor proporción de materia orgánica, el tiempo de retención fue de 14 horas; Así mismo, se evaluó la eficiencia de remoción de MO para caudales de 1,5 L/día y 3,5 L/día, cuyos porcentajes fueron de 89 % y 87 % respectivamente; y a una velocidad de 1200 rpm del agitador, a los 20 minutos de permanencia los sólidos suspendidos alcanzaron un valor de 88,8% de remoción, bajo estas condiciones, los valores de los parámetros de calidad del agua cumplen los requisitos establecidos por el municipio de Quito.

Rodríguez (2021), en su investigación tuvo como fin analizar la eficiencia y proponer alternativas de mejoramiento en la planta de tratamiento de las aguas residuales del camal municipal del cantón San Pedro de Pelileo ubicado en la provincia de Tungurahua - Ecuador, como resultado de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del camal municipal se obtiene que para DBO⁵ es del 49,9 % y para la DQO es del 46% estos parámetros se encuentran muy por encima de lo que establece la normativa ecuatoriana.

Limachi (2020), concluye que el procedimiento T1 no fue tan eficiente en la producción de lombrices adultas, juveniles y biomasa final, pero mostró una buena producción de cocones (1375), degradación de sustrato (2471,75 kg.) y en costo beneficio (0,32 Bs.) Sin

embargo manifiesta que T2 fue la mejor en producción de lombrices adultas (210), juveniles (1400), biomasa final (77,51 g.). Por otro lado el procedimiento T3, que se utilizó aserrín a un 75%, tuvo una baja y lenta producción en todas las variables.

Castro (2019), concluye que la relación existente de DBO_5 / DQO para los vertimientos de aguas residuales 1 y 2 del municipio de Tinjacá son de 0.9 y 0.6 respectivamente, lo que demuestra que tienen un alto contenido de materia orgánica favoreciendo la aplicación del biofiltro para su biodegradación. Asimismo concluye que para una población de 560 habitantes y un caudal de 1,35 l/s se requiere construir un Lombrifiltro de 117 m² con una vida útil de 25 años, teniendo como costo de construcción de \$177.468.185,11 y para operación y mantenimiento de \$38.614.288,00.

1.2.2. Antecedentes nacionales

Zúñiga (2020), concluye que el lombrifiltro 2 (LB2) presentó mayor porcentaje de remoción en los parámetros de DQO, DBO y conductividad, obteniendo valores de 57.92%, 39.73% y 19.57 respectivamente. Mientras que el lombrifiltro 1 (LB1) tuvo porcentajes más altos en turbidez y fósforo total, siendo estos 64.24% y 31.64% respectivamente. En cuanto al pH y OD, el LB2 demostró mejores valores promedio de calidad, siendo 6.85 pH y 0.85 mg/L respectivamente.

Tobala (2020), para el desarrollo de su investigación aplicó (05) cinco tratamientos con diferentes densidades (0, 80, 120, 160 y 200 individuos) con cuatro repeticiones. Concluye que existen diferencias significativas de los parámetros de pH, temperatura y humedad durante el tratamiento del lodo residual, asimismo existe una diferencia significativa en las densidades de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida*, el tratamiento (T4), con una densidad inicial de 200 individuos, registró el mayor incremento de individuos, respecto a los demás tratamientos (T1, T2 y T3), mientras que el tratamiento (T1), registró un menor incremento de individuos, se comprobó que existen diferencias significativas en los

parámetros químicos (Materia orgánica, Fósforo P₂O₅, Potasio K₂O, Relación Carbono / Nitrógeno y Nitrógeno N) antes y después del tratamiento del lodo residual.

Castillo (2020), concluye en el trabajo experimental remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos mediante un proceso de vermifiltración, fue positivo ya que se logró la reducción de los parámetros de hasta 94.4% de Aceites y Grasas, 45.8% de Coliformes Termotolerantes, 36.4% para Escherichia coli, 82.2% de DBO, 64.8% de DQO, 94.9% de SST y se logró mantener dentro del rango establecido por la norma a los parámetros de pH y Temperatura, y concluye que el agua obtenida cumple la normativa peruana límites máximos permitidos (LMP) para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del D.S. N° 003 – 2010 MINAM.

Maza (2017), Concluye que luego del tratamiento hubo una mejora en los parámetros de turbidez con una reducción de 94.19%, DBO con una reducción de 87.21% y DQO con un 85.78% de reducción. Por otro lado, con un pH promedio aceptable de 7.61 y para SST con una reducción de 39.38%. Información que demuestra que el lombrifiltro resultó ser muy eficiente en el tratamiento de aguas residuales.

Agüero (2019), concluye que con la aplicación de la lombricultura se pudo determinar que la calidad de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas mejoró, bajando en sus niveles de impurezas como son el nitrógeno amoniacal, nitritos y sulfatos, ya que por experiencias los Nitritos y Sulfatos podrían afectar a la tierra donde se dosificará, ya que éstas generarían acidez y alteración de la cadena de los seres vivos.

1.2.3. Antecedentes locales

Tairo (2021), concluye, el DBO, la muestra sin tratamiento presentó 921.64 mg/L después del tratamiento disminuye sustancialmente a 240.1 mg/L, y 320.4 mg/L, dichos resultados se encuentra en el intervalo permisibilidad de 250 mg/L, en tal sentido la muestra 2 si cumple con los límites máximos permisibles, para la cual se utilizó un caudal de caída

hidráulica de 3 l/día, por un lapso de 5 horas continuas y las muestras 3, 4, 5, 6 y 7 no cumple con los límites máximos permisibles a consecuencia del aumento de caudal del agua con caída hidráulica y las 6 horas continuas del experimento. De igual manera DQO la muestra sin tratamiento presentó 3324.3 mg/L después del tratamiento disminuye a 431.14 mg/L y 574.05 mg/L, la misma se encuentra en el intervalo de parámetro de permisibilidad de 500 mg/L, y de acuerdo al D.S. N° 2009-MINAM en tal sentido la muestra 2 si cumple los límites máximos permisibles.

Sahuaraura (2021), concluye que las concentraciones de aceites y grasas en el afluente para el primer tratamiento fue de 963 mg/L, para el segundo tratamiento fue de 959 mg/L y para el tercer tratamiento fue de 961 mg/l. Los caudales con las que se trabajó para el primer tratamiento fue en promedio de 0.001832 L/s, para el segundo tratamiento fue de 0.003378 L/s en promedio y para el último tratamiento el caudal fue de 0.001261 L/s, en cuanto a las eficiencias de remoción se dieron de la siguiente manera, para el primer tratamiento fue de 51.92 % en promedio, para el segundo tratamiento fue de 32.80% y el tratamiento tres fue el más bajo en cuanto a la eficiencia de la remoción con un valor de 23.01%.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la eficiencia en laboratorio del biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.

1.3.2. Objetivos específicos

- a. Fabricar un biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.
- b. Verificar la eficiencia en laboratorio del biofiltro de lombrices para mejorar los

parámetros físicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.

- c. Determinar la eficiencia en laboratorio del biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros químicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno
- d. Comprobar la eficiencia en laboratorio del biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros bacteriológicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1.1. Tratamiento de aguas residuales con lombrices.

Es aquella biotecnología que permite emplear a un agente biológico como la lombriz para transformar residuos orgánicos, biodegradables a escala industrial, en humus, así como generar proteína no convencional y lombrices para fines curativos (Najas et al., 2012). Es el cultivo – desarrollo de poblaciones – de lombrices. Un proceso limpio y de fácil aplicación para reciclar una amplia y variada gama de residuos biodegradables (restos orgánicos), produciendo abono y lombrices (Shuldt, 2006).

Es un proceso en el cual se emplean lombrices que durante su digestión transforman la materia orgánica aprovechando los desechos biodegradables para obtener un abono de alta calidad: humus, un mejorador natural de las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Barbado, 2003).

2.1.2. Biofiltro de lombrices

Macias & Gonzáles (2021). Es un prototipo de biofiltro que se realiza a base de una mitigación biológica, hacen referencia a que los biofiltros están constituidos por distintos estratos tanto de material orgánico e inorgánico, por lo tanto cuando el agua residual ingresa posteriormente se distribuye en la superficie del biofiltro y desciende por la acción de la gravedad de manera que el material orgánico quedará atrapado en el medio

filtrante, donde será degradada y consumida por la acción microbiológica, reduciendo la concentración de los sólidos suspendidos a la salida. (p.39).

Castillo y Chimbo (2021). La intención de esta investigación fue evaluar la eficiencia de la remoción de materia orgánica con la utilización de biofiltro en los establecimientos de camales clandestinos, puesto que su inadecuado manejo de aguas residuales constituye un grave problema de contaminación ambiental y de salud pública al verter estas aguas residuales en zonas rurales y cuerpos hídricos. (p.1)

León y Castillo (2021). Se considera biofiltro porque sus principales degradadores de la materia orgánica, principal contaminante, son las lombrices, dicho biofiltro está compuesto por capas filtrantes de diferentes materiales. La lombriz y los microorganismos son los responsables de absorber y digerir la materia orgánica presente en el agua residual (p.62).

Rocano et al. (2021) afirman que en los tejidos de las lombrices existen sustancias reguladoras del crecimiento vegetal que provocan efecto en el crecimiento, rendimiento de las plantas y la capacidad de transformar las sustancias con los tratamientos.

2.1.3. Tipo de biofiltro de lombrices.

Asimismo el autor clasificó los tipos de biofiltro en dos grupos (Macias & Gonzáles,2021):

- a) Medio filtrante inerte, que incluye los materiales como arena, antracita, grava, carbón activado y roca de escoria volcánica (tezontle). También están como medios filtrantes sintéticos las esferas de polietileno, entre otros y se los denomina como medios de alta tasa por la carga orgánica que toleran.
- b) Medio filtrante orgánico, es el proceso que trata las agua residuales en un biofiltro con hecho orgánico, consta de tres procesos simultáneos
 - Filtración: reducción de sólidos
 - Absorción, adsorción e intercambio iónico: para la retención de contaminantes
 - Degradación biológica: el cual consta de la formación de una biopelícula

Por ello, es uno de los mecanismos alternativos para el tratamiento de aguas residuales con respecto a otros métodos. Puesto que hace uso de lombrices californianas en el proceso experimental y con ello, reducir la carga orgánica que contamina el agua y para la cual se debe proveer la correcta instalación y funcionamiento del sistema de alimentación de agua residual.

2.1.4. Lombrices de tierra

Las lombrices de tierra son organismos importantes para la formación de los suelos y para la descomposición de la materia orgánica, y han sido considerados indicadores aptos para evaluar la contaminación debido a su interacción con el suelo; además las lombrices de tierra son expuestas a diversos contaminantes químicos. (Arrázola & Iannacone, 2021, p.113)

Rodríguez et al. (2018) indican que: “La lombriz roja también puede ser utilizada como una estrategia de biorremediación, debido a que tiene la capacidad de modificar las propiedades químicas y físicas del suelo”

Naranjo et al (2021) los hongos son una fuente de alimento importante para las lombrices de tierra. Sin embargo, se ha reportado que el destino de los cuerpos fúngicos depende de las adaptaciones a las condiciones intestinales de la lombriz de tierra, por ello, con facilidad de transformar las sustancias inorgánicas a orgánicas (p.3).

Monard (2018) afirma que: “La Eisenia foetida es capaz de transformar las propiedades físicas y químicas del suelo, actuando en conjunto con comunidades microbianas, y pueden ser capaces de mineralizar contaminantes presentes en este” (p.27).

2.1.5. Aguas residuales

El D.S. N° 001-2010-AG-MINAGRI, que aprueba el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, precisa que las aguas residuales domésticas “son aquellas de origen residencial, comercial e institucional en cuya composición presentan excretas y otros como producto de las actividades humanas” (Cáceres, Calisaya & Bedoya, p.2).

Pimiento & Cárdenas (2021). Las aguas residuales son generadas en procesos de elaboración de alimentos tipo snacks o botanas y otros provenientes de camales clandestinos. Los efluentes residuales que se generan en la producción industrial son conducidos hacia una PTAR que consta de operaciones físicas y procesos químicos y biológicos. (p.2)

Rivera, Barahona, Costales, Lalvay, & Guachichullca (2021). Las aguas residuales también denominadas aguas servidas, son aquellas que se originan de las actividades diarias del ser humano y de actividades de los establecimientos de camales, el vertimiento es realizado al sistema de alcantarillado o directamente al medio ambiente. (p.229). El autor agrega, la composición de estas aguas es muy variada y presenta valores físico químicos muy elevados como por ejemplo en los sólidos suspendidos totales, compuestos orgánicos biodegradables, constituyentes inorgánicos disueltos, por lo que claramente no son aptas para el consumo humano, siendo necesario un tratamiento especial antes de su vertimiento.

Arias et al. (2021) señalan que las aguas residuales alteran el normal desarrollo natural de los ecosistemas, debido a que producen un cambio de condiciones como la toxicidad, olor, color, entre otras, asimismo contienen contaminantes que producen acciones muy complejas sobre el medio ambiente.

A. Clasificación de las aguas residuales

Según la Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA (2018) clasifica a las aguas residuales en:

- **Aguas residuales industriales**

Aquellas que resultan de los procesos de producción de las empresas e industrias, como por ejemplo los sectores actividad minera, agrícola, pesquería, energética, entre otras.

- **Aguas residuales domésticas**

Son aquellas que tienen origen residencial y comercial, provienen de actividades cotidianas del ser humano y que contienen desechos fisiológicos, grasas, detergentes, etc.

- **Aguas residuales municipales**

Son aquellas aguas domésticas que pueden estar mezcladas con aguas pluviales e industriales previamente tratadas y que luego son vertidas en los sistemas de alcantarillado.

B. Características de las aguas residuales de camales

(Hernández & Sánchez , 2014), en un centro de sacrificio animal, durante sus actividades diarias se dan sustancias y elementos tales como sangre, grasas y estiércol que en conjunto le dan a las aguas de desecho las siguientes características:

- Elevado contenido de materia orgánica en todos los subproductos y agua de lavado.
- Alto contenido de grasas.
- Sólidos generados durante la etapa de lavado.

2.1.6. LMP para efluentes de plantas de camales y plantas de beneficio.

Decreto Supremo N° 2009 - MINAM, tiene la finalidad de establecer los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de actividades agroindustriales (plantas de camales y plantas de beneficio) con el fin de atenuar la contaminación de los cuerpos de agua y riesgos a la salud de la población.

Los efluentes líquidos tratados de las actividades agroindustriales, vertidos a los cuerpos de aguas naturales no deberán exceder los valores señalados en el decreto supremo mencionado.

2.1.7. ECA para la utilización del agua residual en la agricultura

Con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, el mismo que modifica, agrupa, elimina, mantiene y mejora las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el

Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y su respectivo Anexo (MINAM, 2017).

Para la presente investigación, es importante señalar que en la modificación de la norma se incluyeron conceptos de riego con restricción y sin restricción, que están estandarizadas bajo la categoría 3.

Por ello MINAM (2017) define al agua para riego no restringido como aquellas aguas que de acuerdo a su calidad permite ser posible su aprovechamiento para el riego de cultivos alimenticios que se consumen crudos; arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde las partes comestibles están en contacto directo con el agua de riego, aun siendo de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Caudal

El caudal se entiende como el flujo volumétrico o volumen que recorre un área definida en una unidad de tiempo específica (Ordaz,2020).

2.2.2. Coliformes termotolerantes

Son indicadores de calidad por su origen y logran soportar temperaturas hasta de 45 °C, están comprendidos por un número muy reducido de microorganismos. La presencia de estos microorganismos indica la existencia de contaminación fecal de origen humano o animal, siendo E. coli la más representativa, con un 90-100 % (Larrea et al., 2013).

2.2.3. Coliformes totales

Los coliformes totales son bacterias Gram negativas, que se pueden encontrar en el medio ambiente. no necesariamente indica contaminación fecal, sin embargo sí demuestra que el alimento estuvo expuesto a una contaminación general. Entre ellas se encuentran Escherichia coli, Citrobacter, Enterobacter y Klebsiella (Larrea et al., 2013).

2.2.4. Escherichia coli

Es una bacteria baciliforme, que tiene la forma de un bastoncillo y vive en el intestino de los seres humanos y animales de sangre caliente. Su presencia en el agua indica que hay contaminación fecal, por lo que existe un número máximo de coliformes, recuento de coliformes, por encima del cual el agua deja de ser consumida, ya sea para beber o asearse (Larrea et al., 2013).

2.2.5. Demanda bioquímica de oxígeno - DBO

Es la cantidad de oxígeno que necesitan las bacterias y microorganismos para degradar la materia orgánica que se encuentra presente en el agua residual. Es una prueba realizada durante 3 ó 5 días y que se expresa como DBO ó DBO₅ respectivamente, a una temperatura de 20 °C. (Bermúdez, 2019, p 14).

2.2.6. Demanda química de oxígeno - DQO

Mide la cantidad de materia orgánica presente en el agua, mediante la determinación del oxígeno necesario para oxidarla, pero en este caso proporcionado por un oxidante químico como el permanganato potásico o el dicromato potásico. Este parámetro no puede ser menor que la DBO, ya que es mayor la cantidad de sustancias oxidables por vía química que por vía biológica (Bermúdez, 2019, p 14).

2.2.7. ECA

El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) es una herramienta de gestión ambiental ideada para medir el estado de la calidad ambiental dentro de un territorio nacional y que precisan los niveles de elementos o sustancias presentes en el ambiente que no representan un riesgo para la salud y el medio ambiente (MINAM, 2018).

2.2.8. Eficiencia

La valoración de la eficiencia incumbe a la exigencia de comprender con claridad el repartimiento de los recursos y los diversos factores de la mejor manera, y brindar el más alto nivel de utilidad a las institucionalidades económicas intervinientes Sanchez (2017)

2.2.9. Flujo laminar

Cuando las moléculas de un fluido siguen su trayectoria paralelamente (Ordaz,2020)

2.2.10. Flujo turbulento

Es cuando las moléculas de un fluido se cruzan produciendo un flujo inestable (Ordaz,2020).

2.2.11. LMP

Límite Máximo Permisible – LMP, es una medida de la manifestación o extensión de un elemento, sustancia o parámetro físico, químico y biológico que caracteriza un efluente o descarga que, cuando se excede, causa o es probable que cause daños a la salud, el bienestar humano y Medio Ambiente (Ley 1055.)

2.2.12. pH

Es la medida que posee del ion hidrógeno que contiene el líquido del agua, la cual nos indica logaritmo negativo de la capacidad molar del ion hidrógeno, sus valores normalmente es de 6,50 a 8,50., para descargas de vertimientos de un tratamiento secundario se determina en un pH de 6,0 a 9,0 (Tairo, 2021,p.30).

2.2.13. Reacción

El sobrenombre de reacción se refiere a cualquier acción o resultado producido por una acción, es decir, es una reacción que se produce después del estímulo producido por la acción realizada sanchez(2017).

2.2.14. Sólidos suspendidos totales - SST

Son micropartículas sólidas masados o disueltas que contiene el agua residual; pues los sólidos totales son llamados por la fragmentación y/o partículas muy pequeñas, mediana y grandes, para identificar muchas veces destilación de una muestra, pero la mayor parte de los contaminantes de aguas son sólidos, disueltos o suspendidos. (Tairo, 2021).

2.2.15. Temperatura

La importancia de la geología del terreno por donde atraviesa el agua es indispensable, ya que de las características del mismo dependerá en gran parte la composición química del agua, promedio que varían de 0.8 a 14°C. La precipitación media anual varía de 10 mm. en la zona costera hasta 240 mm. en la zona alta (Tairo, 2021,p.30).

2.2.16. Turbidez

Es la coloración de color marrón claro y oscuro que tiene el agua que es considerado no apto para el consumo por una gran diversidad de fuentes, para medirla se emplea para revelar la turbiedad es la UNT., y se mide con el instrumento llamado turbidímetro apoyado en principios nefelométricos (Tairo, 2021).

2.3. MARCO NORMATIVO

2.3.1. Constitución Política del Perú 1993. (La ampliación de la norma puede verse en Anexo 01).

2.3.2. Ley General del Ambiente - Ley N° 28611. (La ampliación de la norma puede verse en Anexo 01).

2.3.3. Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental - N°29325. (La ampliación de la norma puede verse en Anexo 01).

2.3.4. Decreto Supremo N° 2009 - MINAM

Aprueba los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes originados en las actividades agroindustriales como plantas de camales y plantas de beneficio, con el objetivo de reducir los efectos negativos en el ambiente, especialmente, en los cuerpos de agua, así como los riesgos a la salud de la población.

2.2.5. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

Aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y que recopila las disposiciones aprobadas mediante el D.S N° 002-2008-MINAM, el D.S. N° 023-2009-MINAM y el D.S. N° 015-2015-MINAM.

2.2.6. Decreto Supremo N° 011-2018-MINAM

Aprueban el inicio del proceso de transferencia de funciones de fiscalización en materia ambiental del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA).

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1 Hipótesis General

El biofiltro de lombrices de aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno, es eficiente en la mejora de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- a) Si es factible la fabricación de un biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.
- b) El biofiltro de lombrices mejora los parámetros físicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L.- Puno.
- c) El biofiltro de lombrices mejora los parámetros químicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.
- d) El biofiltro de lombrices mejora los parámetros bacteriológicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La zona de investigación, se realizó en la comunidad de Capullani, lugar donde se encuentra en pleno funcionamiento el Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. que vierte el agua contaminada a pozos improvisados

Ubicado en la comunidad de Capullani, distrito, provincia y región Puno (desvío del kilómetro 6 de la Carretera Puno-Moquegua), colindante a los terrenos del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público "José Antonio Encinas" de la ciudad de Puno y la comunidad "Mi Perú" (carretera a Moquegua).

La comunidad de Capullani tiene severas condiciones de clima adverso caracterizado por la presencia de heladas, sequías y granizadas, que no permiten el establecimiento de cultivos extensivos, excepto para avena y cebada forrajera.

El Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L.

Las coordenadas de su ubicación son: Zona 19 S 392138 ESTE 8242035 NORTE, es un centro de beneficio animal (ganado vacuno), en el que se dan procesos de matanza, faenado, refrigeración y comercialización principalmente.

Según consulta realizada a través del Portal de Fiscalización Ambiental - PIFA, del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, el camal señalado es una unidad fiscalizable (administrado) en el subsector de agricultura en el distrito de Puno, con actividad de centro de beneficios de animales.

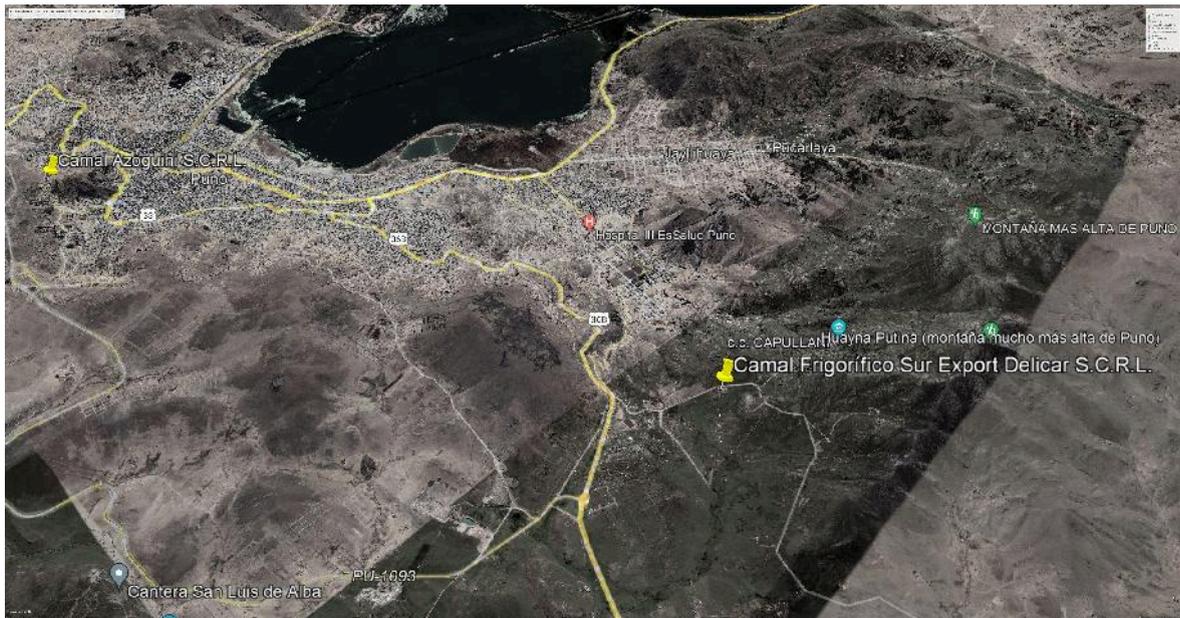


Figura 01: Ubicación satelital de la zona de estudio; Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L.

Fuente: Google Earth, 2023.

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

3.2.1. Población

La población está constituida por la totalidad de las aguas residuales producidas por el Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno, calculando un aproximado de 6,000 litros diarios (6 m^3).

3.2.2. Muestra

La muestra está constituida por 40 L. (0.040 m^3) de agua residual, representada por las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. Según estudios realizados por plantas de tratamiento en Chile, indican que cada 1 m^2 de Biofiltro trata 1 m^3 de agua residual (A.V.F. Ingeniería Ambiental, 2003).

3.2.3. Muestreo

De acuerdo a las características de la investigación se realizó un **muestreo no probabilístico por conveniencia**, ya que, el investigador determinó la cantidad utilizada

para el biofiltro de lombrices y los volúmenes de aguas residuales, durante el proceso de investigación y la manipulación de las variables.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. Tipo de investigación

Por las características de la investigación es aplicada y experimental con enfoque cuantitativo.

3.3.2. Diseño de investigación

Para el desarrollo de la investigación, se utilizará, el diseño experimental, que se describe a continuación:

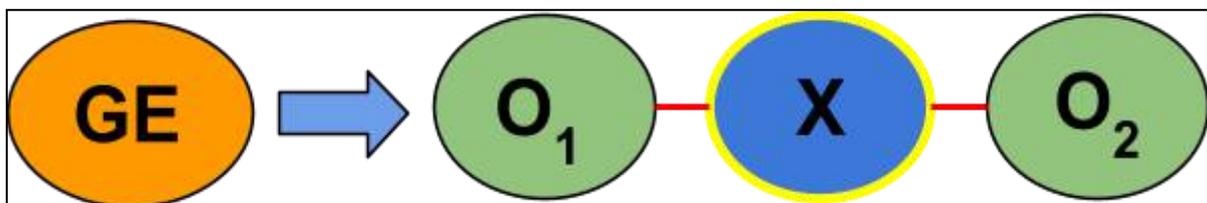


Figura 02: Esquema del diseño de la investigación.

Fuente: Tairo (2020)

Dónde:

GE: Grupo experimental

GC: Grupo de control

O₁: Medición de pre test

O₂: Medición de post test

X : Manipulación o desarrollo de la variable independiente (Biofiltro de lombrices).

3.3.3. Método

Se aplicó el **método analítico**, según Martínez & Fernández (2022). El método analítico, permite una interpretación de los resultados después de haber estado en trabajo de campo. Para los objetivos específicos se empleó el método deductivo cuantitativo porque se extrajo de cada uno de ellos en momentos del experimento.

3.3.4. Técnica

Observación directa en trabajo de campo

Actividad de contacto directo con el elemento de estudio con el propósito de identificar la concentración de aguas residuales del camal, en seguida emplear el biofiltro para la mejora de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas residuales.

3.3.5. Instrumento, materiales, procedimiento de experimentación y/o metodología.

Se desarrolló el recorrido, previa autorización de los propietarios, por el interior y áreas externas del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. lugar donde funciona este centro de beneficio de animales de acuerdo al Portal de Fiscalización Ambiental - PIFA, a fin de obtener la muestra deseada.

3.3.5.1. Muestreo de agua residual a tratar.

a. Materiales

- Movilidad
- Mandil blanco
- Guantes
- 01 jarra
- Malla fina de Nylon
- 01 recipiente alimentador del Biofiltro/Lombrifiltro.

3.3.5.2. Metodología

Se inspeccionó que los conductos por donde transita el agua residual, no tenga grietas, fisuras, hundimientos, que puedan alterar la características originales del agua residual.

Para la recolección de la muestra fue necesario la utilización de una malla fina de nylon con el objetivo de que el agua residual tenga en su contenido solo sangre líquida, sin los pelajes para evitar que obstaculice el biofiltro de lombrices.

De 40 L. que se recolectaron, 28 L. fueron utilizados para el tratamiento en el biofiltro de lombrices, 5 L. para los análisis respectivos en laboratorio (análisis inicial) y 7 L. para el proceso de adaptación de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).

3.3.5.2. Adaptación de lombrices (*Eisenia foetida*).

Antes del tratamiento, se realizó el proceso de adaptación de las lombrices debido a que esta especie de lombrices tienen la piel bastante sensible y sobre todo por los contaminantes contenidos en estas aguas residuales.

Materiales.

- Recipiente de plástico
- Malla raschel
- Guantes de latex
- Regadera
- Balanza

Las imágenes pueden apreciarse en el Anexo 04 de la galería fotográfica (Fotografía 05, 06 y 07).

3.3.5.3. Diseño metodológico por objetivos.

Para el proceso de adaptación de las lombrices, se utilizó un recipiente de plástico, con perforaciones en su base, se colocó cuatro capas de malla raschel en la base interna, con la finalidad de que las lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) no estén directamente en contacto con la base del recipiente, asimismo se colocó 100 g. de sustrato (Aserrín y estiércol vacuno) y seguidamente las lombrices, luego, con la ayuda de una regadera se regará diariamente 1000 ml. de agua residual del mencionado camal, manteniendo un porcentaje de humedad del 80% (este parámetro fue muy importante para la supervivencia de las lombrices), para comprobarlo se realizó la prueba de puño y medición de la temperatura por cada día; este proceso de adaptación duró 7 días. (Las lombrices seleccionadas pueden apreciarse en la Fotografía 01, 02 y 03 del Anexo 04).

Evaluar la eficiencia en laboratorio del biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.

El tratamiento tuvo una duración de 7 días de análisis para la cual se requirió 2 kilos de Eisenia Foetida y demás componentes, dicho experimento se registró y contabilizó desde el momento de la instalación y funcionamiento del biofiltro de lombrices. Los ensayos fueron realizados por el Laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) - EEA Illpa - CE Salcedo. (Las imágenes del laboratorio se pueden apreciar en las Fotografías 11, 12 y 21 del Anexo 04).

Durante la ejecución del experimento se registró los datos y/o reacciones que facilitaron el análisis e interpretación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas residuales tanto antes y después del experimento (análisis periódicos), lo que a su vez, permitió evaluar la eficiencia en laboratorio del biofiltro de lombrices. Asimismo se realizaron mediciones de parámetros in situ para parámetros físicos como Temperatura.

3.3.5.4. Procedimiento metodológico para el cumplimiento del primer objetivo específico.

Fabricar un biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno. (Las imágenes del producto terminado se pueden apreciar en las Fotografías 10 del Anexo 04).

a. Materiales

- 01 recipiente de 50 Litros, recipiente/tanque alimentador del Biofiltro/Lombrifiltro.
- 06 m. de manguera transparente de PVC
- Alambre galvanizado N° 14
- 02 Llaves de control para agua.
- 01 recipiente de vidrio para los lechos filtrantes (Biofiltro de lombrices).

- 01 recipiente para la recolección de agua tratada.
- b. Materiales para el biofiltro de lombrices (Recipiente de vidrio):**
 - Bolones/Piedra de río.
 - Grava chancada (3 cm. de diámetro)
 - Arena fina
 - Aserrín o viruta de madera blanca
 - Carbón activado.
 - Lombrices rojas californiana (*Eisenia foetida*).

Las imágenes de los materiales del biofiltro se pueden apreciar en las Fotografías 04 y 05 del Anexo 04.

c. Metodología

La instalación se realizó de forma manual, en laboratorio, se procedió a conectar el recipiente/tanque alimentador (colocado a una altura considerable), a una llave de control que permite el paso del agua residual a una manguera previamente agujereada en la parte lateral superior con la finalidad de facilitar su caída de manera homogénea sobre el biofiltro de lombrices que contendrá cinco capas, cada una estará conformada por lo siguiente:

- **CAPA 01:** Malla raschel, con una cama de aserrín y viruta blanca, encima el material biológico, Lombrices (*Eisenia Foetida*), la malla raschel se consideró con la finalidad de evitar que las lombrices que inician su nacimiento se escapen o puedan pasar a las siguientes capas.
- **CAPA 02:** Carbón activado
- **CAPA 03:** Arena fina
- **CAPA 04:** Grava chancada ($\varnothing=3$ cm.)
- **CAPA 05:** Bolones de piedra de río, enteras, previamente lavadas.

El agua residual fue filtrada por medio de estas cinco capas y desembocó, por una llave de control a un recipiente de recolección de agua tratada, tal como se puede apreciar en la siguiente imagen:

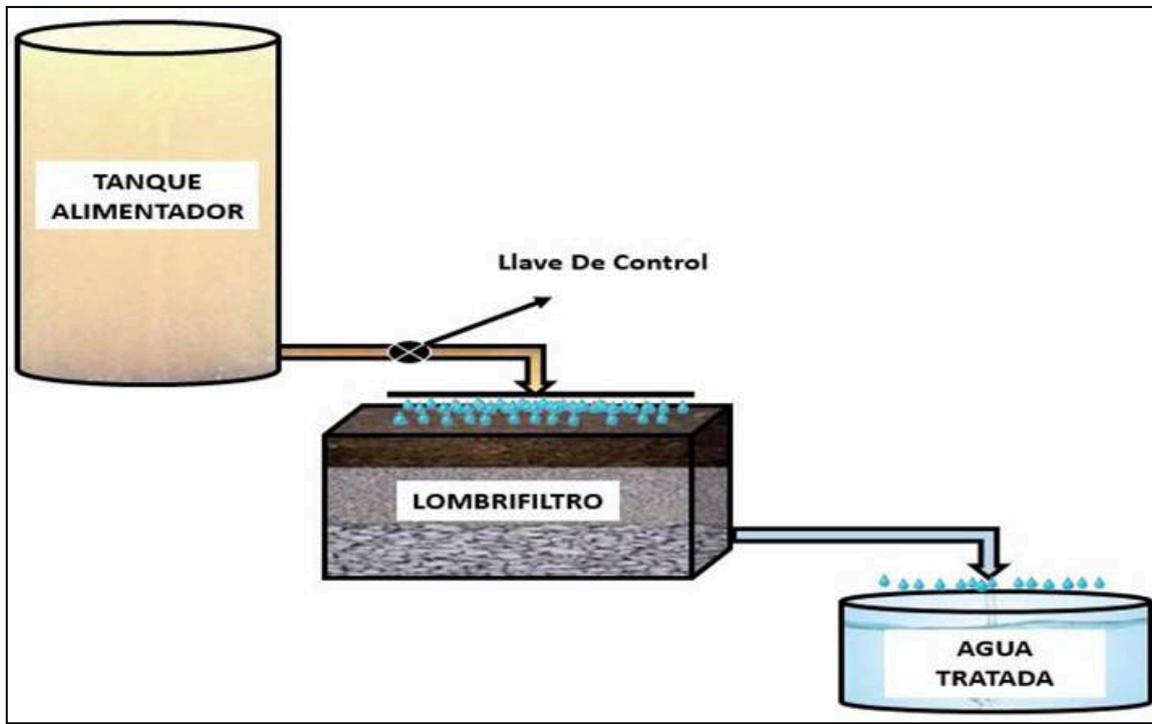


Figura 03: Diseño del biofiltro de lombrices.

Fuente: Maza (2017).

d. Diseño y construcción del biofiltro / lombrifiltro

El biofiltro de lombrices está constituido por un contenedor de agua residual de camal y el biofiltro de lombrices (recipiente de vidrio). Para el diseño y construcción de la estructura del Lombrifiltro se realizaron cálculos para hallar la altura adecuada según (Salazar, 2005) “Sistema Tohá; una disyuntiva ecológica para el tratamiento de aguas residuales en sectores rurales”.

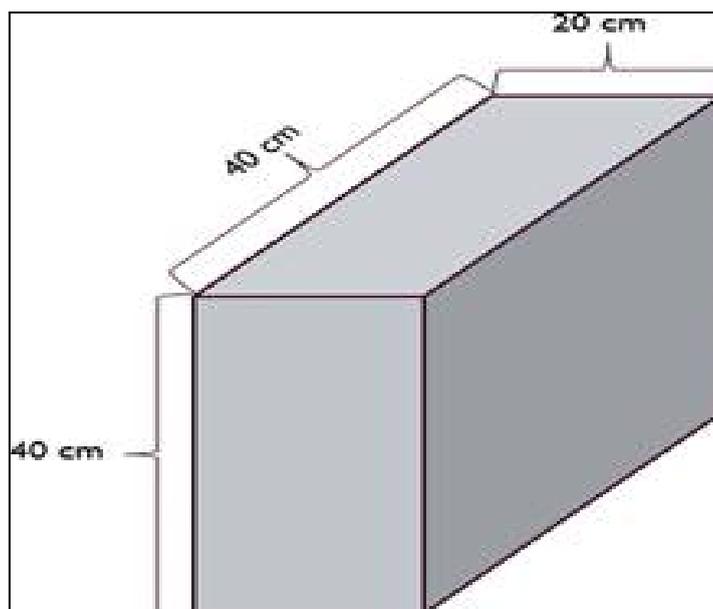


Figura 04: Dimensiones del biofiltro de lombrices.

Fuente: Maza (2017)

Tabla 01: Descripción de las dimensiones del biofiltro.

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR (cm.)
Altura	h	50
Ancho	a	30
Largo	l	50



Figura 05: Biofiltro implementado.

e. Determinación de las capas del biofiltro

Cada capa filtrante tiene un tamaño diferente, y se propuso tomando en consideración "Sistema Tohá; Alternativa Ecológica al Tratamiento de Aguas Remanentes Rurales" (2005 de Salazar).

● **CÁLCULO DE LA CAPA 1 (*Eisenia foetida*, Aserrín y Malla Raschel):**

$$\text{Capa 1} = \frac{\% \text{total del estrato } Eisenia \text{ Foetida} + \text{Aserrín} + \text{malla raschel} * \text{altura útil del biofiltro}}{100\%}$$

$$\text{Capa 1} = \frac{30\% * 50 \text{ cm.}}{100\%}$$

$$\text{Capa 1} = 15 \text{ cm}$$

- **CÁLCULO DE LA CAPA 2 (Carbón activado):**

$$\text{Capa 2} = \frac{\%total \text{ del estrato } Eisenia \text{ Foetida} + \text{ Aserrín} + \text{ malla raschel} * \text{ altura útil del biofiltro}}{100\%}$$

$$\text{Capa 2} = \frac{2\% * 50 \text{ cm.}}{100\%}$$

$$\text{Capa 2} = 1 \text{ cm}$$

- **CÁLCULO DE LA CAPA 3 (Arena fina):**

$$\text{Capa 3} = \frac{\%total \text{ del estrato de Arena Fina} * \text{ altura útil del biofiltro}}{100\%}$$

$$\text{Capa 3} = \frac{16\% * 50 \text{ cm.}}{100\%}$$

$$\text{Capa 3} = 8 \text{ cm}$$

- **CÁLCULO DE LA CAPA 4 (Grava chancada, $\varnothing=3$ cm.):**

$$\text{Capa 4} = \frac{\%total \text{ del estrato de Grava chancada } \varnothing=3\text{cm.} * \text{ altura útil del biofiltro}}{100\%}$$

$$\text{Capa 4} = \frac{16\% * 50 \text{ cm.}}{100\%}$$

$$\text{Capa 4} = 8 \text{ cm}$$

- **CÁLCULO DE LA CAPA 5 (Bolones de piedra de río):**

$$\text{Capa 5} = \frac{\%total \text{ del estrato de Bolones de piedra de río} * \text{ altura útil del biofiltro}}{100\%}$$

$$\text{Capa 5} = \frac{16\% * 50 \text{ cm.}}{100\%}$$

$$\text{Capa 5} = 8 \text{ cm}$$

Tabla 02: Dimensiones por cada capa del biofiltro

CAPAS	DESCRIPCIÓN	ALTURA (cm)	ALTURA (m)
CAPA 1	Eisenia Foetida, Aserrín y Malla Raschel	15	0.15
CAPA 2	Carbón Activado	1	0.01
CAPA 3	Arena Fina	8	0.08
CAPA 4	Grava chancada, $\varnothing=3$ cm.	8	0.08
CAPA 5	Bolones de piedra de río	8	0.08

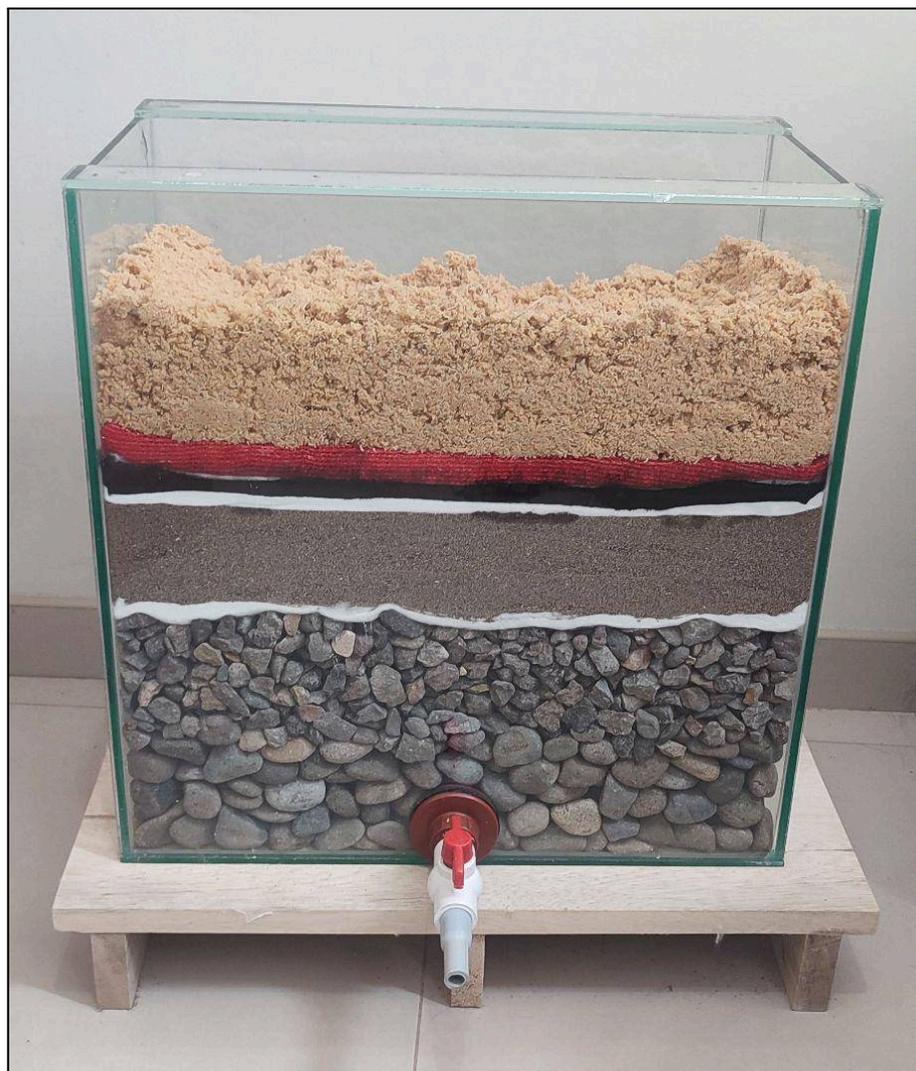


Figura 06: Capas del biofiltro implementado.

3.3.5.5. Procedimiento metodológico para el cumplimiento del segundo objetivo específico.

Verificar la eficiencia en laboratorio del biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros físicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.

En pleno experimento se registró los datos y/o reacciones que facilitaron el análisis e interpretación, como la temperatura, pH, Turbidez, Demanda Biológica de oxígeno (**DBO** mg/L), mediciones realizadas tanto antes y después del experimento (análisis periódicos).

Los ensayos fueron realizados por el Laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) - EEA Illpa - CE Salcedo.

Los resultados del laboratorio pueden apreciarse en el Anexo 02.

3.3.5.6. Procedimiento metodológico para el cumplimiento del tercer objetivo específico.

Determinar la eficiencia en laboratorio del biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros químicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.

Durante el desarrollo del experimento se registraron los datos, antes y después del experimento (análisis periódicos) de la Demanda Química de Oxígeno (**DQO** mg/L) y Sólidos Suspendidos Totales (**SST**). Los ensayos fueron realizados por el Laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) - EEA Illpa - CE Salcedo

Existen varios métodos, en este tipo investigación de los cuales se consideró como **métodos de referencia** los que a continuación se detallan.

a. Método para determinar la turbiedad

El instrumento utilizado para su medición es el nefelómetro o también conocido como turbidímetro. Un rayo de luz emitida a determinada intensidad a 90 grados logra atravesar la muestra de agua el cual es medida por dicho equipo en Unidades Nefelométricas de turbidez, o Nephelometric Turbidity Unit (NTU) (Maza, 2017).

b. Método para determinar los sólidos suspendidos totales.

Método gravimétrico: Con ello, se contrastaron los diversos tipos de materiales sólidos que componen el valor absoluto de los sólidos totales. Por ello, fué necesario analizar la importancia de materiales sólidos que constituye parte de la calidad de las aguas residuales.

c. Método para determinar el pH

Para comprobar y medir el pH en una disolución, se utilizaron dos métodos, de acuerdo a la precisión de la medida: por ello se utilizaron las sustancias llamadas indicadores que se modifican de acuerdo al color en función al pH de la dispersión que está disuelta.

Asimismo, se agregó a la disolución vista. Para obtener medidas exactas se usó el pH-metro, por el método potencia metro (Maza, 2017).

d. Método para determinar la DBO₅

Método de Winkler: Consistió en verificar y determinar la cantidad de oxígeno disuelto en mg/L a través de una evaluación química. Se colocó la muestra de agua, después se analizó la solución de sulfato de manganeso, en seguida trato con hidróxido sódico y yoduro potásico, el manganeso reacciona con el oxígeno y conforma un compuesto que establece al manganeso y oxígeno, óxido hidratado de color marrón. (Maza, 2017)

Los resultados del laboratorio pueden apreciarse en el Anexo 03.

3.3.5.7. Procedimiento metodológico para el cumplimiento del cuarto objetivo específico.

Comprobar la eficiencia en laboratorio del biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros bacteriológicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno. Se registraron los datos y/o reacciones encontradas durante la ejecución del experimento, los mismos que facilitaron el análisis e interpretación, referente a la presencia de coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*), mediciones realizadas antes y después del experimento. Los ensayos fueron realizados en el Laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) - EEA Illpa - CE Salcedo.

3.3.6. Presentación y análisis de datos.

El análisis de los datos, se realizó de acuerdo a los parámetros establecidos por el Decreto Supremo N° -2009-MINAM. Para tal propósito se presentan dichos parámetros (Límites Máximos Permisibles) en la siguiente tabla:

Tabla 03: LMP para la descarga de efluentes líquidos de la actividad agroindustrial, como planta de camales y plantas de beneficio.

	PARÁMETROS	UNIDAD	LMP (Límite permisible)
I.	Generales		
1	pH	-	6,0 – 9,0
2	Sólidos suspendidos totales	mg/L	300
3	Turbidez	UNT	54
II.	Orgánicos		
3	Demanda bioquímica de oxígeno -DBO ₅	mg/L	250
4	Demanda química de oxígeno-DQO	mg/L	500

Fuente: (Decreto Supremo N° 2009 - MINAM)

De igual forma la presentación y análisis de datos se realizará de acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de agua para riego restringido y no restringido (Fisicoquímicos y Microbiológicos) para la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, parámetros que son de interés para el presente estudio que promueve la recuperación de estas aguas residuales para reutilizarlas, únicamente, para el riego de áreas verdes, parques y jardines (plantas ornamentales) en los alrededores del mismo camal.

Para tal propósito se detalla dichos parámetros (Estándares de Calidad Ambiental) en la siguiente tabla:

Tabla 04: ECA de agua para riego restringido y no restringido (Fisicoquímicos y Microbiológicos).

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	40
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO			
Coliformes Termotolerantes	NMP/10 0 ml	1 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/10 0 ml	1 000	**

(c): Para riego de parques públicos, áreas deportivas, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos (riego no restringido)

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 4:

- El símbolo ** significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales

Fuente: (D.S. N°004-2017-MINAM)

Para el análisis e interpretación de los resultados se utilizó el programa Excel para la elaboración de gráficos con los datos recogidos en trabajo de campo.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 05: Identificación de variables.

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD	ESCALA VALORACIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE Eficiencia del Biofiltro de lombrices	Cantidad requerida de lombrices adultas	2 kilos de lombrices adulta, dependiendo de la manipulación de las variables	Kg.	Razón
	Capacidad de transformar las sustancias y/o líquidas para la reutilización	7 días de análisis	D/H	Razón
VARIABLE DEPENDIENTE Aguas residuales	Parámetros físicos del agua	Turbidez Sólidos suspendidos Totales Temperatura	Parámetros	Según D.S. N° 2009 - MINAM y D.S. N°004 - 2017- MINAM
	Parámetros químicos del agua	pH DBO DQO	Parámetros	Según D.S. N° 2009 - MINAM y D.S. N°004 - 2017 - MINAM
	Parámetros bacteriológicos del agua	Coliformes Termotolerantes (Escherichia coli)	Parámetros	Según D.S. N°00 2017 - MINAM

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Para vigorizar los resultados obtenidos de los parámetros físicos y químicos en las aguas remanentes del camal Frigorífico Sur Export Delicar SCRL, con la utilización de biofiltro de lombrices se a utilizado la estadística descriptiva, haciendo uso de los valores promedios (las medias) datos que han sido comparados con resultados antes y después de la utilización del lombrifiltro.

Así mismo para el cálculo de eficiencia se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\%(Concentración \textit{Final})}{Concentración \textit{Inicial}} \times 100$$

Dicha fórmula se ha aplicado a cada parámetro analizado y comparado.

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Los análisis/ensayos por cada parámetro físico, químicos y bacteriológicos, antes y después del tratamiento del agua residual (efluente) con el biofiltro de lombrices, fueron realizados por el Laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) - EEA Illpa - CE Salcedo se muestran en el Anexo 01 y 02.

Para la interpretación de los resultados se efectuó de acuerdo a los parámetros establecidos (LMP) en el Decreto Supremo N° -2009-MINAM. De igual forma, tomando en consideración el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM en el cual establecen Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de agua para riego restringido y no restringido.

4.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA RESIDUAL.

A continuación se muestran los resultados de los ensayos realizados en laboratorio para el cumplimiento del segundo objetivo específico.

Resultado del análisis de parámetros físicos antes del tratamiento.

Tabla 06: Resultado del análisis en laboratorio de los parámetros físicos del agua residual (efluente), antes del tratamiento con el biofiltro de lombrices.

MUESTRA	FECHA	HORA	PARÁMETROS FÍSICOS		
			Turbidez (NTU)	SST (mg/L)	Temperatura (°C)
Muestra sin tratamiento	18/12/2023	09:00	158.00	685.50	16.60

Resultado del análisis de parámetros físicos después del tratamiento.

Tabla 07: Resultado del análisis en laboratorio de los parámetros físicos del agua residual (efluente), después del tratamiento con el biofiltro de lombrices.

MUESTRA	FECHA	HORA	PARÁMETROS FÍSICOS		
			Turbidez (NTU)	SST (mg/L)	Temperatura (°C)
M1	18/12/2023	16:00	42.70	230.24	16.20
M2	19/12/2023	16:00	42.90	242.30	15.80
M3	20/12/2023	16:00	46.10	286.67	16.00
M4	21/12/2023	16:00	49.17	289.70	15.70
M5	22/12/2023	16:00	51.30	361.00	16.80
M6	23/12/2023	16:00	53.00	618.00	15.90
M7	24/12/2023	16:00	52.80	501.20	15.80

Comparación de parámetros físicos antes y después del tratamiento.

- **Turbidez.**

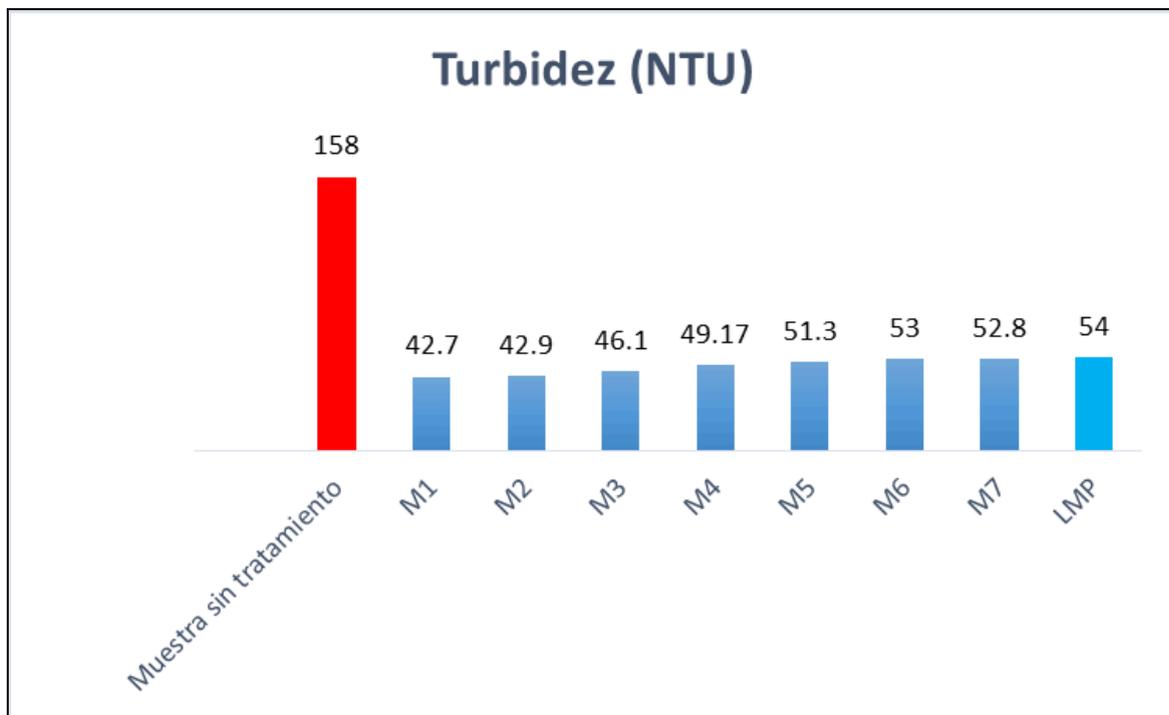


Figura 05: Comparación del parámetro Turbidez antes y después del tratamiento con el biofiltro de lombrices.

En la Figura 05, se puede apreciar que el agua residual ingresó al biofiltro de lombrices con una turbidez de 158 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez), y luego del tratamiento con el biofiltro de lombrices (M1), disminuye a 42.7 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez), indicando una mejora notoria en la calidad del agua residual, asimismo, como resultado del análisis de la segunda muestra (M2) mostró un valor de 42.9 NTU, también se puede apreciar que existe una constante remoción de turbidez que al final alcanza un promedio de 48.28 NTU, manteniéndose por debajo de los límites máximo permisible (LMP) según Decreto Supremo N° 2009-MINAM, siendo el valor máximo permitido 54 NTU.

Discusión de los resultados obtenidos:

Dos cosas a destacar de los resultados de la presente investigación es que baja notoriamente la turbidez del agua residual y también el valor que alcanza está dentro de los LMP establecidos, pues algo a discutir son los resultados de Maza (2017) es que ha hallado una eficiencia de 94.19% para la turbidez y en nuestro caso sólo se ha llegado a 72.85% por lo que nuestros resultados no serían tan óptimos. Caso contrario sucede con los resultados de Zúñiga (2020) quien ha encontrado valores de remoción de 64.24% siendo inferior a nuestro resultado, por lo que podríamos concluir que estaríamos en el promedio.

- **Sólidos Suspendidos Totales**

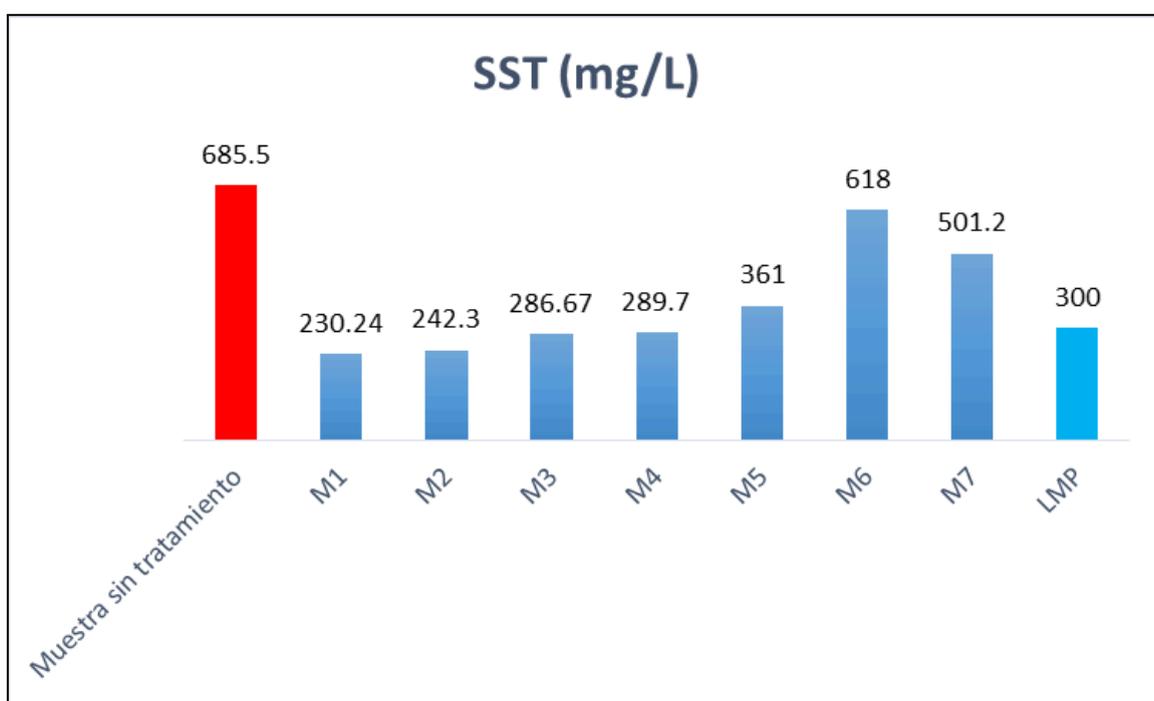


Figura 06: Comparación del parámetro Sólidos Suspendidos Totales (SST) antes y después del tratamiento con el biofiltro de lombrices.

La cantidad de sólidos suspendidos totales antes del ingreso al biofiltro de lombrices fue de 685.5 mg/L, después del tratamiento con el biofiltro de lombrices se obtuvo un valor de 230.24 mg/L (M1), para la segunda muestra (M2) se obtuvo un valor de 242.3 mg/L manteniéndose hasta la cuarta muestra (M4) por debajo de permitido según Decreto Supremo N° 2009-MINAM, luego del cual se muestra un incremento a partir de M5, esto

debido a la acumulación del líquido generando colmatación en el biofiltro de lombrices, obteniendo un valor promedio para los SST de 361.30 [mg/L].

Discusión de los resultados obtenidos:

Nuestros resultados significan una reducción del parámetros SST a casi la tercera parte haciendo un porcentaje de remoción de 64.65%, sin embargo vemos a Castillo (2020) que alcanzó un valor de 94.4% valor que es poder demas muy bueno, pero en contraste tenemos también un valor de 39.38% en la investigación de Maza (2017), mostrando que los valores para reducir los sólidos suspendidos totales de nuestro lombrifiltro también está en el promedio.

- **Temperatura**

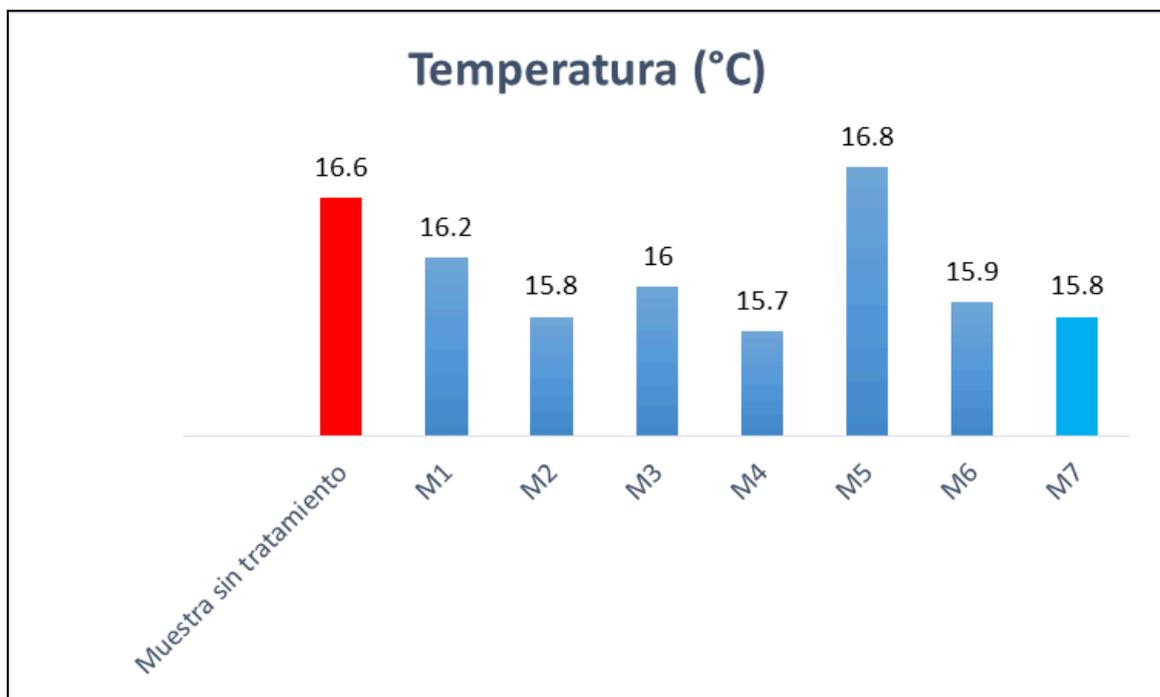


Figura 07: Comparación del parámetro Temperatura (°C) antes y después del tratamiento con el biofiltro de lombrices.

Tal como se puede apreciar la temperatura antes del tratamiento es de 16.6 °C y luego del tratamiento (M1) disminuye a 16.2 °C, para M2 disminuye a 15.8 °C, para el resto de muestras como resultado del análisis mostró una mínima variación, manteniendo una

grado de permisibilidad acorde a la temperatura ambiente, llegando a un valor promedio de todas las muestra igual a 16.03 °C.

Discusión de los resultados de los parámetros físicos.

Para poder realizar una discusión con nuestros antecedentes, procederemos a calcular la eficiencia de la remoción nuestro biofiltro de lombrices, así: la turbidez se ha removido en un 69.44 %, los SST con un 45.13 % y 3.61% para la temperatura, éstos valores merecen un contraste con la investigación de Castillo (2020), no ha logrado remoción alguna si no contrario ha permanecido los valores de sus parámetros, también tenemos la investigación de Maza (2017) quien a nivel del parámetro (SST) sólidos suspendidos totales a logrado una remoción del 39.38% valor que es inferior al de nosotros, lo que avizora que nuestro biofiltro es más eficiente que el del autor en mención. También observamos una ligera diferencia en el caso de la investigación de Zúñiga (2020), quien para el parámetro de la turbidez ha hallado un 64.24 %, igual que en el caso anterior se concluye que el biofiltro de lombrices presentado en éste trabajo resultaría más eficiente.

4.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LOS 3 PARÁMETROS QUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL.

A continuación se muestran los resultados de los ensayos realizados en laboratorio para el cumplimiento del tercer objetivo específico.

Resultado del análisis de parámetros químicos antes del tratamiento.

Tabla 08: Resultado del análisis en laboratorio de los parámetros químicos del agua residual, antes del tratamiento con el biofiltro de lombrices.

MUESTRA	FECHA	HORA	PARÁMETROS QUÍMICOS		
			pH	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)
Muestra sin tratamiento	18/12/2023	09:00	7.48	941.10	3234.60

Resultado del análisis de parámetros químicos después del tratamiento.

Tabla 09: Resultado del análisis en laboratorio de los parámetros químicos del agua residual, después del tratamiento con el biofiltro de lombrices.

MUESTRA	FECHA	HORA	PARÁMETROS QUÍMICOS		
			pH	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)
M1	18/12/2023	16:00	7.67	237.92	399.50
M2	19/12/2023	16:00	7.52	228.62	384.83
M3	20/12/2023	16:00	7.71	245.20	412.06
M4	21/12/2023	16:00	7.73	248.95	461.15
M5	22/12/2023	16:00	7.71	351.05	574.50
M6	23/12/2023	16:00	7.63	488.30	688.40
M7	24/12/2023	16:00	7.57	693.45	794.00

Comparación de parámetros químicos antes y después del tratamiento.

- **Potencial de Hidrógeno (pH)**

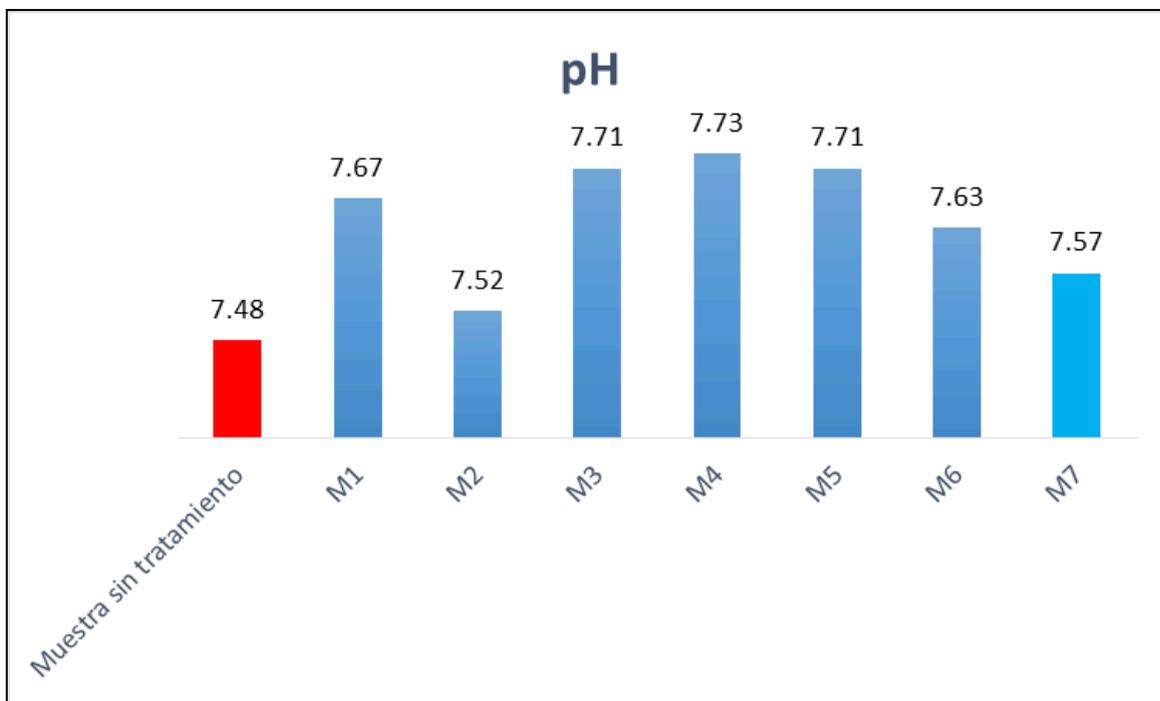


Figura 08: Comparación del parámetro Potencial de Hidrógeno (pH) antes y después del tratamiento con el biofiltro de lombrices.

La muestra inicial del agua residual posee un pH Alcalino de 7.48, posterior al tratamiento, para M2, incrementa a 7.67 y para M3 disminuye a 7.52, para el resto de muestras con un resultado menor al 9.0. evidenciando que la totalidad de muestras se encuentran dentro del intervalo 6.0 - 9.0 según el Decreto Supremo N° 2009-MINAM

Discusión de los resultados obtenidos:

Para el caso del pH debemos de manifestar que nuestros resultados después de utilizar el biofiltro se han incrementado al contrario de los demás parámetros, sin embargo debemos de compararlo con los valores de Zúñiga (2020) quien ha hallado un pH de 6.85, valor por debajo del nuestro, también tenemos a Maza (2017) con resultados igual a

7.61, también menos al de nuestro resultado, concluyendo que en base a nuestros antecedentes podríamos decir que nuestros valores de pH son altos.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)**

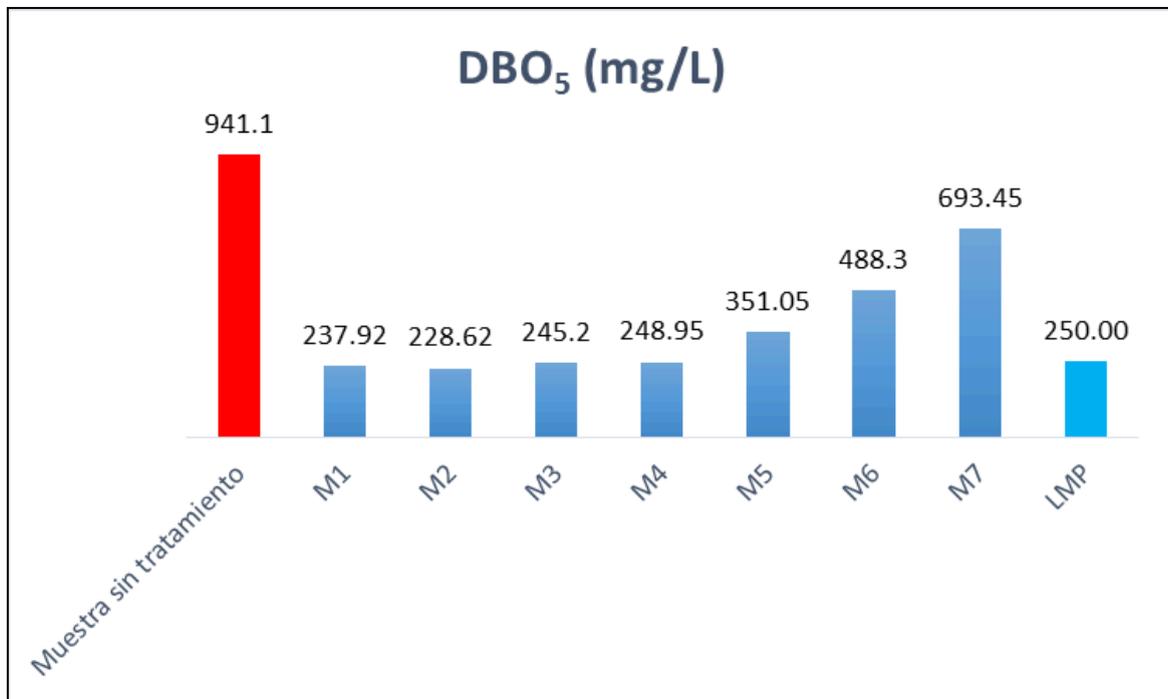


Figura 09: Comparación del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) antes y después del tratamiento con el biofiltro de lombrices.

La comparación de parámetros nos muestra que el agua residual sin tratar presentaba 941.1 mg/L luego del tratamiento disminuye sustancialmente a 237.92 mg/L y 228.62 mg/L, por lo que se evidencia que las muestras M1, M2, M3 y M4 cumplen los límites máximos permisibles. Por otro lado las muestras M5, M6 y M7 no cumplen con los LMP debido a un incremento en la masa orgánica generando la saturación del biofiltro.

Discusión de los resultados obtenidos:

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) después del tratamiento ha disminuido logrando una eficiencia de 75.71% , veamos una comparación con Zúñiga (2020) quien ha obtenido solamente 39.73%, tenemos también a Tairo (2021) quien manifiesta que antes del tratamiento de aguas realizado obtuvo un valor de 921.64 mg/L y luego del

tratamiento disminuye sustancialmente a 240.1 mg/L valores que casi coinciden con nuestros resultados, sin embargo también tenemos a Castillo (2020) quién ha hallado un valor de 82.2% y por último a Maza (2017) con 87.21% valores que sí son superiores comparados con los nuestros.

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

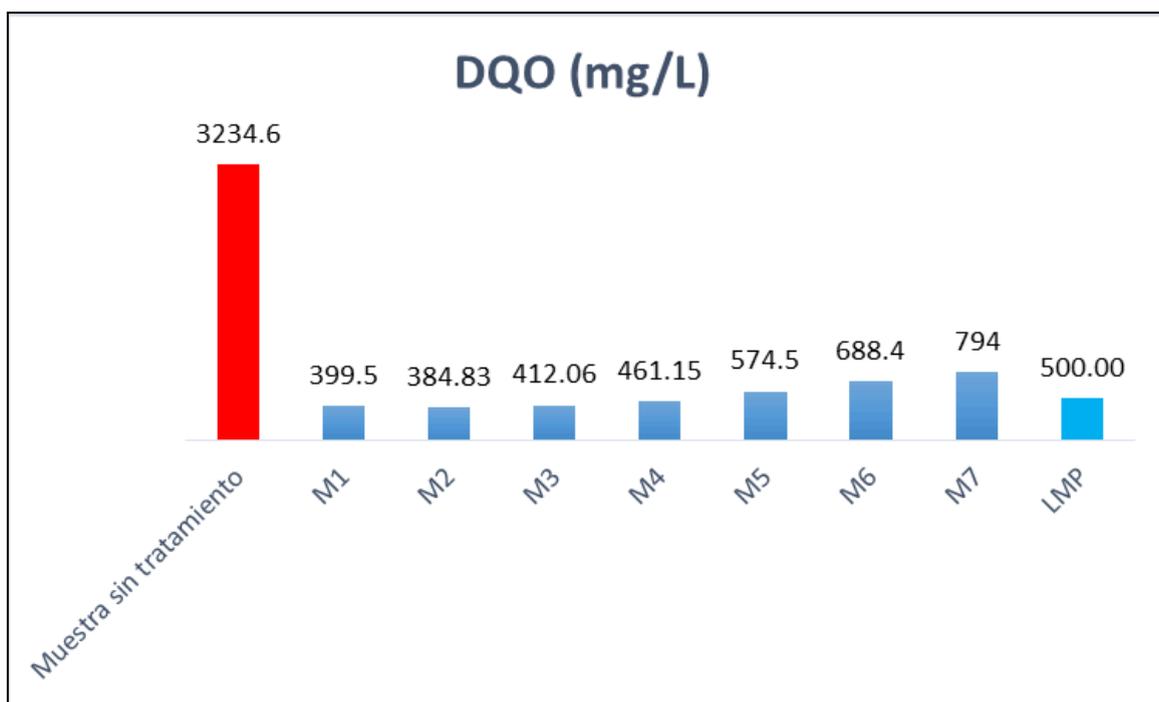


Figura 10: Comparación del parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) antes y después del tratamiento con el biofiltro de lombrices.

Como se aprecia en la figura 10, la muestra sin tratamiento presenta 3234.6 mg/L antes de su ingreso al biofiltro, luego de su ingreso al tratamiento con el biofiltro de lombrices disminuye sustancialmente a 399.5 mg/L (M1) y para M2 disminuyó a 384.83 mg/L, lo cual evidencia que las muestras M1, M2, M3 y M4 si cumplen con los límites máximos permisibles según el Decreto Supremo N° 2009-MINAM, mientras que las muestras M5, M6 y M7 se encuentran por encima de los límites máximos permisibles.

Esta reducción se atribuye a las enzimas del intestino del gusano que ayudan en dicha degradación. El intestino de la lombriz contiene millones de microorganismos que descomponen los materiales orgánicos e inorgánicos. Cabe remarcar que la eliminación

es más eficiente para DBO que en la DQO, esto se debe a que las lombrices de tierra son las principales responsables de la biodegradación de los desechos orgánicos en comparación con los inorgánicos (Garkal et al., 2015).

Discusión de los resultados obtenidos.

Observamos que en la investigación a nivel internacional de Rodríguez (2021) tuvo un 49.9 % de remoción que en comparación con nuestro biofiltro es de 62.14 %, así mismo tuvo un 46% para el DQO y en nuestro caso tenemos un 88.10% , por lo que afirmamos la superioridad de la eficiencia del presentado en la presente investigación; de la misma manera a nivel nacional Castillo (2020) ha encontrado una remoción para el DQO de 64.8 %, valor contrastado con el de la presente investigación, puesto que la eficiencia en remoción se presenta con valores inversos al de la investigación mencionada; por parte de Maza (2017) quien para el parámetro de DQO encontró un 85.78%, en ambos caso se puede mencionar que el biofiltro mencionado por el autor es más eficiente que el nuestro.

4.3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS DEL AGUA RESIDUAL.

A continuación se muestran los resultados de los ensayos realizados en laboratorio para el cumplimiento del cuarto objetivo específico.

Resultado del análisis de parámetros bacteriológicos antes del tratamiento.

Tabla 10: Resultado del análisis en laboratorio de los parámetros bacteriológicos del agua residual, antes del tratamiento con el biofiltro.

MUESTRA	FECHA	HORA	PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS	
			Coliformes	Escherichia coli
			Termotolerantes	(NMP/100 ml)
			(NMP/100 ml)	

Muestra sin tratamiento	18/12/2023	09:00	8300000	6889000
----------------------------	------------	-------	---------	---------

Resultado del análisis de parámetros bacteriológicos después del tratamiento.

Tabla 11: Resultado del análisis en laboratorio de los parámetros bacteriológicos del agua residual, después del tratamiento con el biofiltro.

MUESTRA	FECHA	HORA	PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS	
			Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml)	Escherichia coli (NMP/100 ml)
M1	18/12/2023	16:00	373500	320800
M2	19/12/2023	16:00	315400	231200
M3	20/12/2023	16:00	307100	237000
M4	21/12/2023	16:00	290500	199600
M5	22/12/2023	16:00	332000	279560
M6	23/12/2023	16:00	381800	299000
M7	24/12/2023	16:00	415000	325400

Comparación de parámetros bacteriológicos antes y después del tratamiento.

- **Coliformes Termotolerantes**

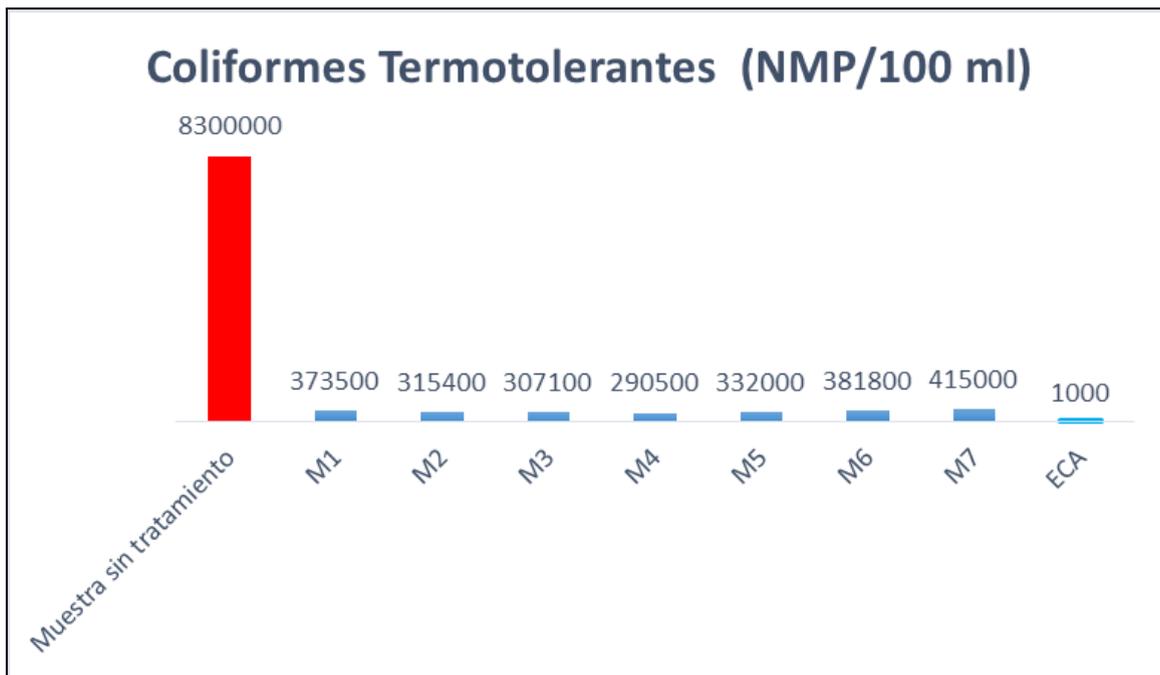


Figura 11: Comparación del parámetro Coliformes Termotolerantes antes y después del tratamiento con el biofiltro de lombrices.

El valor obtenido para la muestra sin tratamiento fue de 8300000 NMP/100 ml, después del tratamiento disminuye sustancialmente a 373500 NMP/100 ml (m1), siendo M4 la de menor valor con 290500 NMP/100 ml, por lo que comprueba que todas las muestras exceden el valor permitido según Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM para riego no restringido de vegetales.

Una explicación a éstos datos obtenidos es que los biofiltros aerobios que utilizan lombrices de tierra como *Eisenia foetida* son muy eficaces en la eliminación de materia orgánica y patógenos, principalmente por sus propiedades físicas y estructura. La aplicación intermitente de agua residual y el drenaje vertical en el lecho permiten que las reacciones aeróbicas se produzcan con rapidez (Vizcaíno & Fuentes, 2016) , es por ello que se evidencia la remoción de dicho parámetro.

Discusión de los resultados obtenidos:

Si bien nuestros resultados no han superado los estándares de calidad, debemos manifestar que el grado de remoción es muy bueno, sin embargo tenemos que comparar

éstos resultados por ejemplo con los de Castillo (2020) quien ha hallado una remoción del 45.8% valor que es muy inferior al hallado en la presente investigación con un 96.2%.

- **Escherichia coli**

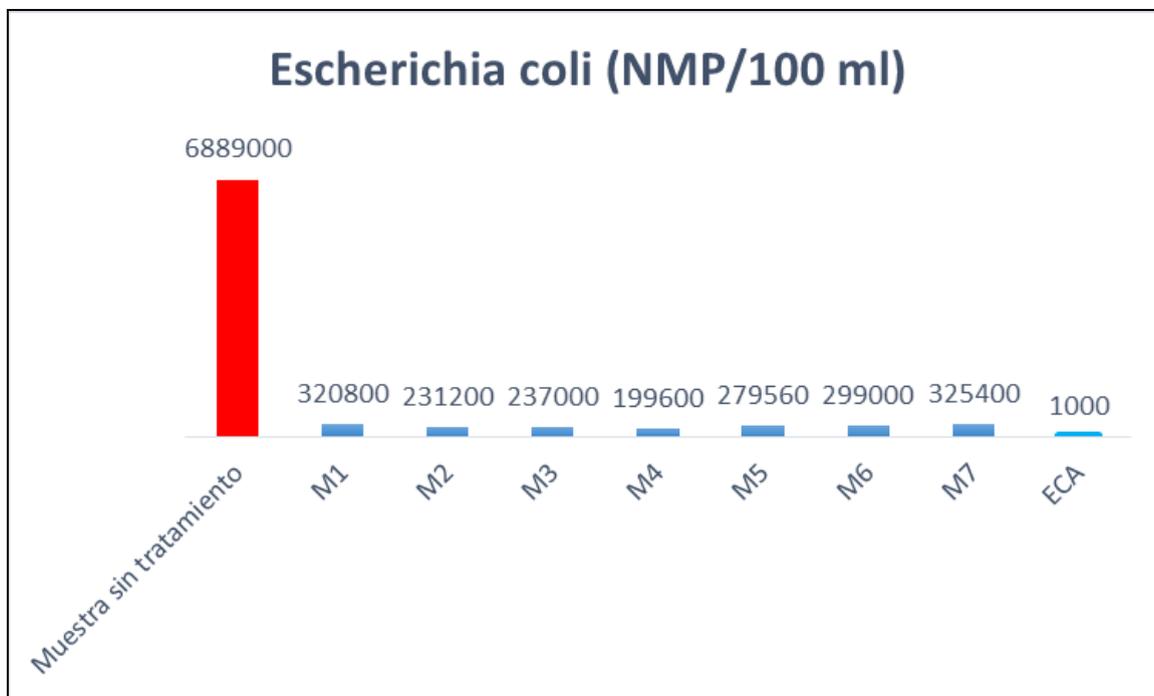


Figura 12: Comparación del parámetro E. coli antes y después del tratamiento con el biofiltro de lombrices.

El valor obtenido de la muestra sin tratamiento fue de 6889000 NMP/100 ml. y luego del tratamiento con el biofiltro de lombrices disminuye sustancialmente a 320800 NMP/100 ml. (M1) y continúa disminuyendo para M2, M3 y M4, mostrando un ligero incremento para M5, M6 y M7. De los resultados obtenidos, se evidencia que todas las muestras superan el valor permitido según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM donde el valor mínimo permisible de E.Coli es de 1000 NMP/100 ml para riego no restringido.

Discusión de los resultados obtenidos:

De la misma manera que el parámetro anterior, debemos aclarar que si bien los resultados son muy buenos en cuanto a remoción, tampoco se cumple con los ECA con éstos resultados, sin embargo debemos de comparar con los resultados de Castillo

(2020), quien ha determinado una remoción del 36.4% valor que es muy inferior al presentado en ésta investigación.

4.4. RESULTADOS DE LA EFICIENCIA EN LABORATORIO DEL BIOFILTRO DE LOMBRICES PARA MEJORA DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS DE AGUAS RESIDUALES.

Cálculo de la eficiencia de remoción de los parámetros físicos.

- **Turbidez**

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\%(Concentración\ Inicial - Concentración\ Final)}{Concentración\ Inicial} \times 100$$

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\%(158 - 42.9)}{158} \times 100$$

$$\% \text{ Eficiencia} = 72.85\%$$

- **Sólidos suspendidos totales (SST)**

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\%(Concentración\ Inicial - Concentración\ Final)}{Concentración\ Inicial} \times 100$$

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\%(685.5 - 242.3)}{685.50} \times 100$$

$$\% \text{ Eficiencia} = 64.65\%$$

- **Temperatura**

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\%(Concentración\ Final)}{Concentración\ Inicial} \times 100$$

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\%(15.8)}{16.6} \times 100$$

$$\% \text{ Eficiencia} = 95.18\%$$

Cálculo de la eficiencia de remoción de los parámetros químicos

- **Potencial de Hidrógeno (pH)**

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\%(Concentración\ Inicial)}{Concentración\ Final} \times 100$$

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\%(7.48)}{7.52} \times 100$$

$$\% \text{ Eficiencia} = 99.47\%$$

- **Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO₅)**

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\%(Concentración Inicial - Concentración Final)}{Concentración Inicial} \times 100$$

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\%(941.1 - 228.62)}{941.1} \times 100$$

$$\% \text{ Eficiencia} = 75.71\%$$

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\%(Concentración Inicial - Concentración Final)}{Concentración Inicial} \times 100$$

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\%(3234.6 - 384.83)}{3234.6} \times 100$$

$$\% \text{ Eficiencia} = 88.10\%$$

Cálculo de la eficiencia de remoción de los parámetros bacteriológicos

- **Coliformes Termotolerantes**

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\%(Concentración Inicial - Concentración Final)}{Concentración Inicial} \times 100$$

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\%(8300000 - 315400)}{8300000} \times 100$$

$$\% \text{ Eficiencia} = 96.20\%$$

- **Escherichia Coli**

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\%(Concentración Inicial - Concentración Final)}{Concentración Inicial} \times 100$$

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\%(6889000 - 231200)}{6889000} \times 100$$

$$\% \text{ Eficiencia} = 96.64\%$$

Comparación de porcentajes de eficiencia del biofiltro de lombrices.

Tabla 12: Comparación de porcentajes de eficiencia del biofiltro de lombrices en la mejora de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.

PARÁMETROS	% EFICIENCIA
FÍSICOS	
Turbidez	72.85%
Sólidos Suspendidos Totales - SST	64.65%
Temperatura	95.18%
QUÍMICOS	
Potencial de Hidrógeno - pH	99.47%
Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO ₅	75.71%
Demanda Química de Oxígeno - DQO	88.10%
BACTERIOLÓGICOS	
Coliformes Termotolerantes	96.20%
Escherichia Coli - E. coli	96.64%
PROMEDIO TOTAL DE EFICIENCIA DEL BIOFILTRO	86.10%

En la tabla 12 observamos que el promedio total de eficiencia del biofiltro de lombrices es de 86.10% de eficiencia en la mejora de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos. El resultado obtenido fue gracias al principal actor, en la degradación de la materia orgánica,

las lombrices de tierra de la especie *Eisenia Foetida* ya que se adaptan rápidamente al entorno o medio y también pueden cohabitar aglomeradas entre sí.

Discusión de los resultados obtenidos

Llegado a este punto utilizaremos la información de la tabla 12 donde se resume los resultados de la eficiencia del biofiltro desarrollado; pues en líneas generales se tratará de comparar la eficiencia en general del biofiltro con el de otras investigaciones; así pues tenemos: a nivel de DBO y DQO el lombrifiltro de Zúñiga (2020) es menos eficiente que el de ésta investigación, también Maza (2017) ha fabricado un lombrifiltro que a nivel DBO, DQO y SST que denota una mejor eficiencia que la fabricada.

También merece una comparación de nuestro biofiltro con el proceso de vermifiltración de Castillo (2020) que a nivel de parámetros microbiológicos es muchísimo más eficiente. Algo a comentar de todos los resultados es que los niveles de eficiencia alcanzados para el *E. coli* de 93.64% y para los coliformes termotolerantes de 96.20%, comparados con los valores obtenidos por Castillo (2020), quien obtuvo un valor de 45.8% de eficiencia para coliformes termotolerantes, indicando que el lombrifiltro de la presente investigación tenga aproximadamente el doble de eficiencia.

4.5. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.5.1. Comprobación de la Hipótesis General.

Dada la afirmación: El biofiltro de lombrices de aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno, es eficiente en la mejora de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.

Planteamos la Hipótesis Nula:

H_0 =El biofiltro de lombrices de aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno, es eficiente en la mejora de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.

La Hipótesis Alternativa:

H_1 = El biofiltro de lombrices de aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno, no es eficiente en la mejora de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.

Visto los resultados de la Tabla 12: “Comparación de porcentajes de eficiencia del biofiltro de lombrices en la mejora de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos”, donde se demuestra que en promedio la eficiencia del biofiltro de lombrices es igual a **86.10** %, valor que es superior al cero y significa la eficiencia que se ha alcanzado, por lo que se **rechaza la H_1** y se acepta la H_0 .

4.5.2. Comprobación de la Hipótesis Específica 1.

Dada la hipótesis: Si es factible la fabricación de un biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.

Planteamos la Hipótesis Nula:

H_0 = Si es factible la fabricación de un biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.

La Hipótesis Alterna:

H_1 = No es factible la fabricación de un biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.

Visto los resultados de la Tabla N° 01, donde se describe las dimensiones del biofiltro implementado, y visto los datos de la Tabla N° 02, donde se explica las dimensiones por cada capa del biofiltro, se demuestra la forma y diseño del biofiltro implementado, por lo que se **rechaza la H_1** y se acepta la H_0 .

4.5.3. Comprobación de la Hipótesis Específica 2.

Dada la hipótesis específica 2:

Planteamos la Hipótesis Nula:

H_0 = El biofiltro de lombrices mejora los parámetros físicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L.- Puno.

La Hipótesis Alternativa:

H_1 = El biofiltro de lombrices no mejora los parámetros físicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L.- Puno.

Visto los resultados de los valores de la Tabla 06: “Resultado del análisis en laboratorio de los parámetros físicos del agua residual (efluente), antes del tratamiento con el biofiltro de lombrices” y la Tabla 07: “Resultado del análisis en laboratorio de los parámetros físicos del agua residual (efluente), después del tratamiento con el biofiltro de lombrices” donde se demuestra que los parámetros Turbidez, SST y Temperatura se han reducido de 158 (NTU) a 50 (NTU) en promedio, de 685.5 (mg/L) a 360 en promedio respectivamente, de tal forma que se demuestra la mejora de los parámetros físicos de las aguas residuales considerablemente ; por lo que se **rechaza la H_1** y se acepta la H_0 .

4.5.4. Comprobación de la Hipótesis Específica 3.

Dada la hipótesis específica 3:

Planteamos la Hipótesis Nula:

H_0 = El biofiltro de lombrices mejora los parámetros químicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.

La Hipótesis Alternativa:

H_1 = El biofiltro de lombrices no mejora los parámetros químicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.

Viendo los resultados de la Tabla 08: “Resultado del análisis en laboratorio de los parámetros químicos del agua residual, antes del tratamiento con el biofiltro de lombrices” y la Tabla 09: “Resultado del análisis en laboratorio de los parámetros químicos del agua residual, después del tratamiento con el biofiltro de lombrices” donde se observa que los

parámetros pH, DBO_5 , DQO han mejorado considerablemente; por lo que se **rechaza la H_1** y se acepta la H_0 .

4.3.4. Comprobación de la Hipótesis Específica 4.

Dada la hipótesis específica 4:

Planteamos la Hipótesis Nula:

H_0 = El biofiltro de lombrices mejora los parámetros bacteriológicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.

La Hipótesis Alterna:

H_1 = El biofiltro de lombrices no mejora los parámetros bacteriológicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.

Vistos los resultados de la Tabla 10: “Resultado del análisis en laboratorio de los parámetros bacteriológicos del agua residual, antes del tratamiento con el biofiltro” y la Tabla 11: “Resultado del análisis en laboratorio de los parámetros bacteriológicos del agua residual, después del tratamiento con el biofiltro”, se puede observar como los parámetros de Coliformes Termotolerantes y Escherichia coli han mejorado sus valores de 8300000 a 373500 (NMP/100ml) y de 6889000 a 320800 (NMP/100ml) respectivamente, demostrándose la mejora de los parámetros, ; por lo que se **rechaza la H_1** y se acepta la H_0 .

CONCLUSIONES

PRIMERA. La evaluación de la eficiencia en laboratorio del biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno, de acuerdo a los ensayos y resultados obtenidos, ha demostrado ser alta, pues ha reducido la concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, alcanzando un valor promedio total de **86.10%** de eficiencia en el tratamiento de aguas residuales.

SEGUNDA. La fabricación de un biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas residuales del Camal Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L., ha resultado de dimensiones de 50x30x20 [cm] (alto, ancho, largo) y con 5 capas, la capa 1 conteniendo Eisenia foetida, Aserrín y Malla Raschel de 15 [cm], la capa 2 conteniendo carbón activado de 1[cm], la capa 3 constituida de arena fina con un grosor de 8[cm], la capa 4 de grava y de grosor 8[cm] y la capa 5 conformada de bolones de piedra de 8 [cm].

TERCERA. Se verificó la eficiencia en laboratorio del biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros físicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno, pues se logró controlar la concentración de los parámetros físicos obteniendo luego del tratamiento, un resultado promedio de 77.56% de eficiencia. Asimismo los valores obtenidos para Turbidez y SST, luego del tratamiento, se hallan por debajo de los LMP establecidos por el Ministerio del Ambiente, y para el parámetro de Temperatura de obtuvo un valor adecuado para la supervivencia de las lombrices.

CUARTA. La eficiencia en laboratorio del biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros químicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno, se ha determinado un nivel alto de reducción pues, luego del tratamiento, un resultado promedio de 87.76% de eficiencia. Asimismo los valores obtenidos para pH, DBO₅ y DQO, luego del tratamiento, se hallan por debajo de los LMP establecidos por el Ministerio del Ambiente.

QUINTA. La eficiencia en laboratorio del biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros bacteriológicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno, se ha comprobado, puesto que después del tratamiento se ha obtenido un resultado promedio de 96.42% de eficiencia. Asimismo los valores obtenidos para Coliformes Termotolerantes y *E.Coli*, luego del tratamiento, se hallan por encima de los ECA establecidos por el Ministerio del Ambiente, por lo que no se consideran aptas para riego de parques públicos, áreas deportivas, áreas verdes y plantas ornamentales.

RECOMENDACIONES

PRIMERA. Al administrador del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L., se recomienda utilizar el Biofiltro de lombrices implementado a una escala de mayor, pues ha demostrado un alto nivel de eficiencia, y de seguro será un recurso para poder filtrar el agua para diferentes usos que se le pueda dar.

SEGUNDA. A los nuevos investigadores que deseen replicar este biofiltro de lombrices, se les recomienda diseñar y probar nuevas estrategia para mejorar la eficiencia para la reutilización de aguas residuales tratadas, por ejemplo utilizando dos biofiltros en serie, para reducir con más efectividad los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos y poder cumplir con los requerimientos de la normativa vigente para riego restringido y no restringido.

TERCERA. A futuros investigadores incrementar la cantidad de lombrices en el biofiltro, así como la altura de las capas del lecho filtrante y tiempo de tratamiento para obtener mejores resultados para el control de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.

CUARTA. A las personas que intenten implementar éste tipo de biofiltros en otros camales y que deseen lograr un óptimo funcionamiento del biofiltro de lombrices es necesario realizar el horqueto (remover y descompactar) el aserrín y viruta superficial del lecho, para mejorar su permeabilidad evitando empozamiento superficial del agua residual, realizarlo por lo menos una vez por semana, de ser necesario incrementar la frecuencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguero Cruz, A. (2019). Tratamiento de lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con la aplicación de la lombricultura en la Compañía Minera Chungar – 2019. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2045>
- Aradiel Ochoa, L. G. (2019). Caracterización del Proceso Sobre Alimentos, en el Expediente N°00634-2015-0-2601- JP-FC-02, del Distrito Judicial Tumbes—Tumbes. [Universidad Católica Los Ángeles Chimbote]. http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/14975/PROCESO_JUDICIAL_ALIMENTOS_ARADIEL_OCHOA_LUZ_GRACIELA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arias, F., G. (2012). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología Científica*. Episteme.
- Arias-Lafargue, T., Salazar-Arrastre, P., Bessy-Horrutiner, T., Córdova-Rodríguez, V., & Rodríguez-Heredia, D. (2021). Opción de tratamiento para las aguas residuales del taller 1 de la empresa de fibrocemento. *Tecnología Química*, 41(1), 34-46. Recuperado en 2 de enero de 2022 de <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v41n1/2224-6185-rtq-41-01-34.pdf>
- Arrázola-Vásquez, E. M., & Iannacone, J. (2021). Evaluación del riesgo ambiental de la mezcla de alfa-cipermetrina e imidacloprid sobre la lombriz de tierra (EISENIA FETIDA) (SAVIGNY, 1826). *The Biologist (Lima)*, 19(1), pp. 111-124. <https://doi.org/10.24039/rbt2021191898>
- A.V.F. Ingeniería Ambiental. (2003). Ventaja de los Sistemas de Biofiltro en relación a los sistemas convencionales. Obtenido de <http://biofiltro.awardspace.com/biofiltro.html>.
- Barbado, J. (2003). *Cría de Lombrices*. Buenos Aires, Argentina.

Barreto Rodríguez, P. E. (2020). Calidad de Sentencia de Primera y Segunda Instancia Sobre Fijación de Pensión Alimenticia; Expediente N°00499-2018-0-2501-JPFC-02; Distrito Judicial del Santa—Chimbote [Universidad Católica Los Ángeles Chimbote]. http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/20461/ALIMENTOS_CALIDAD_BARRETO_RODRIGUEZ_PATRICIA_ELENA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bermudez T. G. (2019). Tratamiento de agua residual del camal municipal de Chimbote, usando un Biofiltro de lombrices, para el riego de parques y jardines. (tesis de pregrado). Universidad San Pedro. Chimbote, Perú. Recuperado el 20 de enero del 2023 de http://repositorio.usanpedro.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/12476/Tesis_61801.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Castillo, J.G. & Chimbo, J. E. (2021). Eficiencia en la remoción de materia orgánica mediante lombrifiltros (*Eisenia foetida*) en aguas residuales domésticas para zonas rurales. *Enfoque UTE*, 12(2), 80-99. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.746>

Cáceres, D. K. Calisaya, G. M. & Bedoya, J. E. (2021). Efficiency of *Eisenia foetida*, *Eichornia crassipes* and calcium hypochlorite in the depuration of domestic wastewater in Moquegua, Perú. *Ecología Aplicada*, 20(1), 83-92. <https://dx.doi.org/10.21704/rea.v20i1.1692>

Eraso Villota, G., & Ruiz Rosero, D. (2015). Desarrollo de un reactor de mezcla completa para el estudio de los coeficientes cinéticos activados en el tratamiento de aguas residuales. Universidad de Nariño.

Hernandez Torres, D., & Sanchez Cuervo, J. (2014). Diseño de una planta de tratamiento de agua residual para el municipio de San Marcos-departamento de

Sucre. Universidad Católica de Colombia. Recuperado el 19 de enero del 2023 de <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/2a405057-8fcd-4c80-818e-8e122a920b3c/content>

Larrea Murrell, J. A., Mercedes, N., Rojas Badía, M. M., Romeu Álvarez, B., Rojas Hernández, M., & Heydrich Pérez, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas : revisión de la literatura.

Madigan, Mi., Martinko, J., & Parker, J. (2006). Brock Biology of Microorganisms.

Maza, J.R. (2017). Lombrifiltro para mejorar calidad de aguas residuales (tesis pregrado). Universidad César Vallejo. Trujillo, Perú

Martínez, A. P., & Fernández, A. R. (2022). Desmitificando al ser humano desde la Economía Conductual. Revista humanidades, 12(1), e49301-e49301.

Macias, C.N. González, D.A. (2021) Evaluación de un eco-sistema de biofiltración y humedal para aguas grises del recinto “La Cabuya”, Cantón Balzar (tesis pregrado). Universidad Agraria del Ecuador. Quito, Guayaquil. Recuperado en 20 febrero de 2022 de <https://cia.uagraria.edu.ec/archivos/basilio%20macias%20carol%20nicole.pdf>

Monard. (2018). Efecto combinado de bioaumentación y bioturbación en la degradación de atrazina en el suelo, 0(1), pp. 23-50

Najas, G., Zoraida, J., Morales, P., Nelly, B., & Chávez P., Á. (2012). Descripción de metodologías del sistema de lombricultura para la gestión de residuos sólidos orgánicos. Bogotá, Colombia.

Naranjo-Morán, J.A., Vera-Morales, M., Barcos-Arias, M.S., Oviedo-Anchundia, R.J., Sánchez-Rendón, V.E., Pino-Acosta, A.Y. (2021). Dispersión y transporte de propágulos micorrícicos en el bosque seco tropical. Ecosistemas Revista

Científica de Ecología y Medio Ambiente. 30(1), pp.1-12.
<https://doi.org/10.7818/ECOS.2062>

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2018). Fiscalización ambiental en aguas residuales. En Fiscalización ambiental en aguas residuales. Recuperado de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827

OEFA. (2018). OEFA prioriza la fiscalización ambiental del manejo de aguas residuales. Lima. Obtenido de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827

Pimiento, K., & Cárdenas, M. J. (2021). Evaluación del tratamiento preliminar y primario para las aguas residuales del procesamiento industrial de alimentos en La Grita (Venezuela). REVISTA INGE CUC, 17(1), pp. 1-14. Recuperado en 25 de diciembre de 2021 de <https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/3084>.

Ríos, X. V. S. (2021). Eficiencia del método de lombrifiltro en la remoción de los contaminantes de las aguas residuales domésticas. Revista Muro de la Investigación, 6(1), 60-83. Recuperado 23 de diciembre de 2021 de <https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/r-Muro>

Rivera, M. A. O., Barahona, W. E. C., Costales, J. H. N., Lalvay, X. A. L., & Guachichulca, E. J. R. (2021). La calidad de las aguas residuales domésticas. Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional, 6(3), 228-245. Recuperado en 30 de diciembre de 2021 de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7926905>.

Rocano, M. S. V., Díaz, M. D. C. M., Llivicura, M. F. A., Rodríguez, J. H. V., Vasquez, L. M. L., & Piña, J. C. G. (2021). Influencia del vermicompost y sus lixiviados sobre la germinación de hortalizas en un suelo sódico. Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación, 6(2), pp. 186-201. Recuperado en 24 de diciembre de 2021 de

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8107567>.

Rodríguez F, León D, Quiñones FL, Madrid M, Montoya T, Ordaz L, Tovalín E. (2018) Supervivencia de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en suelo contaminado con concentraciones de hidrocarburo. *Revista Latinoam Ambiente Ciencias*, 0(9), pp. 1425-1433

Rodríguez, M. (2021). Análisis de la eficiencia y propuesta de alternativas en el mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del camal municipal del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua. Universidad Internacional SEK. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4456>

Shuldt, M. (2006). *Lombricultura Teoría y práctica*. Madrid.

Tairo, L. Y. (2021). *Lombrifiltro (*Eisenia Foetida*) para la mejora de los parámetros físico-químicos de aguas residuales del camal municipal Juliaca (tesis pregrado)*. UANCV. San Román, Juliaca.

Tobala Cruz, R. (2020). EFECTO DE LA *Eisenia foetida* LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA, EN EL LODO RESIDUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) MEDIA LUNA, ILO – MOQUEGUA. Universidad Nacional de Moquegua. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=http://repositorio.unam.edu.pe/bitstream/UNAM/258/1/D095_72909285_T-1634165271.pdf&ved=2ahUKEwi_-N_D8ZGJAxUfgWEGHdR6Bc8QFnoECBgQAQ&usg=AOvVaw0Im9gXCXDyK4cZSBXt9xGc

UNESCO, (2018). Informe Mundial de las Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua. p. 168.

ANEXOS

Anexo 01: Descripción del marco normativo.

Constitución Política del Perú 1993

Título I : De la Persona y de la Sociedad

Capítulo I: Derechos Fundamentales de la Persona

Art. 2° .- A la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

2.3.2. Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)

Artículo I.- Del Derecho y Deber fundamental.

Toda persona tiene el derecho, irrenunciable, a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de cuidar el ambiente.

Artículo IX.- Del principio de Responsabilidad Ambiental

El que causa la degradación del ambiente, ya sea una persona natural o jurídica, pública o privada, está obligado a adoptar medidas que conlleven a su restauración, rehabilitación o reparación

Título II : De los Sujetos de la Gestión Ambiental

Artículo 74°.- De la Responsabilidad General

Todo titular de operaciones es responsable por las emisiones, efluentes, descargas y demás impactos negativos que se generen sobre el ambiente, por acción u omisión.

Artículo 75°.- Del Manejo Integral y Prevención en la fuente

75.1.- El titular de operaciones debe tomar medidas de prevención del riesgo y daño ambiental en la fuente generadora de los mismos.

Artículo 120°.- De la Protección de la Calidad de las Aguas

120.2.- El Estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de reutilización, considerando la calidad necesaria para su reuso, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizarán.

Artículo 121°.- Del Vertimiento de Aguas Residuales

El Estado, emite una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, de acuerdo a lo establecido en los ECA y las normas legales vigentes.

Artículo 122°.- Del tratamiento de Residuos Líquidos

122.3.- Las empresas o entidades que desarrollan actividades extractivas, productivas, de comercialización u otras que generen aguas residuales o servidas, son responsables de su tratamiento, hasta reducirlo a niveles compatibles con los LMP, los ECA y otros de conformidad con las normas legales vigentes.

Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (N°29325)

Título II: ENTIDADES COMPETENTES

Artículo 4°.- Autoridades competentes

Integran el Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental:

- a) El Ministerio del Ambiente (MINAM).
- b) El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA).
- c) Las Entidades de Fiscalización Ambiental, Nacional, Regional o Local.

Anexo 02: Informe de Ensayo antes del tratamiento con el biofiltro de lombrices.



PERU

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



inia

<p>SOLICITANTE PROYECTO</p> <p>DIRECCION PROCEDENCIA PRODUCTO CANTIDAD MUESTREO TIPO DE ANALISIS N° DE ANALISIS FECHA DE RECEPCIÓN FECHA DE CERTIFICACIÓN</p>	<p>INFORME DE ENSAYO : Hugo Cesar Incahuanaco Incahuanaco. : Prueba de eficiencia en Laboratorio de Biofiltro de Lombrices para Mejorar Parametros Físicoquímicos y Bacteriológicos de Aguas Residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar SCRL-Puno. : : Comunidad Capullani Frigorífico Sur Export Delicar SCRL-Puno. : Agua Residual. : : Interesado. : Lo que indica. : 01. : 18 de Diciembre del 2023. : 25 de Diciembre del 2023.</p>
---	--

I. Parametros Físicos del Agua Residual:

Parametro	Unidad	Resultados
Turbidez	NTU	158,00
Solidos Suspendidos Totales SST	mg/L	686,50
Temperatura	°C	16,60

II. Parametros Químicos del Agua Residual:

Parametro	Unidad	Resultados
Potencial de Hidrogeno	pH	7,48
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅	mg/L	941,10
Demanda Química de Oxígeno DQO	mg/L	3234,60

III. Parametros Bacteriológicos del Agua Residual:

Parametro	Unidad	Resultados
Coliformes Termotolerantes	(NMP/100 ml)	8300000
Escherichia coli	(NMP/100 ml)	6885000

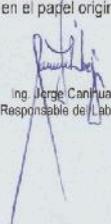
Métodos utilizados en el Laboratorio:
Turbidez: turbidímetro
Solidos Suspendidos Totales SST: SME Standard methohos for the Examination of Water and Wastewater.
Potencial de Hidrogeno: NTP 214.029,3ER Edición 2015 CALIDAD DEL AGUA METODO ELETROMETRICO
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅: SME Standard methohos for the Examination of Water and Wastewater.
Demanda Química de Oxígeno DQO: SME Standard methohos for the Examination of Water and Wastewater.
Coliformes Termotolerantes: SME Standard methohos for the Examination of Water and Wastewater.
Escherichia coli: SME Standard methohos for the Examination of Water and Wastewater.

Conclusiones:
La muestra analizada CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:
Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).

Validez del Certificado:
El presente certificado es válido, si permanece en el papel original.




Ing. Jorge Canhua Rojas
Responsable del Laboratorio

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno
T: (051) 363 812
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe

Anexo 03: Informe de Ensayo antes del tratamiento con el biofiltro de lombrices



PERU

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



INIA

SOLICITANTE : Hugo Cesar Incahuanaco Incahuanaco.

PROYECTO : Prueba de eficiencia en Laboratorio de Biofiltro de Lombrices para Mejorar Parametros Físicoquímicos y Bacteriológicos de Aguas Residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar SCRL-Puno.

DIRECCION :

PROCEDENCIA : Comunidad Capullani Frigorífico Sur Export Delicar SCRL-Puno.

PRODUCTO : Agua Residual.

CANTIDAD :

MUESTREO : Interesado.

TIPO DE ANALISIS : Lo que indica.

N° DE ANALISIS : 01.

FECHA DE RECEPCIÓN : 18 de Diciembre del 2023.

FECHA DE CERTIFICACIÓN : 29 de Diciembre del 2023.

INFORME DE ENSAYO

I. Parametros Químicos del Agua Residual:

Fecha	Parametros Físicos			Parametros Químicos			Parametros Bacteriológicos	
	Turbidez (NTU)	SST (mg/L)	T °C	pH	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml)	Escherichia coli (NMP/100ml)
18/12/23	42,70	230,24	16,20	7,67	237,92	399,50	373500	320800
19/12/23	42,90	242,30	15,80	7,52	228,62	384,83	316400	231200
20/12/23	46,10	286,67	16,00	7,71	245,20	412,06	307100	237000
21/12/23	49,17	289,70	15,70	7,73	248,95	461,15	290500	199600
22/12/23	51,30	361,00	16,80	7,71	361,06	674,50	332000	279560
23/12/23	53,30	618,00	15,90	7,63	488,30	688,40	381800	299000
24/12/23	52,80	501,20	15,80	7,57	693,45	794,00	415000	325400

Métodos utilizados en el Laboratorio:
Métodos utilizados en el Laboratorio:
 Turbidez: turbidímetro
 Sólidos Suspendidos Totales SST: SME Standard methohos for the Examination of Water and Wastewater.
 Potencial de Hidrogeno: NTP 214.029,3ER Edición 2015 CALIDAD DEL AGUA METODO ELETROMETRICO
 Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅: SME Standard methohos for the Examination of Water and Wastewater.
 Demanda Química de Oxígeno DQO: SME Standard methohos for the Examination of Water and Wastewater.
 Coliformes Termotolerantes: SME Standard methohos for the Examination of Water and Wastewater.
 Escherichia coli: SME Standard methohos for the Examination of Water and Wastewater.

Conclusiones:
 La muestra analizada CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:
 Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).

Validez del Certificado:
 El presente certificado es válido, si permanece en el papel original.



Ing. Jorge Canilla Rojas
Responsable de Laboratorio

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno
 T: (051) 363 812
 www.inia.gob.pe
 www.minagri.gob.pe

Anexo 04: Galería fotográfica.



Fotografía 01. Observación de las lombrices antes del tratamiento.



Fotografía 02. Medición aproximado del volumen del contenedor de lombrices.



Fotografía 03. Observación de las lombrices antes del tratamiento.



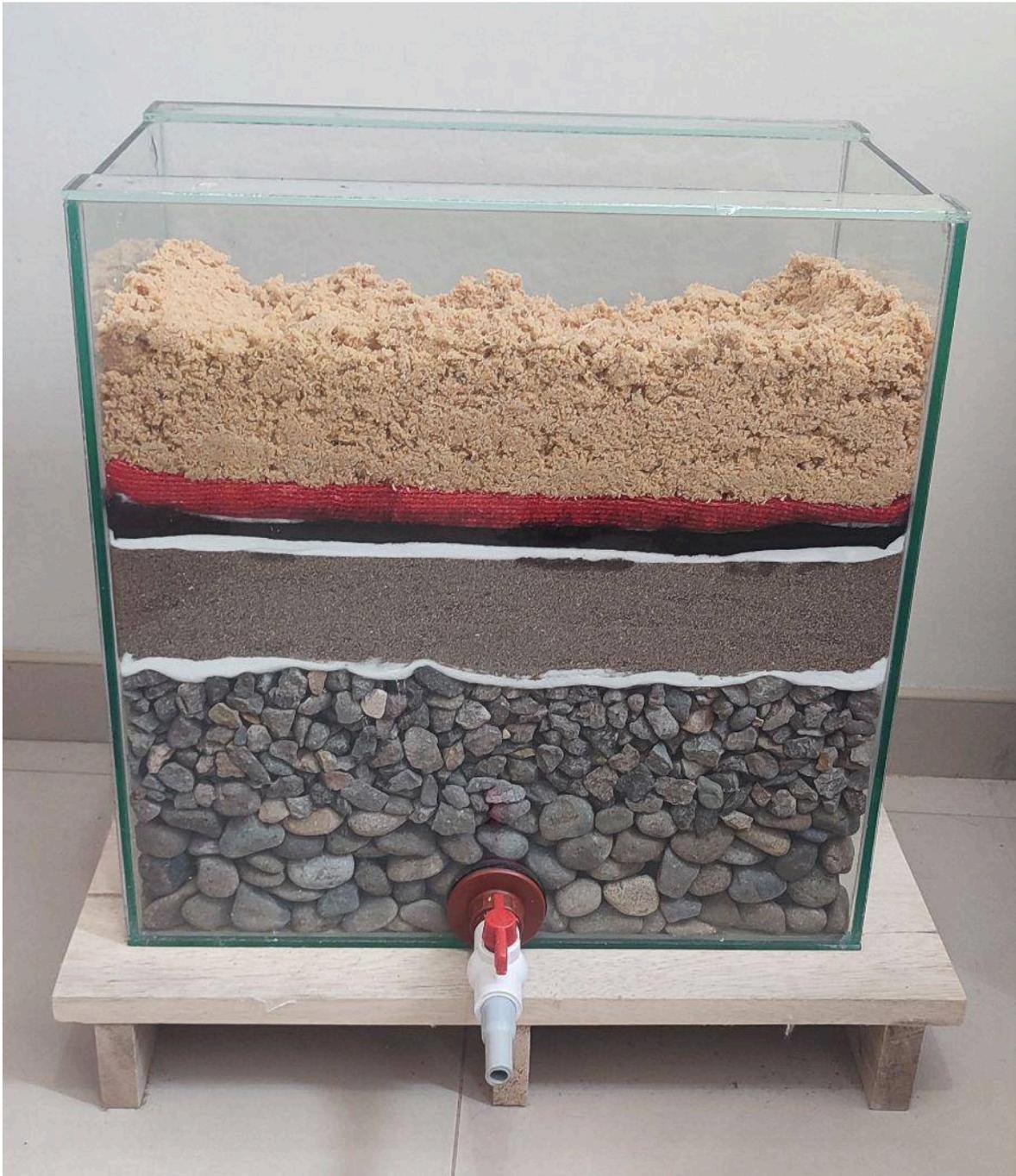
Fotografía 04. Preparación del aserrín.



Fotografía 05. Preparando las proporciones de arena, grava y bolones de piedra.



Fotografía 06. Armando la manguera de conducción del agua residual.



Fotografía 07. Vista del biofiltro, se puede apreciar el recipiente de vidrio con los materiales: Grava chancada (3 cm. de diámetro), Arena fina, Aserrín o viruta de madera blanca, Carbón activado.



Fotografía 08. Distribuyendo las lombrices rojas en el material preparado.



Fotografía 09. Preparando el biofiltro y el contenedor de agua residual para su traslado al laboratorio.



Fotografía 10. Vista general del biofiltro terminado.



Fotografía 11. Vista de los componentes del biofiltro.



Fotografía 12. Iniciando el proceso de purificación del agua residual de camal.



Fotografía 13. Verificando el caudal del contenedor del agua residual.



Fotografía 14. Abriendo la llave del contenedor del agua residual.



Fotografía 15. Removiendo el aserrín, para una mejor textura.



Fotografía 16. Inspeccionando el estado y proporción de los materiales del biofiltro.



Fotografía 17. Inspeccionando el estado del contenedor del Biofiltro.



Fotografía 18. Revisando los componentes del biofiltro y el tanque de agua residual.



Fotografía 19. Inspección del estado de las mangueras antes de conectar al biofiltro construido.



Fotografía 20. Preparando las mangueras para la filtración del agua residual.



Fotografía 21. Vista panorámica del ingreso a los Laboratorios del Inia - Salcedo - Puno.



Fotografía 22. Vista panorámica de la poza de evacuación del agua residual.



Fotografía 23. Recojo del agua residual para la primera observación.



Fotografía 24. Extrayendo agua residual para la muestra.



Fotografía 25. Almacenando el agua residual de la muestra.

Anexo 05: Matriz de consistencia.

TÍTULO: PRUEBA DE EFICIENCIA EN LABORATORIO DE BIOFILTRO DE LOMBRICES PARA MEJORA DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS DE AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL FRIGORÍFICO SUR EXPORT DELICAR SCRL - PUNO

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cuál será la eficiencia en laboratorio de un biofiltro de lombrices en la mejora de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno?	Evaluar la eficiencia en laboratorio de un biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.	El biofiltro de lombrices de aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno, es eficiente en la mejora de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.	EFICIENCIA DEL BIOFILTRO DE LOMBRICES	Cantidad requerida de lombrices adultas Capacidad de transformar sustancias para la reutilización	2 kg. de lombrices adulta, dependiendo de la manipulación de las variables 7 días de análisis	MÉTODO -Método analítico DISEÑO -Experimental TIPO -Aplicada y experimental
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS				NIVEL -Explicativo POBLACIÓN 6 000 Litros MUESTRA 40 Litros TÉCNICAS -Observación directa en el campo de trabajo INSTRUMENTO - Tanque de 60 L - Recipiente de plástico para lechos filtrantes - Biofiltro de lombrices (Eisenia Foetida) de cuatro capas. - Recipiente recolector de agua tratada.
a) ¿Será factible la fabricación de un biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno?	a) Fabricar un biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.	a) Si es factible la fabricación de un biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.		Parámetros físicos del agua	Turbidez Sólidos suspendidos Totales Temperatura	ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN -Cuantitativo
b) ¿En qué medida el biofiltro de lombrices mejora los parámetros físicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno?	b) Verificar la eficiencia en laboratorio del biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros físicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.	b) El biofiltro de lombrices mejora los parámetros físicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.	AGUAS RESIDUALES	Parámetros químicos del agua	pH DBO ₅ DQO Coliformes termotolerantes (Escherichia coli)	
c) ¿En qué medida el biofiltro de lombrices mejora los parámetros químicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno?	c) Determinar la eficiencia en laboratorio del biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros químicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.	c) El biofiltro de lombrices mejora los parámetros químicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.		Parámetros bacteriológicos del agua		
d) ¿En qué medida el biofiltro de lombrices mejora los parámetros bacteriológicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno?	d) Comprobar la eficiencia en laboratorio del biofiltro de lombrices para mejorar los parámetros bacteriológicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.	d) El biofiltro de lombrices mejora los parámetros bacteriológicos de las aguas residuales del Camal Frigorífico Sur Export Delicar S.C.R.L. - Puno.				