

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

“Eficacia de un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (*Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza*) para el tratamiento del agua residual industrial”

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
AMBIENTAL**

AUTORA: Dextre Espinoza, Sharon Maigrely

ASESORA: Valdivia Martel, Perfecta Sofia

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación ambiental
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero(a) ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73195962

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43616954

Grado/Título: Maestro en ingeniería con mención: gestión ambiental y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0002-7194-3714

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Zacarias Ventura, Hector Raul	Doctor en ciencias de la educación	22515329	0000-0002-7210-5675
2	Camara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
3	Vasquez Baca, Yasser	Título oficial de máster universitario en planificación territorial y gestión ambiental	42108318	0000-0002-7136-697X



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:00 horas del día 18 del mes de setiembre del año 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

- Dr. Hector Raul Zacarias Ventura (Presidente)
- Mg. Frank Erick Camara Llanos (Secretario)
- Mg. Yasser Vasquez Baca (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 1902-2025-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"EFICACIA DE UN SISTEMA BIODEPURADOR INTEGRADO POR UN LOMBRIFILTRO CON CARBÓN ACTIVO Y UN HUMEDAL ARTIFICIAL CON (*Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza*) PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL"**, presentado por el (la) Bach. DEXTRE ESPINOZA, SHARON MAIGRELY para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADO... Por UNANIMIDAD... con el calificativo cuantitativo de 17... y cualitativo de MUY BUENO... (Art. 47)

Siendo las 17:00 horas del día 18 del mes de Setiembre del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Dr. Hector Raul Zacarias Ventura
DNI: 22515329
ORCID: 0000-0002-7210-5675
Presidente

Mg. Frank Erick Camara Llanos
DNI: 44287920
ORCID: 0000-0001-9180-7405
Secretario

Mg. Yasser Vasquez Baca
DNI: 42108318
ORCID: 0000-0002-7136-697X
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: SHARON MAIGRELY DEXTRE ESPINOZA, de la investigación titulada "EFICACIA DE UN SISTEMA BIODEPURADOR INTEGRADO POR UN LOMBRIFILTRO CON CARBÓN ACTIVO Y UN HUMEDAL ARTIFICIAL CON (CYPERUS PAPYRUS Y ALOCASIA MACRORRHIZA) PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL", con asesor(a) PERFECTA SOFIA VALDIVIA MARTEL, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2022-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 25 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 28 de agosto de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

216. Dextre Espinoza, Sharon Maigrely.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

26%

FUENTES DE INTERNET

9%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.cientifica.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
4	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	www.ais.unwater.org Fuente de Internet	1%
6	revistapolitecnica.epn.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	vsip.info Fuente de Internet	1%
9	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, cuya fuerza me sostuvo y no me permitió rendirme en los momentos difíciles que enfrenté. A mis padres, quienes, con su amor constante y su apoyo incondicional, me acompañaron en cada paso de este camino. Ustedes han sido el pilar fundamental que me motivó a seguir adelante y lograr culminar esta importante etapa de mi vida. Gracias por ser la fuente de inspiración que me impulsó a alcanzar todas mis metas.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todos los docentes de la Universidad de Huánuco, cuya guía y enseñanza fueron fundamentales para desarrollar mis habilidades y adquirir los conocimientos necesarios durante toda mi carrera. Su apoyo fue clave para que pudiera culminar exitosamente este proceso.

De manera especial, agradezco a mi asesor, cuya orientación y dedicación fueron esenciales para la correcta elaboración y conclusión de esta tesis.

También quiero agradecer profundamente a mi familia, quienes han sido el pilar fundamental en cada etapa de mi vida. Su constante apoyo y motivación me han permitido desempeñar mis habilidades de la mejor manera posible.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIV
CAPITULO I	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2.1 PROBLEMA GENERAL.....	17
1.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS	17
1.3 OBJETIVOS.....	17
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.4.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	18
1.4.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	19
1.4.3 JUSTIFICACION METODOLÓGICA	19
1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.6 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.6.1 VIABILIDAD OPERATIVA	21

1.6.2 VIABILIDAD TÉCNICA	22
1.6.3 VIABILIDAD ECONÓMICA-SOCIAL.....	22
CAPITULO II	24
MARCO TEÓRICO	24
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	24
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES.....	26
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES	30
2.2 BASES TEÓRICAS.....	32
2.2.1 BIODEPURACIÓN.....	32
2.2.2 HUMEDALES ARTIFICIALES	32
2.2.3 PAPIRO (CYPERUS PAPIRUS).....	37
2.2.4 OREJA DE ELEFANTE (ALOCASIA MACRORRHIZA)	38
2.2.5 BIOFILTRO O LOMBRIFILTRO.....	40
2.2.6 EISENA FOETIDA O LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA	42
2.2.7 EL CARBÓN ACTIVADO.....	44
2.2.8 AGUAS RESIDUALES	45
2.2.9 CONTAMINACIÓN DE AGUAS.....	51
2.2.10 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	54
2.2.11 MARCO LEGAL.....	55
2.2.12 PARÁMETROS A UTILIZAR	60
2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES	62
2.4 HIPÓTESIS.....	64
2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	64
2.5 VARIABLE	64

2.5.1 VARIABLE DE CALIBRACIÓN	64
2.5.2 VARIABLE EVALUATIVA	64
2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	65
CAPITULO III	66
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	66
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	66
3.1.1 ENFOQUE	66
3.1.2 ALCANCE O NIVEL	66
3.1.3 DISEÑO	67
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	68
3.2.1 POBLACIÓN	68
3.2.2 MUESTRA	68
3.3 TECNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	69
3.3.1 PARA LA RECOLECCION DE DATOS	69
3.3.2 PARA LA PRESENTACION DE DATOS	82
3.3.3 PARA EL ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	83
CAPITULO IV	84
RESULTADOS	84
4.1 PROCESAMIENTOS DE DATOS	84
4.1.1 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS FÍSICO – QUÍMICOS	84
4.1.2 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS MICROBIOLÓGICOS	97
4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS .	100
CAPITULO V	103
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	103

CONCLUSIONES	113
RECOMENDACIONES	116
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
ANEXOS	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía de la Lombriz Californiana	43
Tabla 2 Composición típica del agua residual sin tratar.....	47
Tabla 3 Estándares de Calidad Ambiental para Agua. Categoría 3: riego de vegetales y bebidas de animales (Agua para riego no restringido).....	56
Tabla 4 Marco institucional vinculado a la gestión de las descargas y reúso de las aguas residuales en el Perú.	59
Tabla 5 “Eficacia de un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (<i>Cyperus papyrus</i> y <i>Alocasia macrorrhiza</i>) para el tratamiento del agua residual industrial”	65
Tabla 6 Coordenadas UTM de la ubicación del área.....	68
Tabla 7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	70
Tabla 8 Dimensiones del lombrifiltro	73
Tabla 9 Dimensiones del Humedal Artificial de Flujo Vertical	75
Tabla 10 Dimensionamiento del Humedal Artificial de Flujo Vertical	77
Tabla 11 Composición del Lombrifiltro y Humedal artificial.....	80
Tabla 12 Resultados in situ del parámetro de Potencial de Hidrogeno.....	84
Tabla 13 Resultados in situ del parámetro de Temperatura	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clasificación de los humedales diseñados para tratar el agua residual de uso domiciliario.....	33
Figura 2 Gráfico genérico de los filtros plantados de flujo libre.....	34
Figura 3 Gráfico genérico referente a los filtros plantados con un flujo vertical	36
Figura 4 Especie <i>Cyperus Papyrus</i>	38
Figura 5 <i>Alocasia Macrorrhiza</i>	40
Figura 6 Cuadro sinóptico de las características del agua residual	46
Figura 7 Diseño del Sistema de Tratamiento	67
Figura 8 Diseño del lombrifiltro con carbón activo	73
Figura 9 Diseño del Humedal Artificial de Flujo Vertical	75
Figura 10 Comportamiento del Parámetro Potencial de Hidrogeno.....	85
Figura 11 Resultados in situ del parámetro de Temperatura	86
Figura 12 Comportamiento del parámetro Aceites y Grasas	88
Figura 13 Comportamiento del parámetro DBO.....	90
Figura 14 Comportamiento del parámetro DQO	92
Figura 15 Comportamiento del parámetro Nitritos	94
Figura 16 Comportamiento del parámetro Nitratos	96
Figura 17 Comportamiento del parámetro Coliformes Termotolerantes	98

RESUMEN

La investigación ha tenido como objetivo evaluar la eficacia de un sistema biodepurador integrado por un Lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (*Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza*) para el tratamiento del agua residual industrial. En cuanto a la metodología, es un estudio experimental, según el número de mediciones será longitudinal, según el control de las mediciones de variable: con control, según el número de variables de interés será analítico, con un enfoque cuantitativo, un nivel aplicativo, con un diseño considerado experimento verdadero, mi población de estudio es el agua residual industrial generado por una granja de avícola, para la muestra de estudio se considera 15L por día para mi sistema de tratamiento del agua residual y se consideró aproximadamente 3L para las muestras de agua para cada afluente y efluente, teniendo un total de 36 muestras tomadas en aproximadamente 2 meses, sin contar los parámetros in situ debido a que estas serán tomadas en campo y se usó los siguientes instrumentos estadísticos: Software Excel office 2024 para los cuadros y barras estadísticas, de igual forma se realizó el método de T Student, con grado de significancia del 5% los cálculos se realizaron con el programa IBM SPSS versión 27, el cual el p-valor obtenido en la prueba de hipótesis fue de 0.000. Los resultados obtenidos para parámetros físico – químicos son: para pH la M1 tuvo un afluente de 6 y la M6 un efluente de 7, temperatura tuvo un afluente M1 de 23°C y un efluente M6 de 22.2°C, aceites y grasas obtuvo un valor del afluente M1 de 26.7 mg/L y un valor del efluente M6 de 1.8 mg/L con un porcentaje de remoción de 93.26%, DBO obtuvo un valor del afluente M1 de 330 mg/L y un valor del efluente M6 de 13.4 mg/L con un porcentaje de remoción del 95.94 %, DQO un valor del afluente M1 de 478 mg/L y un valor del efluente M6 DE 19.1 con un porcentaje de remoción del 96.00%, Nitritos obtuvo un valor del afluente de 2.8 mg/L y un valor del efluente de 0.48 mg/L con un porcentaje de remoción del 82.86%, Nitratos obtuvo un valor del afluente de 13.67 mg/L y un valor del efluente de 2.12 mg/L con un porcentaje de remoción del 82.86%. Los resultados obtenidos para parámetros microbiológicos son: para Coliformes termotolerantes se obtuvo un valor del afluente de 3.60 E+05 y un valor del efluente de 1.30 E+03 con un porcentaje

de remoción del 99.90%. En base a estos resultados podemos concluir que se demostró la eficacia del Lombrifiltro con carbón activo y el Humedal artificial con *Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza*, en el cual se obtuvo la minimización de concentraciones tanto de los parámetros físico – químicos como microbiológicos, demostrando que este tratamiento cumple con el D.S. N°004-2017-MINAM.

Palabras clave: Lombrifiltro, Humedal, carbón activo, *Cyperus Papyrus*, *Alocasia Macrorrhiza*, agua residual, parámetros.

ABSTRACT

The present research aimed to evaluate the effectiveness of a biopurification system composed of a worm filter with activated carbon and an artificial wetland with (*Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza*) for the treatment of industrial wastewater. Regarding the methodology, it is an experimental study, according to the number of measurements it will be longitudinal, according to the control of the variable measurements: with control, according to the number of variables of interest it will be analytical, with a quantitative approach, an applicative level, with a design considered a true experiment, my study population is the industrial wastewater generated by a poultry farm, for the study sample 15L per day is considered for my wastewater treatment system and approximately 3L will be considered for the water samples for each influent and effluent, having a total of 36 samples taken in approximately 2 months, not counting the in situ parameters because these will be taken in the field. The results obtained for physical - chemical parameters are: for pH the M1 had an influent of 6 and the M6 an effluent of 7, temperature had an influent M1 of 23°C and an effluent M6 of 22.2° C, oils and fats obtained an influent M1 value of 26.7 mg / L and an effluent M6 value of 1.8 mg / L with a removal percentage of 93.26%, BOD obtained an influent M1 value of 330 mg / L and an effluent M6 value of 13.4 mg / L with a removal percentage of 95.94%, COD an influent M1 value of 478 mg / L and an effluent M6 value of 19.1 with a removal percentage of 96.00%, Nitrites obtained an influent value of 2.8 mg / L and a value of effluent of 0.48 mg/L with a removal percentage of 82.86%, Nitrates obtained an influent value of 13.67 mg/L and an effluent value of 2.12 mg/L with a removal percentage of 82.86%. The results obtained for microbiological parameters are: for thermotolerant coliforms, an influent value of 3.60 E+05 and an effluent value of 1.30 E+03 were obtained with a removal percentage of 99.90%. Based on these results, we can conclude that the effectiveness of the Vermifilter with activated carbon and the artificial Wetland with *Cyperus papyrus* and *Alocasia macrorrhiza* could be demonstrated, in which the minimization of concentrations of both the physical-chemical and microbiological parameters was obtained, demonstrating that this treatment complies with D.S. N°004-2017-MINAM.

Keywords: Vermifilter, Vertical, activated carbon, Cyperus Papyrus, Alocasia Macrorrhizo, wastewater.

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos más esenciales para la vida, y su conservación y tratamiento son fundamentales para el bienestar de la humanidad. Sin embargo, a nivel global, el recurso hídrico ha sido gravemente afectado por diversos factores, entre los cuales destacan las actividades industriales y agrícolas, como las desarrolladas en las granjas avícolas. Estas actividades generan una serie de contaminantes sólidos, líquidos y gaseosos que, al no ser manejados adecuadamente, desembocan en cuerpos de agua, deteriorando su calidad y afectando tanto el medio ambiente como la salud pública.

En Perú, la situación no es diferente. Los ríos Chillón, Rímac y Lurín, que abastecen de agua a Lima Metropolitana, han visto cómo sus aguas se han contaminado debido a vertimientos provenientes de estas actividades avícolas. Especialmente preocupante es la cuenca del río Rímac, uno de los principales proveedores de agua potable para la capital, que muestra altos niveles de contaminación. Investigaciones como la de ANA (2015) han identificado la presencia de coliformes fecales en cuerpos de agua en la región de San Martín, vinculados directamente a estas prácticas avícolas.

Frente a esta problemática, surge la necesidad urgente de implementar soluciones eficaces y sostenibles para el tratamiento de aguas residuales industriales. La investigación buscó explorar el potencial de un sistema biodepurador, que integra un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con *Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza*, como alternativa para el tratamiento de estas aguas. Este sistema no solo promete ser económicamente viable y respetuoso con el medio ambiente, sino que también podría generar beneficios adicionales, como la producción de humus para uso agrícola y la reutilización del agua tratada en actividades de riego. A través de este estudio, se pretende aportar información valiosa para que las autoridades locales consideren la implementación de estos sistemas biodepuradores a mayor escala, contribuyendo así a la mejora de la calidad del agua en el caserío de San Jacinto, San Martín, y mitigando los impactos negativos de la contaminación hídrica en la región.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Nuestro recurso hídrico es uno de los elementos más esenciales para la vida, es así que una de nuestras prioridades debería ser el tratamiento de aguas, debido a que, a lo largo de los años por muchos factores, este recurso se ha visto en precarias condiciones, es por ese motivo que a través de métodos económicos y viables se debe comenzar a buscar tratamientos eficaces para la descontaminación del agua y así poder darle un mejor uso a este.

Actualmente a nivel global el agua ha sufrido muchos cambios en su composición, uno de estos motivos son las industrias o pequeñas granjas avícolas, la problemática ambiental que se vive en las granjas avícolas es causado por una prominente generación de contaminantes en sus distintas ocupaciones avícolas, de las cuales se ven reflejadas en los residuos sólidos como (aves muertas, galpones sucios, plumas, órganos de las aves, entre otros), líquido (aguas residuales producto de esta actividad), gaseosos (desagradables olores), debido a esto se genera una gran contaminación ambiental, causando una problemática si no se le da una solución rápida, también debemos mencionar que el aumento diario de la sobrepoblación ha traído consigo la obligación de complacer las demandas de suministros de agua para regadío, comercial e industrial, además el consumo elevado de las aves ocasionan que estas actividades atenten contra el medio ambiente perjudicándolo.

Se consideró que solucionar el problema de las aguas residuales debe ser primordial en todo el mundo debido a que causa directamente afecciones en la salud de las personas, así también como la grave disposición del agua debido a que este es usado en muchos casos como fuente o suministro de las plantas de potabilización y algunas actividades humanas.

En el Perú, el agua de los ríos y riachuelos se han visto afectados por causa de estas granjas avícolas debido a que no llevan un previo tratamiento

antes de desembocar el agua residual a los ríos, un gran ejemplo de esta polución de aguas que se está dando son los tres ríos (Chillón, Rímac y Lurín) que suministran del recurso hídrico a Lima Metropolitana, como consecuencia de las descargas generadas por los desechos fecales, sangre, aves muertas, plumaje, entre otros. Especialmente la cuenca del río Rímac el cual muestra niveles altos de contaminación, esta agua proveniente del río Rímac es considerado una de las fuentes principales que abastecen de agua a los ciudadanos de Lima, el cual desde su nacimiento del río hasta su posterior desembocadura en el océano es contaminado por cientos de vertimientos de aguas provenientes de distintas actividades avícolas.

ANA (2015) encontró una innumerable presencia de coliformes fecales en los cuerpos de agua debido a las granjas avícolas por los desechos fecales, entre otros que pasan por el trayecto de Tarapoto (San Martín), a través de los ríos Shilcayo y Cumbaza, el cual, de acuerdo a los resultados de los análisis llevados al laboratorio, sobrepasan los estándares de calidad ambiental.

En el Centro Poblado de San Jacinto – San Martín se evidencia una deficiencia en la gestión de los recursos hídricos por parte de las autoridades locales, reflejada en la ausencia de un sistema de alcantarillado sanitario y de infraestructura adecuada para el tratamiento de aguas residuales. Como consecuencia, los efluentes domésticos e industriales son vertidos directamente al cauce del río, generando un alto impacto ambiental.

Uno de los principales focos de contaminación lo constituyen las granjas avícolas asentadas en la zona, ya que los residuos sólidos y líquidos derivados de esta actividad son descargados al río sin procesos de tratamiento previo o disposición final técnica, ocasionando la degradación de la calidad del agua y riesgos para la salud pública y el ecosistema acuático.

Mi investigación pretende a través de una experimentación usando dos sistemas de biodepuradores que es el Lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con *Cyperus papyrus*- *Alocasia macrorrhiza* tratar el agua que posteriormente se puede reusar para agua de riego y producir humus a través de los residuos del lombrifiltro para usarlo como abono orgánico, de

la misma manera mi investigación sirve como información a las autoridades para que usen esto como una guía para poder implementar más biodepuradores en la localidad, debido a que este tratamiento es económico y amigable con el ambiente.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la eficacia de un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con *Cyperus papyrus*- *Alocasia macrorrhiza* para el tratamiento del agua residual industrial?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS

¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos del agua residual industrial antes y después de la intervención con un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (*Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza*)?

¿Cuáles son los parámetros microbiológicos del agua residual industrial antes y después de la intervención con un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (*Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza*)?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficacia de un sistema biodepurador integrado por un Lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (*Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza*) para el tratamiento del agua residual industrial.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Describir los parámetros fisicoquímicos del agua residual industrial antes y después de la intervención con un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (*Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza*)

Describir los parámetros microbiológicos del agua residual industrial antes y después de la intervención con un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (*Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza*).

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Mi investigación se justificó teóricamente en la necesidad de generar conocimiento científico respecto a la calidad del agua en el Centro Poblado de San Jacinto – San Martín, donde la ausencia de un sistema de alcantarillado y de tratamiento de aguas residuales genera descargas directas de efluentes domésticos y agroindustriales hacia los riachuelos locales.

Si bien existen investigaciones previas relacionadas con la contaminación hídrica, la mayoría de estos estudios se han desarrollado en ámbitos urbanos o en cuencas de mayor escala, dejando un vacío en el análisis de pequeñas localidades rurales que presentan dinámicas propias de vertimientos no regulados. Por tanto, este estudio buscó aportar evidencia científica que permita comprender la magnitud de los impactos de dichos efluentes en cuerpos receptores de agua, a través de parámetros físico-químicos y microbiológicos, contribuyendo así al fortalecimiento del conocimiento académico en materia de gestión ambiental y saneamiento básico.

Asimismo, el trabajo contribuirá al desarrollo de nuevas bases para futuros estudios comparativos y para la aplicación de modelos de gestión hídrica en comunidades con condiciones similares, generando un soporte teórico para propuestas de políticas públicas y estrategias de mitigación.

1.4.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Desde un punto de vista práctico, la investigación que se realizó, responde a una necesidad urgente de encontrar soluciones económicas y efectivas para el tratamiento de aguas residuales industriales. La creciente concentración de poblaciones en áreas urbanas y rurales ha llevado a una mayor presión sobre los recursos hídricos, exacerbando la contaminación y disminuyendo la capacidad de los cuerpos de agua para autodepurarse. La implementación de un sistema biodepurador que utilice lombrifiltros y humedales artificiales ofrece una solución práctica que no solo es viable económicamente, sino que también es de fácil implementación y mantenimiento.

El sistema propuesto no solo contribuyó a la mejora de la calidad del agua, sino que también tiene aplicaciones prácticas significativas para la agricultura local. La reutilización del agua tratada y la producción de humus como fertilizante pueden apoyar la agricultura sostenible, reduciendo los costos de insumos y promoviendo prácticas agrícolas más seguras. Además, al ser un sistema amigable con el medio ambiente, puede ser adoptado a gran escala, brindando una solución viable para comunidades con recursos limitados.

1.4.3 JUSTIFICACION METODOLÓGICA

Mi investigación se justificó metodológicamente en la aplicación de un enfoque cuantitativo, sustentado en la recolección y análisis de datos objetivos que permitieron evaluar la eficacia del sistema de tratamiento. Para ello, se empleó muestreos de campo y la determinación de parámetros físico-químicos y microbiológicos conforme a normas técnicas nacionales, lo cual asegura la validez y confiabilidad de los resultados. Esta elección metodológica se justifica por varios motivos:

- Innovación y Adaptabilidad: La combinación de lombrifiltros y humedales artificiales representa un enfoque innovador que se adapta a las condiciones locales, utilizando materiales y biocomponentes disponibles en la región. Esta metodología permite una evaluación detallada de la efectividad de los sistemas en condiciones reales,

proporcionando datos valiosos para su futura implementación a gran escala.

- Evaluación Integral: La metodología incluye el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua antes y después del tratamiento, lo que permite una evaluación exhaustiva de la eficacia del sistema en la eliminación de contaminantes. Este enfoque integral es esencial para validar la efectividad del tratamiento y garantizar que se cumplan los estándares de calidad del agua.

- Sostenibilidad y Bajo Costo: La implementación de biodepuradores a bajo costo y con un impacto ambiental reducido es una parte clave de la metodología. La elección de tecnologías económicas y sostenibles aseguró que la investigación no solo sea viable económicamente, sino que también ofrezca beneficios a largo plazo para la comunidad y el medio ambiente.

- Impacto Social y Ambiental: La metodología también consideró los beneficios sociales y ambientales de la investigación, incluyendo la reducción de enfermedades relacionadas con el agua contaminada y la protección de la flora y fauna acuática. Estos aspectos refuerzan la relevancia y la aplicabilidad del sistema en la mejora de las condiciones de vida y la salud pública.

1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Mi investigación presentó algunas limitaciones que condicionaron el alcance de los resultados obtenidos:

- ❖ Mi investigación no abarcó todos los parámetros establecidos en el ECA, sino únicamente aquellos que guardaban mayor relación con el estudio.
- ❖ No se evaluó de manera detallada la influencia del mantenimiento periódico del sistema en el rendimiento del tratamiento, lo cual puede afectar la eficiencia y la durabilidad operativa del mismo.

- ❖ El tiempo destinado al monitoreo de los parámetros físico-químicos y microbiológicos fue limitado, por lo que no se pudo evaluar la eficiencia del sistema a mediano y largo plazo.
- ❖ Tiempo prolongado de traslado de las muestras desde la zona de influencia hasta el laboratorio.

1.6 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1 VIABILIDAD OPERATIVA

Esta investigación tiene como viabilidad operativa los siguientes aspectos:

- Acceso y Espacio: La viabilidad operativa es alta dado que se contó con un acceso a un terreno en una granja familiar, lo cual facilitó la implementación del proyecto a escala piloto. Este acceso elimina barreras relacionadas con la ubicación y el espacio, permitiendo una operación más fluida.

- Transporte y Logística: La disponibilidad de movilidad para el transporte de materiales y muestras es crucial para el éxito del proyecto. Esto aseguró que los materiales necesarios para la construcción de los biodepuradores y las muestras para análisis de laboratorio puedan ser gestionados eficientemente.

- Apoyo Familiar: Se contó con el apoyo de la familia para la instalación de infraestructura (como tuberías) proporciona un recurso adicional valioso. Esto reduce la dependencia de contratistas externos y facilita la instalación de los sistemas de tratamiento.

- Clima: El clima local favorece tanto la aclimatación de las lombrices en el lombrifiltro como el crecimiento de las plantas en el humedal artificial. Esto aseguró un entorno óptimo para el funcionamiento de los biodepuradores, mejorando la eficiencia del tratamiento.

1.6.2 VIABILIDAD TÉCNICA

La investigación tiene como viabilidad técnica los siguientes aspectos:

- **Materiales y Recursos:** Los materiales necesarios para construir el lombrifiltro y el humedal artificial son fácilmente accesibles y económicos. Esto aseguró que la construcción y el mantenimiento de los sistemas sean técnicamente factibles sin requerir recursos especializados o costosos.

- **Adaptación de Biocomponentes:** Las lombrices y las plantas que se utilizaron en el proyecto fueron adaptadas al clima local, lo que garantizó su crecimiento y funcionamiento eficiente en los biodepuradores. Esto minimizó riesgos técnicos asociados con la aclimatación y el desempeño de los sistemas.

- **Escala Piloto:** La capacidad de llevar a cabo el proyecto a escala piloto permite una evaluación preliminar del funcionamiento de los biodepuradores antes de una posible implementación a mayor escala. Esta fase piloto es esencial para ajustar y optimizar los sistemas técnicos.

1.6.3 VIABILIDAD ECONÓMICA-SOCIAL

Esta investigación tiene como viabilidad económica-social los siguientes aspectos:

- **Costos de Implementación:** El proyecto fue económicamente viable debido a que los materiales son de bajo costo y fácilmente disponibles. La utilización de recursos locales y la minimización de costos de adquisición son factores clave para la viabilidad económica.

- **Beneficios Sociales:** La implementación de los biodepuradores contribuyó a la mejora de la calidad del agua en la localidad, lo que tiene beneficios directos para la salud pública y el medio ambiente. Además, el uso de humus como fertilizante y el reciclaje de agua para riego aportaron ventajas adicionales para la comunidad.

- **Sostenibilidad Económica:** La utilización de tecnologías de bajo costo y de fácil mantenimiento aseguró que el proyecto sea

económicamente sostenible a largo plazo. La capacidad de reutilizar materiales y minimizar gastos operativos refuerza la viabilidad económica del proyecto.

- Impacto Familiar: Al tratarse de un negocio familiar, se optimizaron los costos laborales y se facilitó la gestión del proyecto, lo que también contribuyó a su viabilidad económica y social. El apoyo familiar reduce la necesidad de inversiones externas y permite una administración más eficiente del proyecto.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Arciniega et al. (2024) en su artículo de investigación titulado: “Evaluación de un humedal artificial piloto para el tratamiento de aguas residuales domesticas – fitorremediación con *Eichhornia crassipes*”, la presente investigación tuvo como finalidad establecer la tasa de remoción de materia orgánica, solidos totales, sedimentables, disueltos, suspendidos y turbiedad presentes en aguas residuales, la metodología se basó en la construcción de un sistema de humedal artificial de flujo superficial, con dimensiones de 4 m x 2 m y una profundidad de 0,40 m, destinado al tratamiento de efluentes residuales de origen doméstico, mediante la utilización de macrófitas acuáticas de la especie *Eichhornia crassipes* (lirio acuático) como planta biorremediador, como resultado obtuvieron la remoción del 53.34% de los sólidos totales (ST), el 59.49 % de los sólidos suspendidos totales (SST), el 73.68% de los sólidos sedimentables (SS), el 32.92% de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), y el 93.52% de la turbiedad. Con los porcentajes de remoción que se obtuvieron se pudo concluir que, las concentraciones de DBO₅, sólidos totales (ST), sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos sedimentables (SS) se mantienen por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la NOM-002-SEMARNAT-1996, lo que evidencia la factibilidad de este tipo de sistemas biológicos para la mitigación de contaminantes presentes en efluentes residuales de carácter doméstico

Cabrera et al. (2022) en su artículo científico: “Análisis de un sistema de tratamiento de aguas residuales de una industria de embutidos”, su propósito principal se basa en diseñar e implementar un sistema de depuración de efluentes industriales generados en la producción de embutidos, fundamentado en la integración de un separador de grasas y aceites, un módulo de flotación por aire disuelto

y un biofiltro de lombrices (lombrifiltro), con la finalidad de que las descargas líquidas se ajusten a los parámetros establecidos en la normativa vigente para vertimientos al sistema de alcantarillado urbano de Quito, conforme a la Resolución N002-SA-2014, respecto a su metodología para el sistema de tratamiento se consideraron las condiciones óptimas de operación, las cuales fueron: un tiempo de retención hidráulico (TRH) de 5,2 min en la trampa de grasas, logrando una eficiencia de depuración del 97 %, un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 14 horas en el lombrifiltro para una eficiencia del 87 % y 20 minutos en el sistema de flotación por aireación con una eficiencia del 89 %. Las dimensiones comprenden: trampa de grasa con 0,3 m de longitud y 1,4 m de altura con una bomba rotodinámica de 0,06 kW de potencia; 2,7 m de altura total entre los tres lombrifiltros; un lecho de 1,5 m de alto; 5,5 m de ancho y 6,5 m de longitud; un tanque de almacenamiento cilíndrico de 2,1 m de altura y 2,1 m de radio circular, impulsado por una bomba de 0,18 kW. Se contempla también una celda de forma cuadrada para el sistema de flotación por aire, con medidas de 0,7 metros de largo; 1,4 metros de alto y un agitador mecánico de cuchillas inclinadas con una potencia de 0,19 kW. Bajo estas condiciones, se obtuvieron concentraciones de $2159 \pm 242,8$ mg/L para el parámetro de grasas y aceites y para los indicadores de demanda biológica y química de oxígeno (DBO5 Y DQO), se registraron valores de $2314,2 \pm 122,7$ mg/L y $3054,5 \pm 161,9$ mg/L, respectivamente. Por lo que se concluye que estos valores, sobrepasan los límites normativos establecidos N°2-SA-2014 de la ciudad de Quito, pero resulto eficiente el sistema de flotación por aireación en el parámetro de solidos suspendidos.

Lara & Ruchi (2022) en su artículo científico denominado: “Evaluación de un lombrifiltro para el tratamiento del agua residual del grupo Rossi” Escuela Politécnica Nacional, Quito, la investigación que se realizo tuvo como objetivo aportar un método nuevo e innovador, el cual mejore el tratamiento del agua residual de la empresa Grupo Rossi. La metodología que se implementó fue a través de la experimentación,

el cual comenzó con el muestreo y caracterización del líquido residual para conocer los contaminantes presentes e indicar los problemas a solucionar acorde a la normativa ecuatoriana especificada en el TULSMA para una descarga controlada al sistema de alcantarillado.

Asimismo, se desarrolló una investigación sobre el funcionamiento del sistema Tohá para el tratamiento del afluente en un prototipo a nivel laboratorio. Con la finalidad de evaluar su utilidad en la disminución de contaminantes por acción de las lombrices, paralelamente se construyó un filtro control. Los dos sistemas se ejecutaron en iguales condiciones y se verificó su funcionamiento en estado óptimo. Las cuales dieron como resultado que es más eficiente un TRH de 6 y 2 horas al obtener mejores resultados, y en comparación de los dos sistemas de tratamiento el lombrifiltro con un TRH de 6 horas obtuvo mejor porcentaje de remoción: DQO 81.14%, Nitratos 98.57 %, Nitritos 99.99%, entonces se pudo llegar a la conclusión del sistema de tratamiento usando lombrifiltro es más eficiente que el filtro control obteniendo un 81% para remover la materia orgánica y más del 90% para nutrientes, sin embargo, los resultados dependen mucho del TRH.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Quispe (2018) En su tesis: “Evaluación de la eficiencia entre dos sistemas de biofiltros para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la localidad de Carapongo, Lurigancho-Chosica”, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, la investigación tiene como objetivo ofrecer beneficios al momento de realizar el tratamiento y la reutilización del cuerpo de agua residual en el regadío de plantas consideradas como cultivo en Carapongo y disminuir la polución en los ductos que son utilizados con fines de regar la vegetación y en consecuencia en el río Rímac, beneficiando a la comunidad y el medio ambiente. Se abordó la investigación desde el método empírico, empleando una muestra no probabilística y de diseño experimental, en la medición se llegó a implementar un sistema de 2 biodepuradores, el 1º sistema de tratamiento denominado (SB 1) compuesto por un canal de desbaste y un humedal artificial de flujo vertical (HSSFV) y también

por un humedal artificial y el 2° sistema de tratamiento biodepurador denominado (SB 2) el cual está conformado por un lombrifiltro, un canal de desbaste, un tanque séptico, un humedal superficial y usamos como vegetación de las plantas de *Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza*. El estudio se desarrolló en el terreno ubicado en Carapongo (8671623N, 0293512 E). Como resultado obtuvimos que los parámetros SST, DBO5, el nitrato, el nitrito, los fosfatos y Coliformes termotolerantes se registraron en un tiempo aproximado de 5 semanas (Mayo – Julio 2016), el cual se desarrolló un análisis de 25 muestras de los puntos de monitoreo que fueron M1, M2, M3, M4, con todos estos datos obtenido podemos concluir que el SB 1 tuvo mayor eficiencia al remover los parámetros de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5, SST y Coliformes Termotolerantes llegando a tener como resultado 95.71%, 91.55% y 99,87% en cada uno, también el otro biodepurador SB 2 señaló valores que cuentan con un porcentaje de 90.33%, 91.23% y 97.28% de manera respectiva. Por otra parte, podemos afirmar que SB 2 hubo una mayor remoción de PO_4^{-3} que en el sistema de tratamiento SB 1. De acuerdo al ECA establecido por la ley podemos decir que la mayoría de los parámetros cumplen con la ley establecida, con excepción del PO_4^{-3} y CT.

Moscoso (2022) En su investigación denominado: “Evaluación de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales provenientes de un matadero avícola con la tecnología de los vermifiltros”, Universidad Científica del Sur, en su tesis menciona que, en la última década, los sistemas vermifiltrantes se han consolidado como una opción altamente eficiente para el tratamiento de efluentes residuales, debido a su baja demanda de inversión y una notable capacidad de remoción de contaminantes. En consecuencia, la presente investigación tuvo como finalidad analizar la eficiencia comparativa del vermifiltro (VF) frente a un filtro control en la reducción de parámetros fisicoquímicos en efluentes residuales generados por un matadero avícola. La metodología contempló la implementación de un sistema vermifiltrante conformado por 4 estratos, las cuales fueron: grava gruesa con arena, grava fina,

arena y suelo inoculado con lombrices *Eisenia fetida* y un filtro control carente de macroinvertebrados, orientando el estudio a verificar y constatar la eficacia depurativa del vermifiltro a largo plazo a través de la atenuación de indicadores fisicoquímicos tales como demanda química de oxígeno (DQO), aceites y grasas (AyG), sólidos suspendidos totales (SST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y pH. El diseño experimental se estructuró en 3 repeticiones, aplicándose la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis debido al incumplimiento de los supuestos de normalidad y homocedasticidad; en base a estos análisis obtuvimos resultados, se determinó que la eficiencia del sistema vermifiltrante (VF) mostró una tendencia ascendente a lo largo de las pruebas de ensayos, alcanzando tasas de remoción del $96,15 \% \pm 0,48 \%$ para DQO, $98,75 \% \pm 0,15 \%$ para AyG, $99,58 \% \pm 0,04 \%$ para SST, $99,83 \% \pm 0,01 \%$ para DBO y un pH estabilizado en $7,03 \pm 0,06$. En contraste, el filtro control (FC) evidenció una disminución progresiva en su rendimiento, con valores de $91,81 \% \pm 0,17 \%$ para DQO, $92,16 \% \pm 0,41 \%$ para AyG, $99,24 \% \pm 0,08 \%$ para SST, $99,76 \% \pm 0,02 \%$ para DBO y un pH de $7,50 \pm 0,10$. Finalmente, se corroboró que ambos sistemas cumplen con los parámetros normativos establecidos en el D.S. 010-2019-VIVIENDA (VMA); adicionalmente, se atribuye que la superioridad del VF se encuentra estrechamente vinculada a la actividad biocatalítica de *Eisenia fetida*.

Umasi (2020) En su tesis: “ Evaluación de la eficiencia de un lombrifiltro (tres capas) para el tratamiento de las aguas residuales domesticas en el distrito de Cusipata – Cuzco”, Universidad Peruana Unión, Cuzco, en su tesis presenta como objetivo la evaluación de la eficacia del prototipo de biofiltro conformado por 3 capas funcionales para la depuración de efluentes domésticos por medio del análisis de los parámetros microbiológicos, físicos y químicos con el fin de aportar al procedimiento y reutilización del agua residual que sirva para el regadío de la especie de Cusipata, la metodología aplicada fue aclimatación de las *Eisenia foetida* que se conforma de una edificación de madera el cual está compuesto por tres lombrifiltros, cada uno con tres estratos de

materia natural (aserrín y compost) y especies viva (lombrices rojas) y un último estrado de (piedra de rio, grava y arena) también se usó un recipiente cilíndrico para almacenar el agua residual que nutre al sistema de manera continua. Este sistema que sirve para tratar el agua residual a través de lombrifiltros fue realizado en un tiempo de retención hidráulico de 8 horas, con un flujo de caudal de 0.77 l/min. En el caudal se analizan los parámetros de inicio el cual fue de DBO5, DQO, SST, Escherichia Coli con los valores de forma respectiva, en los resultados se apreció que el tipo Eisenia foetida disminuyó considerablemente, dando como resultado un 88%, la DBO5, 86% DQO, 95% SST y 99% Escherichia Coli, entonces podemos concluir que el sistema logra los valores que se acepten en la normativa para el regadío de vegetales no restringidas y restringidas, también sirve en la ley para bebidas de animales de acuerdo con el D.S. N° 004-2017-MINAM.

Valverde (2021) En su tesis: “Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante el uso de humedales artificiales mejorados con las especies *Cyperus papyrus* y *Phragmites australis*”, Universidad Científica del Sur – Lima, el objetivo de la presente investigación consiste en analizar y estudiar la eficiencia comparativa de 4 configuraciones experimentales de Humedales Artificiales Mejorados (HAM), incorporando 2 especies de macrófitas emergentes (*Cyperus papyrus* y *Phragmites australis*), bajo idéntica composición de sustratos, condiciones ambientales controladas y un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 72 horas. La estrategia metodológica consideró las siguientes variantes: HAM 1, sin inclusión vegetal; HAM 2, con cuatro ejemplares de *C. papyrus*; HAM 3, con cuatro individuos de *P. australis*; y HAM 4, integrado por dos individuos de cada especie. Como resultado, los hallazgos experimentales evidenciaron que el HAM 4 registró el mayor rendimiento operativo, obteniendo de esta manera porcentajes superiores de depuración en los parámetros fisicoquímicos en comparación con los demás prototipos. El HAM 3 demostró una disminución sobresaliente de hasta un 99,9 % en coliformes termotolerantes, superando ampliamente al HAM 2, que reportó las

menores eficiencias de remoción. Por su parte, el HAM 1 exhibió tasas de eliminación reducidas, lo que comprometió su eficiencia global frente a las demás configuraciones. Entonces podemos decir que, se establece la implementación de humedales artificiales mejorados para la depuración de aguas residuales debido a que es una alternativa ecoeficiente y de bajo costo económico, capaz de generar reducciones significativas en la carga contaminante del recurso hídrico.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Juárez (2020), dicho autor en su investigación denominada: “Evaluación del humedal artificial de lecho fluidizado ascendente con macrofita flotante, en la remoción de aguas residuales del matadero municipal de la ciudad de Moyobamba”, Universidad Nacional De San Martín – Tarapoto, San Martín, el objetivo de esta investigación fue emplear las macrófitas con la finalidad de poderle dar un tratamiento a las aguas que son procedentes del matadero para luego analizar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos y poder analizar la eficiencia que tiene el Humedal artificial, la metodología está conformada por un diseño cilíndrico, el cual tiene una dimensión de 1.15m, un caudal de 100 l/día, un área superficial de 0.86 m² y un volumen de 0.97 m³. La evaluación de este Humedal fue en un periodo de 16 semanas, en el cual se obtuvo una eficiencia a partir de los 63 días, resultando el parámetro de DBO con 12.5 mg/l, los Sólidos Suspendidos Totales con 725.0 ppm, DQO con 96.5 mg/l y nitratos con 1.0 ppm, el pH se mantuvo en 7.3 y 7.4 logrando una eficiencia del DBO5 98.7%, DQO 97.6% y los SST 56.6% y una remoción de los Nitratos del 23.1%, a estos resultados uno de los factores que más influyeron fue el tiempo de retención hidráulico (TRH). Finalmente podemos llegar a la conclusión de que al evaluar el humedal artificial si hubo una alta remoción de contaminantes en las aguas residuales, demostrando que si cumple con los Valores Máximos Admisibles (VMA) para vertimiento en recursos hídricos residuales que no sean de uso domiciliario en el sistema de alcantarillado.

Córdova & Huamán (2021) En su tesis: "Humedal Artificial con *Chrysopogon Zizanioides* para la remoción de aguas residuales domesticas" Universidad Nacional San Martín - Tarapoto, San Martín, tiene como objetivo poder remover lo mayor posible los contaminantes por medio de una determinada especie de planta, para que los resultados puedan cumplir con las normativas, la metodología que se realizó fue primero diseñar un Humedal de flujo vertical para un caudal de 3m³/día, consta de un área de 3.30 m², aquí el humedal está conformado por varias capas que están compuestas por grava gruesa, grava fina y arena gruesa, en esta área se realizó la colocación del Pasto Vetiver a una distancia de 0.50m. Para poder realizar el análisis de las muestras se hizo en un tiempo de cada 20 días, 20 días al inicio y 20 días al final, respecto a esto se obtuvo resultados del parámetro de Demanda Biológica de Oxígeno con una remoción de contaminantes de 86.44%, la turbiedad fue de 6.38 UNT Coliformes termo tolerantes 94 NMP/100 ml del cual su porcentaje de remoción fue de 97.84% y los Sólidos Suspendidos Totales tuvieron una remoción del 82.11%. Gracias a estos resultados podemos llegar a la conclusión de la especie *Chrysopogon Zizanioides* en el humedal artificial de flujo horizontal, tuvo una remoción alta notable de los parámetros que fueron estudiados, en base a esto podemos decir que este sistema es eficiente, amigable con el medio ambiente, factiblemente económico y logra cumplir las normativas legales del D.S. N°003-2010-MINAM.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 BIODEPURACIÓN

Según el MARM (2009) Este es un proceso combinado del lavado (absorción) de gas húmedo y la biodegradación; esta agua resultante de algunas actividades como podría ser el lavado comprende una población de microorganismos los cuales sirven para realizar el proceso de oxidación de algunos compuestos, estos microorganismos se encuentran suspendidos en el agua.

MARM (2009) normalmente los biodepuradores se inoculan con lodos activados, un claro ejemplo de esto podría ser una planta de tratamiento de aguas residuales. El rendimiento de los biodepuradores solo lograra el estándar deseado luego que pasen algunas semanas de su proceso de adaptación.

Dentro de estos llamados biodepuradores podemos encontrar los Humedales Artificiales y los Lombrifiltros.

2.2.2 HUMEDALES ARTIFICIALES

Según Gallegos (2010) su principal característica de estos humedales artificiales es debido a que contienen plantas que se sumergen en el agua, ascendentes o que flotan, el cual aparentan un medio ambiente limpio para llevar acabo el tratamiento y modificación de las aguas residuales contaminadas.

Los humedales artificiales al momento de realizar la actividad de depurar biológicamente pasaran por un procesamiento aeróbico el cual este próximo de las aguas de superficie y provisionalmente anaeróbico cerca de las profundidades sedimentarias. El crecimiento de las especies de algas contribuye por medio de la fotosíntesis, el oxígeno esencial a las bacterias aeróbicas que cumplen la función de depurar (Gallegos, 2010).

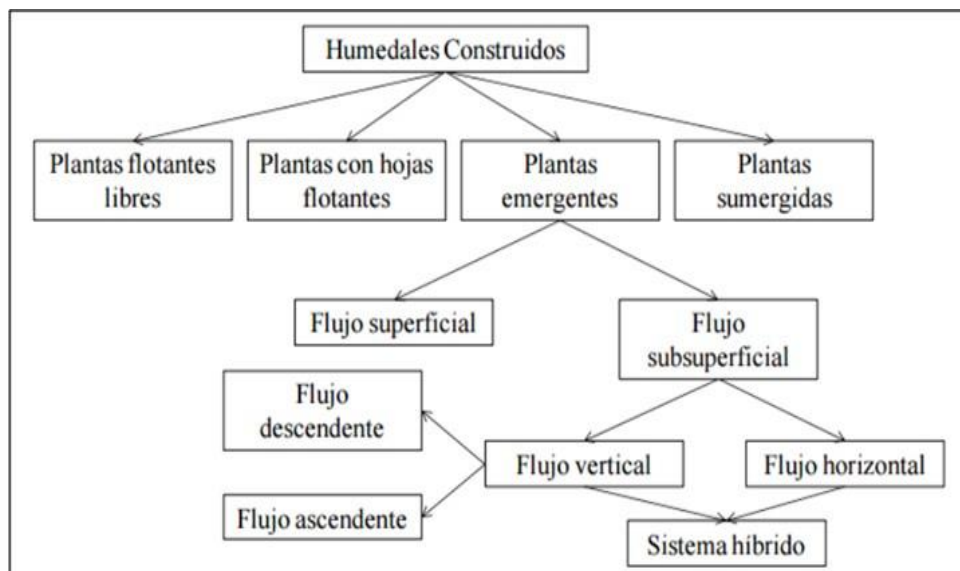
En esta clasificación encontramos un sinfín de variedades de humedales, el cual su comportamiento son basados en sus mismos principios biológicos, pero se diferencian de acuerdo al flujo. Entre la

variedad de humedales encontramos: los humedales construidos con plantas flotantes:

- Humedales que por su relación con la vegetación son construidos con agua superficial.
- Humedales diseñados de flujo subsuperficial horizontal.
- Humedales diseñados de flujo subsuperficial vertical

Figura 1

Clasificación de los humedales diseñados para tratar el agua residual de uso domiciliario



Nota. A demás de la clasificación se muestra una sub clasificación. Fuente: Barcelo (2008).

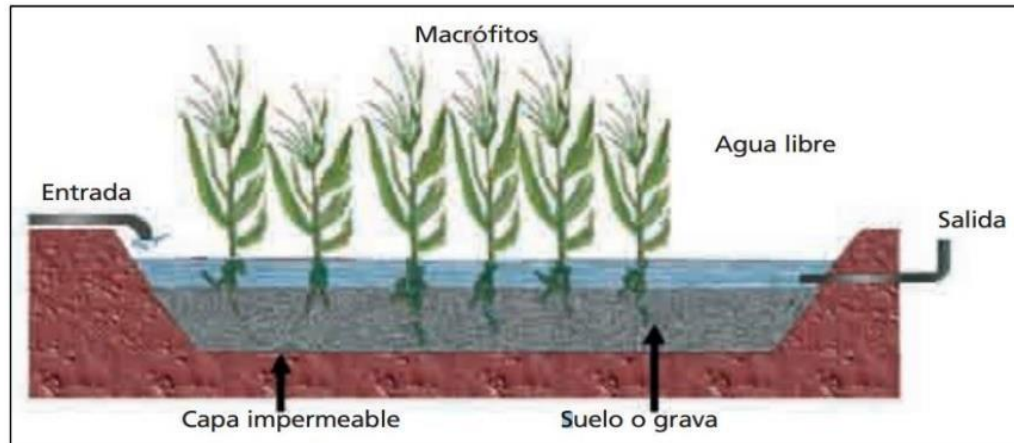
HUMEDALES ARTIFICIALES DE FLUJO SUPERFICIAL

Barceló (2008) nos menciona que, al hablar sobre el sistema de flujo superficial, podemos decir que los macrófitos se hallan totalmente zambullidos en el agua. Si nos preguntamos qué tan profundo esta la lámina de agua podemos decir que oscila entre los 0.10 y los 0.45m. Las especies de plantas que son más empleada se denominan a las *Phragmites* sp., *Typha* sp., *Scirpus* sp. o *Carex* sp. Estos sistemas no son considerados eficientes en comparación con el flujo subsuperficial, debido a que no cuentan con una base ya sea de grava o arena que

intervengan en las actividades de depurar, muy aparte que su funcionalidad se ve estropeado por la variación de los climas. De cierta forma podemos considerar como una alteración de las lagunas a través de los macrófitos enraizados

Figura 2

Gráfico genérico de los filtros plantados de flujo libre



Nota. Se aprecia el diseño del sistema del Humedal Artificial de Flujo libre. Fuente:

Barcelo (2008)

HUMEDALES DE FLUJO SUBSUPERFICIAL (FSS)

Según Barceló (2008) nos menciona que, en comparación a los otros humedales, el de flujo subsuperficial es considerado mucho mejor en diferentes aspectos, en estos sistemas el recurso hídrico transcurre por debajo del suelo por medio de poros y el cual cuenta con una base de grava o arena. Las especies de plantas son coladas en el centro con una medida de 4 unidades por m². Usualmente el componente que se coloca es la grava el cual debe contar con una medida de 2 mm a 15 mm, pero en ocasiones se suele emplear suelos que se asientan sobre su roca madre con o sin enmiendas. Se emplea la utilización de arena al momento de que el sistema se ejerza como tratamiento terciario. La biopelícula ejerce una función importante en el proceso de descontaminar, el cual su formación se basa en el medio de soporte, las raíces y los rizomas de las especies de plantas. Los diferentes sistemas están clasificados según sea la dirección al momento de que se realice

la circulación del recurso hídrico, para así poder encontrar 2 variedades de diseño: horizontalmente y verticalmente.

Humedales de flujo subsuperficial vertical (FSSV)

Barceló (2008) menciona que las tuberías que se encuentran arriba del estrato de grava o arena cumplen la función del regadío de las aguas residuales de forma alterna al humedal a través de un flujo subsuperficial vertical. Si nos preguntamos qué tan profundo puede medir un lecho, podemos decir que su medida oscila entre los 80 cm. El recurso hídrico que pasa a través de un sitio poroso comprobando un tratamiento basado en filtros y un tratamiento químico y biológico, el cual será recolectado por un medio de drenajes ubicados en la parte profunda del lecho. Si queremos saber que tan frecuente debemos de regar con el agua residual debemos realizar cálculos de tal forma que no haya restos de agua en la superficie proveniente del regadío previo.

Sperling et al. (2017) nos menciona que la manera en que se ejecutan estos filtros contribuye al ingreso de oxígeno al previo lecho filtrante, gracias al flujo pistón que es producido, debido a que el laminar del agua es proveniente del regadío, este impulsa al aire que se había adentrado en el sistema, a la par que va dejando un área vacía atrás que también será llenado con aire.

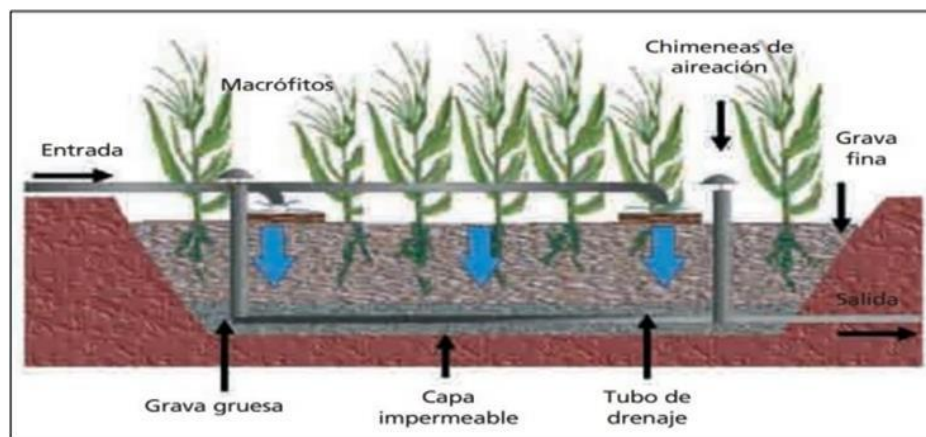
El depurador está basado en el crecimiento correcto de una biomasa aeróbica situada en terreno poroso, aquellas bacterias encargadas de eliminar la materia y nitrificarla se sitúan en la biopelícula que realizan su desarrollo en las gravas o arenas del estrato. Este sistema es considerado aeróbico con la contribución del oxígeno el cual es procedente de la convección y difusión. Para poder ejecutar de una manera adecuado estos sistemas, es esencial contar con filtros que fueron diseñados de manera paralela, el cual nos proveerá un tiempo de reposo apto a cada filtro, para poder eludir cualquier colmatación.

Barceló (2008) En estos humedales que son de flujo subsuperficial vertical, podemos decir que al momento de que circule el agua lo hacen en forma vertical y al aplicarlo este se realiza a través de pulsaciones, el

cual de esta forma no se inundan de manera definitiva. Para saber que tan profundo debería de ser, sus medidas del medio granular deben oscilar entre los 0.5 y 0.8m. Trabajan con cargas mayores a los HSS el cual varían entre los 10 y 25g DBO5/m² d, pero también son delicados a las colmataciones. La tasa de traslado de oxígeno en estos sistemas varía entre los 10 y 24 mg O₂/m², en comparación a las que sobrepasan estos sistemas HSS (2.1 y 5.7 m mg O₂/m²) el cual produce efluentes con más oxigenación.

Figura 3

Gráfico genérico referente a los filtros plantados con un flujo vertical



Nota. Se aprecia el diseño del sistema del Humedal Artificial de Flujo Vertical.

Fuente: Barcelo (2008)

Humedales de flujo subsuperficial horizontal (FSSH)

Water and Sanitation Program (2006) afirma que para poder alimentar el sistema de flujo subsuperficial horizontal con agua residual se lleva a cabo a través de un tubo con pequeños agujeros, esta agua fluye con lentitud por medio del terreno de forma horizontal y con un flujo constante, hasta poder llegar al punto de partida. Para poder ver que tan profundo es el lecho sus medidas varían entre los 0.6 m, al inicio del terreno con una medida de hasta 1m y al finalizar debe contar con una pendiente de 1%. En estos tipos de humedales, el agua pasa por medio de un terreno poroso que se encuentra situado en el subsuelo, impidiendo que el agua residual salga al aire libre, el cual esto permitirá el desarrollo de zonas anaeróbicas, aeróbicas y anóxicas en el cual en

la zona aerobia se puede hallar las raíces y rizomas de la especie y a su misma vez liberan oxigenación al sustrato.

Según las definiciones de Barceló (2008) luego de realizar todo el procedimiento pasamos a regular manualmente el nivel laminar del agua en el interior de las parcelas guiándonos de la ley de los vasos comunicantes. Al pasar el agua a través de los lechos, este se pone en comunicación con la biopelícula que han sido constituidas en las raíces de la especie y en la base del material. En comparación con los otros filtros verticales, la biopelícula presenta peculiaridades diversas según que la zona sea aeróbica, anaeróbica o anóxica. Estas peculiaridades que presentan humedad en la zona son típicas de características con limitantes de oxigenación, debido a que la vegetación no contribuye con las raíces y el suficiente oxígeno para cumplir la función de oxigenación de la carga orgánica del agua residual, es por esta razón que este sistema es considerado incapaz de realizar el procedimiento de nitrificación, pero si podemos afirmar que cumple la función de desnitrificación.

Barceló (2008) en estos humedales que son de flujo subsuperficial horizontal, podemos decir que al momento de que circule el agua lo hacen en forma horizontal por un medio granular y a través de las raíces de las especies. Para poder medir que tan profundo es, las medidas pueden oscilar entre 1.0m. También es característico por su funcionamiento correcto a pesar de encontrarse inundados, a través de un medio laminar de agua el cual sus medidas varían entre los 0.005 y 0.1m bajo la superficie. Pueden tolerar cargas orgánicas que oscilan entre los 3 y 15 g DBO₅/ m².

2.2.3 PAPIRO (CYPERUS PAPIRUS)

Kyambadde et al. (2004) nos menciona que, forman parte de la familia de Cyperaceae, la medición de su altitud puede variar entre los 0.5 a 1.5m, y para saber qué tan profundo es sus medidas oscilan entre 0.2 y 0.4m, adquieren una densidad de plantación de hasta 5 m² y son

característicos por absorber metales pesados, su reproducción de la especie de papiro es por medio de sus rizomas, el cual resultan troncos a intervalos regulares.

Por otra parte, Kyambadde et al. (2004) también nos hace referencia que son productores de semillas el cual uno de sus medios de transporte puede ser el viento. Son capaces de resistir temperaturas que varían entre 20 a 33°C y cuentan con un pH de 6 a 8.5, en una investigación realizada en el sitio de Costa Rica se evidencio una apta remoción de carga orgánica en el cual sus valores promedios para el parámetro del DBO fueron de 91% y para el parámetro del DQO su eficiencia fue del 72% y respecto a los nutrientes (fosfato, nitritos, nitratos), se evidencio una remoción con un promedio del 75% y para los SST un 73%.

Figura 4

Especie Cyperus Papyrus



Nota. Se muestra El Papiro o también conocido por su nombre científico Cyperus Papyrus. Información obtenida de Kyambadde et al. (2004).

2.2.4 OREJA DE ELEFANTE (ALOCASIA MACRORRHIZA)

Según la FAO (2003) son denominadas hojas perennes del tipo de especie herbácea, el cual pueden medir en altura hasta los 5m. Pertenecientes a la orden espadiciflorales y son de la familia Aráceas. Su crecimiento es acelerado y se adecuan fácilmente a distintas zonas de vida ya sean los climas cálidos o los suelos con poca materia orgánica.

Situado en la parte del tallo es en donde almacenan los carbohidratos transformados en almidón y las hojas son transformadas en proteína, estas características mencionadas hacen que esta especie sea muy buena en la alimentación de los cerdos de granjas y las aves. Estas especies también son acumulativas de oxalatos de calcio en pocas porciones en comparación a otras especies que realizan la misma función, es por estos motivos que se ha recomendado el uso de esta planta.

La FAO (2003) menciona que se les considera raíces ramificadas y se desligan de un tallo rizomatoso que crecen bajo el suelo, son alargados y cilíndricos el cual se dispersa horizontalmente y logran un buen crecimiento. En base a él se originan las yemas que generando nuevas plantas llamadas hijuelos.

También hace referencia la FAO (2003) a la formación del tallo aéreo el cual se da cuando la yema terminal aumenta y las hojas que ya cumplieron su ciclo de vida se desprenden de la roseta formada por el pseudotallo, este adquiere una gran cantidad de yemas y almacena almidones en la parte central, se le distingue por que es de un color amarillento o blanco. Al llegar a 1 año de crecimiento su altura puede oscilar hasta un metro, puede aumentar su altitud y diámetro hasta los 3 años de crecimiento y puede llegar a tener un peso de 15 a 25 kg.

Según la FAO (2003) hacen mención a que las hojas tienen un color característico verde luminoso, el tamaño oscila entre 1m de largo y 80cm de ancho, respecto a la nervadura central es en forma línea recta. Las hojas que recién salen son envueltas por el peciolo de la última que ya fue formada. También hacen mención a que se debe de tener cuidado si se cortan las hojas, debido a que botan un látex que puede hacer que la piel se irrite o se enrojezca, el causante de esto son los oxalatos de calcio; se realiza la formación de una hoja envolvente debido a que las flores brotan del meristemo apical. La espata forma un ducto largo en el cual al momento de cerrar se forma una garganta de color purpura y al abrirse es de color blanco matizado violeta.

Por otra parte, Castro et al. (2017), mencionan en su artículo científico, que el propósito del estudio consistió en analizar y evaluar la eficiencia depurativa de la macrófita *Alocasia macrorrhizos* (conocida como orejas de elefante) implementada en un humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal, orientado a la remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en aguas residuales destinadas al riego agrícola. Los resultados reportaron una tasa de reducción del 60,72 % en indicadores microbiológicos (coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*), así como en parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura, turbidez, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, sólidos totales, DBO₅, DQO, fosfatos) y atributos organolépticos (olor, color y sabor) del efluente tratado.

Figura 5
Alocasia Macrorrhiza



Nota. Se muestra La Oreja de elefante o también conocido por su nombre científico *Alocasia Macrorrhiza*. Información obtenida de FAO (2003)

2.2.5 BIOFILTRO O LOMBRIFILTRO

Según la Water and Sanitation Program (2006) El lombrifiltro o también considerado Sistema Toha el cual es usado para tratar aguas residuales de uso domiciliario o industriales, en donde las aguas pasan por un proceso natural de depuración. Estas ciencias aplicadas de filtraje en diferentes periodos, constituido por un biofiltro en el cual contienen

capas de filtros, humedales artificiales, lombrices rojas y microorganismos relacionados.

Coila & Kelly (2013) menciona que el creador de este sistema fue José Toha, inquisidor de la Universidad de Chile (1947). Este Sistema denominado Toha es analizado con amplitud hasta el día de hoy en la estación de Cexas, Melipilla, en donde se ha hallado la primera réplica del tratamiento de aguas residuales, en el cual su muestra base fue de 1.000 hombres, este sistema fue edificado y diseñado en los años de 1994 con el aporte económico de FONDEF. Muy aparte que aún se sigue instruyendo y corrigiendo el método hasta el día de hoy.

Rodríguez (2011) delimita al procedimiento del lombrifiltro como aquel sistema que es usado para tratar las aguas residuales empleando las lombrices rojas californianas que se denominan científicamente como *Eisenia foetida*, el cual al presentar características físicas aportan un mayor porcentaje de eficiencia para remover la materia orgánica y organismos infecciosos. Este sistema presenta una composición en lo general de 3 estratos, la primera es una base de filtro conformado por piedras, el segundo estrato es una capa de grava y en el tercer estrato se coloca aserrín o restos pequeños de madera, en el cual se colocan abundantes lombrices rojas californianas.

Kusanovic (2009) define este sistema el cual está basado en adicionar agua de uso domiciliario arriba de donde se sitúa el aserrín. En la parte superior se mantiene la materia orgánica que pasara por un proceso de degradación por medio de las lombrices el cual asimilan esta materia orgánica y lo convierten en humus que es empleado para abono orgánico.

La Lombricultura

Schuldt (2006) nos menciona que a la Lombricultura también es considerada con el nombre de vermicultura el cual es un proceso tecnológico que se mantuvo en incognito por mucho tiempo, hasta hace poco que en Estados Unidos aproximadamente en la década de los años 40 se comenzó a realizar estudios sobre este sistema, para más

adelante extenderse por Europa y concluir en todo el planeta; la aplicación de normatividades de técnicas de productividad empleando las lombrices rojas para degradar restos orgánicos y transformarlas en humus o abono orgánico.

Schuldt (2006) nos menciona que su acción primordial al formar el suelo, es fertilizarlo y airearlo, el cual nos da la posibilidad de adquirir materia orgánica permanente en un lapso corto de periodo para usarlo posteriormente para la agricultura. El abono orgánico o humus producto de la descomposición de las lombrices es 5 veces mejor en N, P, K y Ca.

Somarriba & Guzmán (2004) mencionan el tratamiento basado en la lombricultura el cual tiene una perspectiva eco-amigable debido al reaprovechamiento que se ejecuta con los distintos sustratos aplicados en la ingestión de residuos orgánicos, desperdicios industriales; también cuenta con una perspectiva tecnológica de los diferentes fenómenos microbiológicos y bioquímicos que acontecen el transcurso de descomposición de los alimentos de las lombrices que parten de residuos orgánicos; es importante recalcar que proporcionan una respuesta sencilla racional y económicamente factible a la problemática ambiental.

2.2.6 EISENA FOETIDA O LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA

De acuerdo a Somarriba & Guzmán (2004) en el reino animal es considerada como un anélido de tierra, clasificada en Oligoquetos, su ambiente natural para que esta lombriz sobreviva son los lugares húmedos sin la entrada de luz. Este anélido es considerado hermafrodita insuficiente debido a que tiene ambos sexos, pero necesita aparearse para poder multiplicarse.

AGROFLOR (1993) nos menciona que esta lombriz roja es considerada particularmente prolifera, es muy laboriosa, tiene un gran aguante al estrés, son astutas, quizás únicas en su especie y han obtenido hacer trabajos en densidades de 50 000 a 60 000 lombrices/m², número que hasta ahora otros tipos de especies de lombrices no han conseguido resistir.

Somarriba & Guzmán (2004) indica que su masa corporal de estas lombrices en la mayoría está compuesta por agua, ya que simboliza el 80% a 90 % de agua se su peso total, dispone de una estructura biológicamente sencilla. Sus colores corporales se encuentran entre el rosado, negro, marrón y rojo, estas tonalidades diferentes de colores son ocasionado por los pigmentos protoporfirina y éster metílico, el cual le ayuda a salvaguardarse de la radiación UV. Su tiempo de vida de una lombriz oscila entre los 15 años si se le mantiene cautiva, llegan al punto de la madurez en 7 a 9 meses, y su tamaño varía entre los 10 cm de largo, con un peso promedio de 0,24 a 1.4 gramos.

AGROFLOR (1993) estos anélidos son grandes consumidores de diferentes residuos orgánicos, el cual digieren semejante a su peso, el cual solo el 80% es defecado como humus y el 20% para su soporte. Es por eso que la abundancia de materia orgánica definirá su población.

Tabla 1

Taxonomía de la Lombriz Californiana

Taxonomía	
Reino	Animal
División	Anélidos
Orden	Oligoquetos
Familia	Lombricidos
Genero	Eisenia Especie

Nota. Es una especie de lombriz de tierra, también llamada lombriz roja, que se utiliza ampliamente en el Vermicompostaje. Fuente: AGROFLOR (1993)

Somarriba & Guzmán (2004) nos dice que al clasificar los oligoquetos se encuentra un aproximado de 1800 especies agrupadas en 5 familias repartidas en todo el planeta. Esta familia tiene aproximadamente más de 22^o especies con una medida que varían entre algunos milímetros hasta más de un metro, sin embargo, normalmente el tamaño de las lombrices es de 2 a 20 cm.

Anatomía de la Lombriz Californiana

Cutícula: Lamina con una dureza resistente, pero a su vez muy delgada, sutilmente estriada, y entrecruzadas por fibras.

Epidermis: Epitelio sencillo con células glandulares el cual tienen la finalidad de elaborar mucus y materia cerosa.

Peritoneo: Es el tejido que cubre la cavidad de la lombriz

Celoma: Es la cavidad secundaria del cuerpo de la lombriz el cual enrolla el ducto por donde pasan los alimentos. También es usado si la lombriz siente que se encuentra en riesgo.

Tubo digestivo: Este conducto recorre a través de la boca hasta llegar al ano. Atrás de la boca se puede hallar la cavidad bucal y adentro de ella las células de paladar (prostomio).

Condiciones ideales y desfavorables de su hábitat

AGROFLOR (1993) nos define que estas especies de lombrices para que puedan crecer positivamente, necesitan de ciertas características en su hábitat, que pueden ser: Una temperatura optima de aproximadamente 20°C, el cual es semejante a la temperatura de su cuerpo. Si la temperatura baja o sobrepasa este valor, las lombrices corren el riesgo de morir.

AGROFLOR (1993) También nos menciona que la productividad favorable del compost o humus es debido al factor de la temperatura. Al medir la acidez (PH) el nivel óptimo debe encontrarse entre 6 a 8, si el valor se encuentra por debajo de este límite o sobrepasan los límites las lombrices mueren. Las partículas de compost cumplen la función de brindar humedad, si estas son más delgadas será mucho más fácil retener el agua, la humedad debe variar entre 70% a 80% si estos valores se ven afectados pueden causar la muerte de la lombriz.

2.2.7 EL CARBÓN ACTIVADO

Carbotecnia (2020) menciona que el carbón activado se caracteriza por una microestructura porosa, que adsorbe partículas y compuestos,

especialmente materia orgánica que se encuentran en ecosistemas acuáticos. Este material presenta una capacidad adsorbente significativa para la eliminación y remoción de contaminantes orgánicos persistentes, tales como plaguicidas, lípidos (aceites y grasas), tensioactivos sintéticos, agentes blanqueadores, así como metabolitos derivados de la descomposición algal, residuos vegetales y procesos de eutrofización asociados a la actividad biológica de organismos acuáticos; por lo tanto, presenta una gran capacidad de adsorber compuestos responsables de alteraciones organolépticas tales como sabor, olor y cromaticidad del recurso hídrico. Un volumen de 2 a 4 pies cúbicos de carbón activado es capaz de condicionar aproximadamente un millón de litros de agua, garantizando la optimización de sus características sensoriales y potabilidad.

Bubanale (2017) nos menciona que el carbón activado se caracteriza por su elevada capacidad adsorbtiva, atribuida a su microestructura porosa con alto volumen y extensa área superficial específica, además de la presencia residual de heteroátomos químicamente enlazados en su matriz carbonosa, los cuales influyen en su comportamiento de adsorción y propiedades fisicoquímicas.

Medina & Manrique (2018) mencionan que el carbón activado ha evidenciado una gran eficacia como medio adsorbente en la depuración de contaminantes específicos, a través de la interacción físico-química basada en fuerzas intermoleculares de Van der Waals, las cuales facilitan la captación y fijación de moléculas de compuestos presentes en el recurso hídrico.

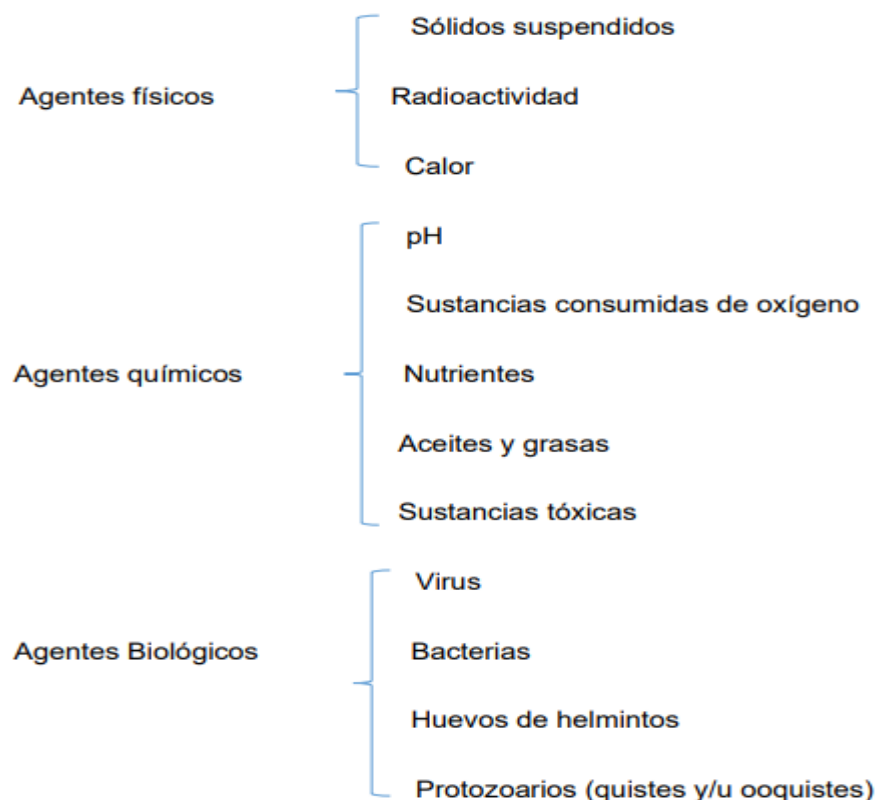
2.2.8 AGUAS RESIDUALES

Por su parte Rodier (1990) nos define que las aguas residuales contienen propiedades originales y han pasado por un proceso de modificación por intervención del hombre y debido a su calidad requieren un tratamiento previamente a ser reutilizada o vertidas a un cuerpo natural de agua o al ser descargadas a las alcantarillas.

Los efluentes residuales se clasifican en base a la naturaleza de sus contaminantes y sus respectivas fuentes de generación, presentando características determinadas debido a los agentes de origen físico, químico y microbiológico. (Arce et al., s.f).

Figura 6

Cuadro sinóptico de las características del agua residual



Nota. Las aguas residuales se clasifican en función de sus características fisicoquímicas y microbiológicas, las cuales dependen de la presencia de agentes contaminantes de naturaleza física, química y biológica. Fuente: FAO (2003)

Mefcalf & Eddy (2004) mencionan la relación entre los componentes característicos de un efluente residual sin un previo tratamiento, indicando las concentraciones asociadas a distintos parámetros, según lo expuesto en el libro: *Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento y Reutilización*, en el cual nos muestra lo siguiente:

Tabla 2*Composición típica del agua residual sin tratar*

Contaminante	Unidad	Concentración		
		Baja*	Media**	Alta***
Sólidos totales (ST)	mg/l	390	720	1230
Sólidos disueltos totales (SDT)	mg/l	270	500	860
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/l	120	210	400
Sólidos sedimentables (SS)	mg/l	5	10	20
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	110	190	350
Carbono Orgánico Total (COT)	mg/l	80	140	260
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	250	430	800
Nitrógeno (como nitrógeno total)	mg/l	20	40	70
Orgánico	mg/l	8	15	25
Amoníaco	mg/l	12	25	45
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo total	mg/l	4	7	12
Cloruros	mg/l	30	50	90
Sulfatos	mg/l	20	30	50
Grasas y aceites	mg/l	50	90	100
Coliformes totales	NMP/100 ml	10 ⁶ - 10 ⁸	10 ⁷ - 10 ⁹	10 ⁷ - 10 ¹⁰
Coliformes fecales	NMP/100 ml	10 ³ - 10 ⁵	10 ⁴ - 10 ⁶	10 ⁵ - 10 ⁸

Nota. La tabla presenta las distintas concentraciones de los parámetros

fisicoquímicos y microbiológicos. Fuente: Mefcalf & Eddy (2004)

Componentes del Agua Residuales

Según Gutiérrez & Pena (2010) nos habla que la manera independiente del punto para verter, en el agua residual es característico de estar conformada por cinco elementos: microorganismos patógenos transmitidos por nutrientes (N-P-K), agua, sedimentos, pesticidas y M.O. Los efluentes residuales que no llevaron un tratamiento previamente producen un aumento de elementos nutritivos (nitrógeno y fósforo) en

distintos cuerpos de agua que reciben y ellos al mismo tiempo, originan dificultades medioambientales entre ellas la eutrofización, reducción de oxígeno disuelto en el agua y componente tóxico en ciertos organismos vivos, entre otros.

Gutiérrez & Pena (2010) nos afirma que, entre los nutrientes más importantes de los vertimientos líquidos, el nitrógeno es el que posee más relevancia, después el fósforo y el potasio, porque son compuestos que se necesitan para que los microorganismos crezcan. Si hay falta de alguno de ellos se podría originar dificultades por no poseer suficientes nutrientes en el periodo de tratamiento secundario. Aunque ayudarían en la ausencia de oxígeno y eutrofización, producidos por el desarrollo excesivo de algas.

De acuerdo a Crites (1998) El nitrógeno es manifestado de distintas maneras y depende de ella podría presentar toxicidad y/o nutriente principal en el incremento de las especies. Las elevadas acumulaciones de nitratos (NO_3) son las que presentan toxicidad en los infantes de menos de cuatro meses, teniendo como resultado el síndrome del bebé azul (metahemoglobinemia), que dificulta el transporte de oxígeno en la sangre.

Por su parte Alarcón et al. (2018) nos afirma que el amoníaco (NH_3) es la manera de nitrógeno tóxico en la mayor parte de las especies marinas, primordialmente en los peces y representan una importante demanda de oxígeno en los seres de agua. También elevadas concentraciones de nitrógeno, el que es empleado por las especies vegetales de preferencia el nitrógeno amoniacal, que posibilita la eutrofización inicial de cuencas.

Clasificación de las Aguas Residuales

Por su parte Rodier (1990), nos define las clasificaciones teniendo en cuenta el origen de las aguas residuales, el cual nos menciona que se pueden clasificar en domésticas e industriales, cuando adicional a esto se agregan agua proveniente de filtraciones o de escurrimientos, nos referimos a las aguas residuales urbanas o también llamadas municipales.

De esta manera el agua residual de uso domiciliario es definidas como las que nacen del uso de la población, zonas comerciales e instituciones recreativas; por otra parte, las aguas residuales industriales son las que provienen de diferentes actividades productivas como la ganadería, pequeñas o grandes granjas avícolas, entre otros.

La FAO (2017) agrupó a las aguas residuales en:

a) Municipal no tratada: Es toda descarga de efluentes residuales urbanos, los cuales no han sido captados por el sistema de alcantarillado, o vertimiento de aguas residuales municipales colectadas sin someterse a un tratamiento preliminar.

b) Municipal no tratada vertida (agua secundaria): Efluente de procedencia municipal descargado en cuerpos hídricos sin someterse a procesos de depuración preliminares.

c) Municipal producida: Se refiere a todo caudal anual de descargas domésticas, comerciales e industriales, junto con el aporte de escorrentía pluvial urbana (p. ej., aguas pluviales), originado en zonas urbanizadas.

d) Municipal recolectada: Es el efluente residual de origen municipal captado a través del sistema de alcantarillado sanitario u otras infraestructuras formales de colecta.

e) Municipal tratada vertida (agua secundaria): Caudal anual de efluentes residuales sometidos a tratamiento primario, secundario y terciario, generados en las plantas de depuración de aguas municipales a nivel nacional.

Espigares & Pérez (1985) mencionan que en el concepto de efluentes residuales puede incluir aguas con distintos orígenes:

a) Domésticas o aguas negras: Se generan debido a la combinación con excretas humanas (heces y orina), actividades de higiene personal, preparación de alimentos y labores de saneamiento doméstico. Presentan altas concentraciones de materia orgánica y carga microbiológica, además de residuos de tensioactivos, agentes limpiadores, compuestos clorados y lípidos.

b) Blancas: Se caracterizan por ser de procedencia atmosférica (nival, pluvial o criogénica), derivadas de precipitaciones de carácter natural.

c) Industriales: El origen de estos efluentes hídricos es proveniente de operaciones industriales causadas por el hombre, las cuales incorporan contaminantes de naturaleza química, vegetal o animal. La composición fisicoquímica de este tipo de vertido residual presenta variabilidad en función del proceso productivo ejecutado por la industria.

d) Agrícolas: Estos caudales hídricos suelen derivarse de efluentes urbanos, los cuales son reutilizados en actividades de irrigación agrícola, con o sin procesos de acondicionamiento previo.

El OEFA (2014) clasificó a las aguas residuales en tres grupos:

a) Domésticas: Llamadas así a los efluentes residuales de procedencia doméstica y comercial, generadas por actividades antrópicas, cuya composición incluye, en ciertos casos, excretas de naturaleza fisiológica.

b) Industriales: Son el resultado de operaciones de carácter industrial como: actividad minera, agrícola, agroindustrial, etc.

c) Municipales: Se encuentran mezcladas con caudales hídricos las cuales tienen una procedencia pluvial o industrial (sometidos a un previo tratamiento), o con ambas combinaciones.

En mi investigación, se ha adoptado la clasificación de aguas residuales establecidas por el OEFA, con la finalidad de categorizar el recurso hídrico procedente del matadero avícola y determinar la normativa aplicable para contrastar los parámetros de dichas descargas residuales.

Características de las aguas residuales de industria avícola

Cámara & Hernández (2007) menciona que el conocimiento de las características de los efluentes hídricos es de suma relevancia, fundamentalmente para determinar la magnitud del impacto ambiental en las fuentes receptoras y para definir un tratamiento que garantice la conformidad de los parámetros de calidad del agua con los estándares requeridos para su disposición final.

Korsak (2012) menciona que el efluente residual se caracteriza en función de su composición fisicoquímica y microbiológica. Las descargas generadas durante el proceso de matanza en las industrias avícolas se distinguen particularmente por presentar elevados contenidos de sólidos suspendidos, grasas y aceites (características físicas), así como por la presencia de contaminantes de naturaleza orgánica e inorgánica (características químicas). Para el diseño y aplicación de un tratamiento adecuado de estos efluentes, es indispensable analizar exhaustivamente las características que presentan este tipo de efluentes, según su composición.

Aranda & Jorge (2018) define que los efluentes hídricos residuales generados a lo largo de la cadena productiva avícola, se originan a partir de 2 fases, que son: la fase de crianza en granja, donde el recurso hídrico empleado para el lavado y desinfección de galpones y canales arrastra residuos compuestos, en su mayoría de gallinaza y pollinaza, luego en la fase de faenado, en la mayoría de los procesos implicados en el beneficio del animal, el recurso hídrico es contaminado con restos de sangre, tejidos, grasa y algunos detergentes utilizados en las labores de limpieza de las instalaciones, generando descargas con compuestos de naturaleza tanto orgánica como inorgánica.

2.2.9 CONTAMINACIÓN DE AGUAS

Se conceptualiza como la alteración del recurso hídrico por la integración de agentes tóxicos y vertimientos de fluidos ajenos al cuerpo de agua (río, mar, cuenca, laguna, entre otros), el cual genera una degradación cualitativa que compromete su aptitud para usos específicos. (MINAM, 2016).

Según ANA (s.f.), la contaminación hídrica es la alteración de los indicadores (fisicoquímico y microbiológico), lo que conlleva a que esta sea apta o no para su utilización, teniendo un origen natural o antropogénico.

En los últimos años, los cuerpos de agua naturales han funcionado como receptores de efluentes residuales generados por distintas actividades antrópicas, estos efluentes resultan perjudiciales y modifican

las características intrínsecas del recurso hídrico. Consecuentemente, ejercen un impacto muy negativo sobre la biodiversidad acuática y, de manera concomitante, sobre los acuíferos subterráneos, comprometiendo de forma directa su calidad fisicoquímica y microbiológica. (Hernández, 2018).

Espigares & Pérez (s.f.), nos menciona que las características de las aguas residuales son las siguientes:

Malos olores y sabores: Se originan a partir de la variedad de sustancias presentes en el medio, recalcando a los productos de descomposición derivados de un proceso de degradación anaeróbica, donde la materia orgánica atraviesa por un proceso de degradación y libera metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y óxido nitroso (N_2O). De igual manera, las causas naturales de emisión de olores se producen por la proliferación de microorganismos, procesos de descomposición y flora acuática.

Acción tóxica: Es el impacto adverso que recibe la los seres vivos, la flora y la fauna las cuales habitan en el medio acuático, el cual es propiciado por los residuos que llegan y con el tiempo se van concentrando en mayor cantidad, intensificando el grado de perturbación ecosistémica. De igual forma, otro impacto recurrente es la utilización de efluentes sin tratamiento previo en actividades de riego agrícola, lo que representa un riesgo sanitario crítico, debido a que los agentes contaminantes se transfieren de forma directa al ser humano, generando el desarrollo de enfermedades por microorganismos. En síntesis, los residuos vertidos en el cuerpo de agua no generan toxicidad inmediata; su biodegradación necesita una demanda elevada de oxígeno, por lo que la presencia de este elemento en un ecosistema constituye un factor determinante en el desarrollo o no de los microorganismos.

Vehículo de infección: Los efluentes residuales intervienen de forma directa o indirecta en la propagación de enfermedades; por ejemplo, con algunos animales marinos como los moluscos o peces actúan como parte de la cadena epidemiológica. Asimismo, estos efluentes contribuyen de manera directa o indirectamente en la mortalidad de los peces y mariscos en cualquier ecosistema acuático.

Acción sobre el entorno: Una repercusión que normalmente es subestimada corresponde al tema psicosocial, la cual, al ser analizada en profundidad, evidencia una incidencia significativa a aquellas personas que dependen de un ecosistema natural; es decir, del sector turístico. La afluencia de visitantes experimentaría una disminución progresiva, generando un detrimento económico. De igual forma, los efluentes residuales alteran el medio en el que se desenvuelve el hombre, perturbando la armonía paisajística, transformándolo en un espacio ambientalmente degradado e inhóspito.

Polución térmica: Para que los organismos vivos desarrollen sus funciones fisiológicas esenciales, resulta indispensable que el medio en el que se desarrollan mantenga condiciones ambientales idóneas, entre las cuales la temperatura constituye un indicador crítico para la homeostasis del ecosistema. Las descargas residuales contienen aguas provenientes de procesos termoindustriales, por consecuencia, provoca un incremento térmico en la masa hídrica, alterando la estructura y dinámica biológica. Este fenómeno induce la eliminación de especies estenotermas y favorece la proliferación de especies estenotérmicas y euritérmicas, modificando la composición ecológica original.

Eutrofización: Esta problemática se manifiesta de forma natural o antropogénica, originándose por altas concentraciones de efluentes enriquecidos en fósforo y nitrógeno, estos se encuentran presentes en excretas, detergentes y escorrentías agrícolas cargadas de fertilizantes. Tales compuestos generan el crecimiento desmesurado de microflora, que modifica los caracteres organolépticos y complica el proceso de tratamiento de dichas aguas.

Impacto sobre las aguas subterráneas: Esta problemática es complicada de detectar y casi imposible de remediar cuando se ha determinado que la contaminación lleva un periodo prolongado. La causa principal es la infiltración de los residuos líquidos o sólidos, derivados de actividades antrópicas, cuyos atributos fisicoquímicos facilitan su migración e incorporación a los horizontes subsuperficiales del suelo.

2.2.10 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Se expresa como un conjunto de actividades y procesos, donde las actividades recurrentes están orientadas al tratamiento de los efluentes residuales hasta obtener un nivel óptimo que permita cumplir los parámetros normativos establecidos para su disposición final o su aprovechamiento a través de la reutilización (MINAM, 2009).

Los efluentes residuales tratados constituyen una acción prioritaria para prevenir la contaminación ambiental, preservar el recurso hídrico, y salvaguardar la salud pública. Resulta imprescindible realizar un análisis que determine el nivel óptimo del tratamiento a aplicar, así como establecer la disponibilidad presupuestaria, con el fin de seleccionar la tecnología de depuración más adecuada y costo-eficiente.

El objetivo de estos procesos es que, mediante el manejo de estas aguas residuales, se obtenga un efluente apto para la reutilización o uno que pueda ser vertido en cuerpos hídricos receptores de manera que se asegure que no ocasionara alteraciones significativas al medio ambiente. El objetivo específico es reducir la carga microbiológica patógena a niveles compatibles con estándares de bioseguridad, minimizando el riesgo ante eventuales exposiciones directas o indirectas. (Reynolds, 2002).

La finalidad de este tratamiento es disminuir la remoción de contaminantes, que puedan evidenciarse en forma de partículas en suspensión o partículas disueltas, con el propósito de obtener efluentes residuales que tengan una calidad adecuada para su vertimiento en los cuerpos de aguas naturales, garantizando el cumplimiento de la normativa vigente o su reutilización en condiciones seguras. Este objetivo se alcanzará mediante la implementación de procesos químicos o biológicos y operaciones físicas, cabe mencionar que la elección de estos procesos u operaciones se da dependiendo al tipo de agua residual y de su calidad (Pérez, 2013).

2.2.11 MARCO LEGAL

NORMA TÉCNICA PERUANA 214.060 (2016) Aguas Residuales

Esta Norma Técnica Peruana define el protocolo metodológico de muestreo para parámetros considerados en la evaluación de la calidad de los efluentes residuales no domésticos, destinados a su descarga en el sistema de alcantarillado sanitario.

LEY N° 29338, LEY DE RECURSOS HÍDRICOS

Artículo 82°.- Reutilización de agua residual: La Autoridad Nacional, autoriza el reusó del agua residual tratada, con opinión del Consejo de Cuenca; El titular de una licencia de uso de agua está facultado para reutilizar el agua residual que genere siempre que se trate de los mismos fines para los cuales fue otorgada la licencia. Para actividades distintas, se requiere autorización.

D. S. N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias (2017).

Determina los ECA para cuerpos de agua superficial, del cual son destinadas a 4 usos:

- Poblacional y recreacional (categoría 1)
- Actividades marino costeras (categoría 2)
- Riego de vegetales y bebidas de animales (categoría 3)
- Conservación del ambiente acuático (categoría 4)

Mi investigación se fundamnetada en los Estándares de Calidad de Agua de categoría N° 3, dado que la muestra de efluente industrial está destinada a actividades de riego agrícola y cultivo vegetal.

Tabla 3

Estándares de Calidad Ambiental para Agua. Categoría 3: riego de vegetales y bebidas de animales (Agua para riego no restringido).

Parámetro	Unidad	Valor
Coliformes termo tolerantes	NMP/100 ml	2000
A&G	mg/l	5
DBO5	mg/l	15
DQO	mg/l	40
Nitritos	mg/l	100
Nitratos	mg/l	100
pH	mg/l	6.8- 8.5
Temperatura	°C	Δ3

Nota. Se presentan los parámetros seleccionados y analizados conforme a los requerimientos metodológicos del estudio. Fuente: D.S.004-2017-MINAM

D.S. N° 001-2010-AG, REGLAMENTO DE LA LEY DE RECURSOS HÍDRICOS

A través del título V y los artículos correspondientes, se menciona lo siguiente:

TÍTULO V; Capítulo VII: Reúso de Aguas Residuales Tratadas:

Artículo 148°.- Autorizaciones de reúso de aguas residuales tratadas: Podrá autorizarse el reúso de aguas residuales únicamente cuando se cumplan con todas las condiciones que se detallan a continuación:

Sean sometidos a los tratamientos previos y que cumplan con los

parámetros de calidad establecidos para los usos sectoriales.

a) Cuento con la certificación ambiental otorgada por la autoridad ambiental sectorial competente, que considere específicamente la evaluación ambiental de reúso de las aguas.

b) En ningún caso se autorizará cuando ponga en peligro la salud.

Artículo 149º.- Autorizaciones Procedimiento para el otorgamiento de autorizaciones de reúso de aguas residuales tratadas.

149.1. La Autoridad Nacional del Agua establece los requisitos y aprueba el procedimiento para el otorgamiento de autorizaciones de reúso.

149.2. El titular de un derecho de uso de agua está facultado para reutilizar el agua residual que genere siempre que se trate de los mismos fines para los cuales fue otorgado su derecho. Para actividades distintas requiere autorización.

149.3. Se podrá autorizar el reúso de aguas residuales tratadas a una persona distinta al titular del sistema de tratamiento, para este caso el solicitante presentará la conformidad de interconexión de la infraestructura para el reúso otorgado por el citado titular, además de los requisitos.

Artículo 150º.- Criterios para evaluar la calidad del agua para reúso: Las solicitudes de autorización de reúso de aguas residuales tratadas serán evaluadas tomándose en cuenta los valores que establezca el sector correspondiente a la actividad a la cual se destinará el reúso del agua o, en su defecto, las guías correspondientes de la Organización Mundial de la Salud.

Marco Institucional sobre tratamiento de Aguas Residuales

En el Perú, la gestión de las descargas y reúso de aguas residuales de las actividades poblacionales y productivas está sectorizada, se tiene a los Ministerios de Energía y Minas, Producción, Vivienda Construcción y Saneamiento y Agricultura a través de sus Direcciones Generales de

Medio Ambiente. Sin embargo, cuando las aguas residuales generadas de los derechos de uso de agua, requieren ser dispuestas a un cuerpo natural de agua ó reusar ya sea con fines agrícolas ó otros fines, se requiere autorización, la cual se otorga bajo el cumplimiento de lo establecido en la Ley No 29338 – Ley de Recursos Hídricos y la Autoridad competente es la Autoridad Nacional del Agua. Asimismo, es preciso indicar que cuando el reúso es para fines agrícolas se requiere opinión de la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud.

Para verificar el cumplimiento de los Instrumentos Ambientales otorgados y que involucra el control de la calidad del agua residual a reusar, cada Dirección General de Medio Ambiente es responsable de la fiscalización.

Es importante destacar la jerarquía a tomar en cuenta durante la gestión de las descargas y reúsos de aguas residuales en el Perú:

- Congreso de la República: Instrumentos para legislar en armonía con el Poder Ejecutivo.
- Poder Ejecutivo: Vigilancia, control y fiscalización de actividades correspondiente a sectores del Estado. Validación de instrumentos.
- Gobierno Regional: Participación de los intereses regionales en armonía con los Poderes Ejecutivo y Legislativo.
- Gobierno Local: Promoción del desarrollo local y armonización de las intervenciones con los niveles nacional y regional. Temas operativos.
- Organizaciones de la Sociedad Civil: Actor preponderante para la definición de acciones y el desarrollo de los programas de adecuación y manejo de las aguas residuales.

El siguiente cuadro resume el marco institucional vinculado a la gestión de las descargas y reúso de las aguas residuales en el Perú, según criterios de alcance e intervención:

Tabla 4

Marco institucional vinculado a la gestión de las descargas y reúso de las aguas residuales en el Perú.

Institución/ Organismo	Dependencia	Alcance	Función	Responsabilidad	Actor
Ministerio del Ambiente	OEFA	Transectorial	1,2,3,4	Autoridad Ambiental	Estado
Ministerio de Agricultura	ANA	Transectorial	1,2,3,4,5	Autoridad Nacional del Agua	
	DGAAA	Sectorial		Autoridad Sectorial	
Ministerio de Salud	DIGESA	Transectorial	1,2,3,4,5	Autoridad de Salud	
Ministerio de Energía y Minas	DGM		1,3		
	DGAAM	Sectorial	1,3	Autoridad Sectorial	
	DGH		1,3		
Ministerio de la Producción	DGAAl	Sectorial	1,2,3	Autoridad Sectorial	
	DGAAP		1,2,3		
Congreso de la Republica		Transectorial	1,4,5	Poder Legislativo	
Gobierno Local			1,2,3		Sociedad Civil
Gobierno Regional			1,2,3	Participación ciudadana	
Sociedad Civil			---		
ONGs			---		
Defensoría del Pueblo		Transectorial		Fiscalizador	---
Inversiones Mineras			---		Inversión Privada
Inversiones Industriales			---	---	
Cooperación Técnica y/o Fin. Internacional			---	Cooperante Donador	---

Nota. En la siguiente tabla se presenta los organismos encargados de fiscalizar el cumplimiento de los IGA. Fuente: (ANA) / Ministerio de Agricultura (2016)

2.2.12 PARÁMETROS A UTILIZAR

Para examinar y determinar la calidad del agua se ha considerado el D.S. N° 004-2017-MINAM, en la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales – Agua para riego restringido; si superan los parámetros de los ECA del agua, se pueden tomar acciones para reducir el impacto negativo en el ambiente y prevenir riesgos a la salud, siendo estos los parámetros físicoquímico y microbiológico.

PARAMETROS FÍSICOS - QUÍMICOS:

a) Aceites y Grasas: Corresponde a los compuestos orgánicos constituidas por ácidos grasos de origen vegetal y animal, cuya clasificación se establece en función de su procedencia.

- Las grasas de los animales que provienen de la grasa del pollo, sebo de los ovinos, grasas de cerdo.

- Aceites de origen animal, presentes en peces, mamíferos marinos, patas de vacunos, ovinos y equinos.

- Aceites de origen vegetal, constituyen el conjunto de mayor abundancia numérica. Se pueden observar los grupos de uso alimenticio y no alimenticio.

Es relevante considerar que estos aceites y grasas presentan algunas propiedades como la baja densidad, escasa o nula biodegradabilidad y limitada solubilidad en el agua (Toapanta, s.f).

Los mataderos generan volúmenes significativos de aceites y grasas, los cuales reducen la eficiencia de transporte de los efluentes residuales en la red de alcantarillado, situación que incentiva a la creación de normativas que regulen y controlen la emisión de estos parámetros a la red de alcantarillado. Asimismo, los A y G dificultan los procesos de depuración, dado que un número limitado de plantas de tratamiento dispone de la capacidad tecnológica necesaria para su separación efectiva. (Barba, 2002).

b) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Este parámetro se define por la medida de la cantidad de oxígeno que se consume a lo largo del proceso de oxidación de la materia orgánica por acción de microorganismos; en consecuencia, refleja la cantidad de materia orgánica vertida en un cuerpo de agua (Calvo & Mora, 2007).

c) Demanda Química de Oxígeno (DQO): En el contexto de contaminación del agua, la DQO constituye un análisis de laboratorio que determina químicamente la concentración de oxígeno requerida para oxidar la materia orgánica presente en una muestra de efluente residual (Isaza & Zambrano, 1998).

d) Nitratos: La contaminación de las aguas naturales por compuestos nitrogenados, es el causante de la presencia de nitratos.

Se puede hablar de dos tipos principales de fuentes de contaminación de las aguas naturales por compuestos nitrogenados: la contaminación puntual y la dispersa. El primer caso se asocia a actividades de origen industrial, ganadero o urbano (vertido de residuos industriales, de aguas residuales urbanas o de efluentes orgánicos de las explotaciones ganaderas; lixiviación de vertederos, etc.) mientras que, en el caso de la contaminación dispersa o difundida, la actividad agronómica es la causa principal.

e) Nitritos: La presencia de nitritos en el agua es indicativo de contaminación de carácter fecal recientemente (Catalán L. et al., 1971; Catalán A., 1981; Metcalf y Eddy, 1998).

f) Potencial de Hidrógeno pH: La importancia de este indicador radica en que los organismos vivos tienen sensibilidad a la concentración del ion hidrogeno, dado que las aguas con elevada alcalinidad presentan baja biodegradabilidad y resultan letales para el microbiota. Generalmente, un intervalo de pH comprendido entre 6,5 y 8,5 se considera óptimo tanto para los procesos de tratamiento de efluentes como para la preservación de la vida biológica. (Romero, 1999).

g) Temperatura: Es considerado un parámetro importante debido al efecto en las reacciones químicas y actividad bacteria, así como en la concentración de oxígeno disuelto y vida acuática de las fuentes receptoras. Por lo general, el agua de suministro presenta una temperatura más baja que las aguas residuales y está influenciado por las temperaturas y condiciones climáticas propio del lugar (Metcalf y Eddy, 1985).

C. Edwards, (1988) menciona que, las condiciones óptimas para el desarrollo de la *Eisenia Foetida* es de 15°C a 25°C.

Por otra parte, Mostacero (2011), hace mención que, la temperatura óptima para el *Cyperus Papyrus* es de 15°C a 30°C, mientras que para la *Alocasia Macrorrhiza*, también conocida como oreja de elefante la temperatura ideal oscila entre los 18°C a 29°C.

PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS:

Coliformes Termotolerantes: Denominados también coliformes fecales, siendo estos aquellos que fermentan la lactosa entre 44,5 °C a 45,5°C, más del 90% de los coliformes fecales son de *Escherichia coli*, siendo el hallazgo de la *Escherichia coli* en el agua un indicador de certeza de contaminación fecal en el agua (Solís, 2012).

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

- a) **Anaerobia:** Matcalf & Eddy (1995) define uno de los procedimientos más arcaicos el cual es la digestión anaeróbica en donde son usados para estabilizar los fangos. Aquí ocurre el proceso de putrefacción de la materia orgánica e inorgánica por falta de oxígeno molecular. La principal manera en donde aplican esto ha sido hasta el día de hoy en la estabilización de fangos concentrados industriales. Pero con el avance de la tecnología se ha encontrado que si se diluye los residuos orgánicos se puede realizar el tratamiento anaeróbico.
- b) **Aerobia:** Matcalf & Eddy (1995) nos menciona que es considerado uno de los procedimientos más remotos a la digestión anaeróbica el cual también es empleado para estabilizar los fangos. Por medio de este

proceso se da la descomposición de la materia orgánica ocasionada por la falta de oxígeno molecular.

- c) Adsorción:** Matcalf & Eddy (1995) asegura que este procedimiento de adsorción se basa en captar las sustancias solubles que se encuentran en la interface de una solución. Esta interfaz se puede encontrar entre un líquido y gaseoso, un sólido o entre dos líquidos diferentes. Podemos decir que la adsorción tiene un sitio en la interface aire-liquido en el transcurso de flotación. Al tratar las aguas residuales a través del carbón activo se define con un procesamiento de refinado de aguas debido a que ya cuentan con un tratamiento biológico.
- d) Biopelícula:** Pérez & Torres (2008) nos hablan que también se le conoce como la capa zoogeleal, este se define como un conjunto complejo de microorganismos en donde el predominante son las bacterias que no pueden producir su propio alimento. También podemos decir que la biopelícula se encuentra siempre en las parcelas que son expuestas con el agua, un ejemplo claro de esto podrían ser los ríos, lagos, entre otros. Los sistemas acuáticos son atraídos por la capa zoogeleal debido a su alta concentración de nutrientes, particularmente en las aguas residuales.
- e) Grava:** Se le llama grava a toda roca que cuenta con un tamaño que oscila entre los 2 a 64 mm. Pueden ser ocasionadas antropogenicamente de esta manera de les llamaría piedra partida o chancada (Gonzales, 2013).
- f) Efluente:** Líquido que sale de un proceso de tratamiento (Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma OS. 090, 2006).
- g) Micrófito:** Gonzales (2013) Se les denomina a estas especies a toda aquella que puede subsistir en áreas inundadas o en charcos durante su largo periodo de vida. Estas plantas consideradas biorremediadoras cumplen la función de transformar un ambiente que ha sido contaminado por factores que se desconocen y devolverlo a sus condiciones naturales.
- h) Amoníaco:** Alarcón (2018) definen así al nitrógeno tóxico que es dañino y hasta a veces mortal para diferentes especies marinas, de las cuales son representadas por unas cuantiosas demandas de oxígeno vertido en los cuerpos de agua.

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

H1: El sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (*Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza*) es eficaz para el tratamiento del agua residual industrial.

H0: El sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (*Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza*) no es eficaz para el tratamiento del agua residual industrial

2.5 VARIABLE

2.5.1 VARIABLE DE CALIBRACIÓN

Sistema biodepurador

2.5.2 VARIABLE EVALUATIVA

Tratamiento del agua

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 5

“Eficacia de un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (Cyperus papyrus y Alocasia macrorrhiza) para el tratamiento del agua residual industrial”

Variable de calibración	Indicador	Valor final	Tipo de variable
Sistema Biodepurador	- Biodepuradores	-Lombrifiltro con carbón activo -Humedal artificial con Cyperus Papyrus y Alocasia Macrorrhiza	Nominal Dicotómica
Variable evaluativa	Indicador	Unidad de medición	Tipo de variable
Tratamiento del agua	Parámetros físico-químicos		
	- pH	-	Adimensional
	- T°	-	°C
	- A&G	-	mg/l
	- DBO	-	mg/l
	- DQO	-	mg/l
	- Nitratos	-	mg/l
	- Nitritos	-	mg/l
	Parámetros biológicos		
	- Coliformes termo tolerantes	-	NMP/100 ml
			Numérica continua

Nota. Dicha tabla nos servirá para traducir las variables teóricas en indicadores observables y medibles, permitiendo un análisis empírico.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según Supo & Zacarías (2020) la intervención del investigador fue un estudio experimental, debido a que deben ser controladas por el propio investigador, este menciona que la intervención sobre las unidades de estudio, no es propósito de la investigación; sino que obedece a las necesidades terapéuticas del sujeto. Según el número de mediciones fue longitudinal, debido a que nuestra variable de estudio será medida en dos ocasiones en la etapa de inicio y en la etapa final del estudio, un pre test y un post test. Según el control de las mediciones de variable: con control, por ende, se le denominó un estudio prospectivo, debido a que yo administrare mis propias mediciones. Según el número de variables de interés es considerado analítico debido a que trabajé con dos variables en el estudio de investigación, según Josu Supo (2018) aquí se plantean y ponen a prueba hipótesis.

3.1.1 ENFOQUE

Hernández et al., (2014) la investigación fue considerado un enfoque cuantitativo, debido a que la recolección de datos con mediciones numéricas y análisis estadísticos fueron utilizados para comprobar y fundamentar la hipótesis planteada.

3.1.2 ALCANCE O NIVEL

Según Hernández et al. (2014) el estudio de investigación corresponde a un nivel aplicativo, debido a que nos brindó una solución al problema, para lograr un resultado positivo y transformar positivamente la realidad. Lo que se buscó desde un punto de vista investigativo es evaluar el éxito del tratamiento, lo cual requiere de procedimientos y herramientas.

3.1.3 DISEÑO

Hernández et al., (2014), se consideró un cuasiexperimento debido a que tiene un grupo de estudio conformado por biodepuradores que son el Lombrifiltro con carbón activo y el Humedal artificial con *Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza*, tiene intervención porque se realizó una modificación en las unidades de estudio, muy aparte que también conllevó observación ya que se vigiló constantemente el lombrifiltro y el humedal artificial.

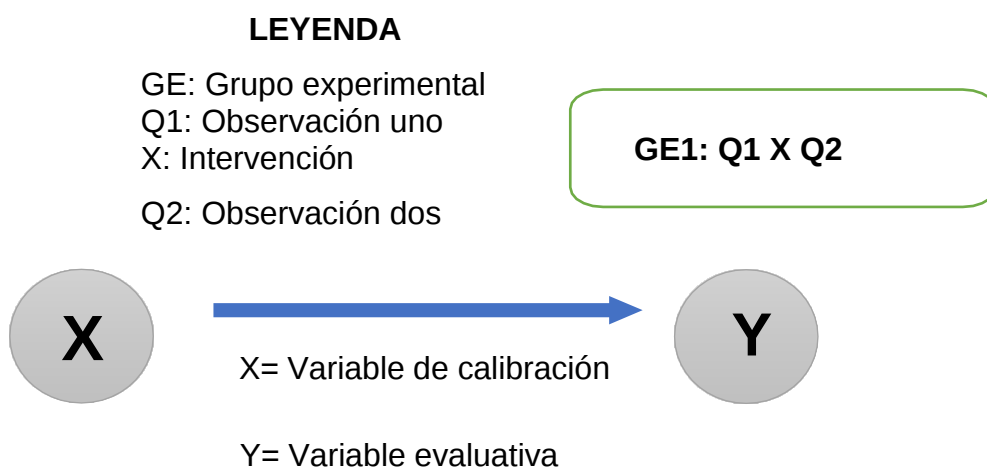
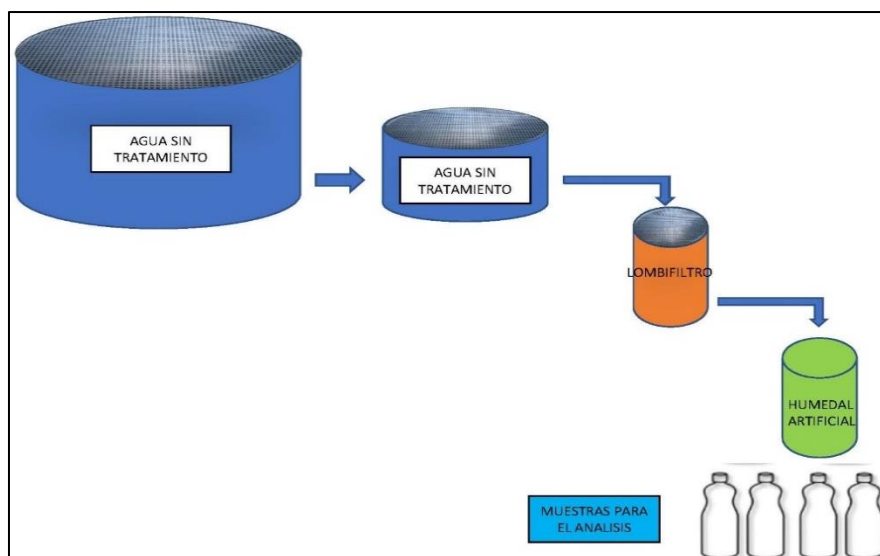


Figura 7

Diseño del Sistema de Tratamiento



Nota. Se muestra el sistema de tratamiento conformado por 2 tanques de almacenamiento, un lombrifiltro y un humedal artificial.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

La población del estudio de investigación es el agua residual industrial generado por una granja de avícola pequeña ubicada en el Departamento de San Martín, Provincia de Tocache, Distrito Nuevo Progreso, Caserillo de San Jacinto

Tabla 6

Coordenadas UTM de la ubicación del área

Descripción	Este	Norte	Altitud
Área de muestreo del suelo	364420	9033870	554m

Nota. En dicha tabla nos muestras las coordenadas UTM de la investigación.

3.2.2 MUESTRA

Quinchel (2005) nos menciona que el caudal óptimo para que las lombrices puedan sobrevivir corresponde a 1m³/m²/día, al sobrepasar estos límites se corre el riesgo de que las lombrices puedan morir por asfixia; es por eso que usé 15L por día para mi sistema de tratamiento del agua residual y se consideró aproximadamente 3L para las muestras de agua para cada afluente y efluente, teniendo un total de 36 muestras tomadas en aproximadamente 2 meses, sin contar las parámetros in situ debido a que estas serán tomadas en campo. Este sistema de tratamiento estuvo ubicado en el Departamento de San Martín, Provincia de Tocache, Distrito Nuevo Progreso, Caserillo de San Jacinto, cabe recalcar que el agua tratada fue destinada para el análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos.

3.3 TECNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1 PARA LA RECOLECCION DE DATOS

Para la recolección de datos de este estudio se tiene como referencia al proceso en la obtención de información de manera experimental.

Dicho estudio empleó técnicas de observación y un análisis en el contenido. La cual, mediante el uso y la revisión de recursos, datos y recopilación de datos, la alteración o manipulación de las características de dichas técnicas tuvieron como propósito ayudar a recolectar la información necesaria para el inicio de la investigación. Para esta recolección de datos tomamos como referencia R.J. N°010-2016-ANA

De la misa forma para poder corroborar los datos obtenidos de la recolección, se empleó los siguientes instrumentos:

- Identificación de puntos de monitoreo
- Toma de muestras y preparación de los materiales
- Rotulados
- Ficha de muestreo
- Cadena de custodia

Tabla 7*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

Variable	Indicador	Técnica	Instrumento
Tratamiento del agua	Parámetros físico-químicos	Técnica de observación	
	- pH		- Tiras de peachimetro
	- T°		- Termómetro
	- A&G		- Desecadores de
	- DBO		vacío
	- DQO		- Espectrofotómetro
			- Fotómetros
	- Nitratos		multiparamétricos
	- Nitritos		- Espectrofotómetro
			- Espectrofotómetro automatizado
	Parámetros microbiológicos	Técnica de observación	
	- Coliformes termo tolerantes		- Inoculación en caldo EC.

Nota. En la tabla se presenta las técnicas e instrumentos que se usaron para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

PROTOCOLO DE EJECUCIÓN

Para la toma de muestras en la recolección de datos, primero se recurrió a la técnica del análisis de contenido, con el cual se consideró como referencia los protocolos de monitoreo a seguir para la recolección de las muestras del agua proveniente de una actividad avícola; luego se empleó la técnica de observación en campo y se tuvo como instrumento de campo la ficha de muestreo y la cadena de custodia, las cuales fueron primordiales para la toma de muestras de agua.

La recolección de datos se realizó por un periodo de dos meses aproximadamente, la primera muestra se realizó después de 15 días debido a que las lombrices y las plantas tenían que aclimatarse al agua

residual, posteriormente las siguientes tomas de muestra de agua se realizaron uno por cada semana.

Para la recolección de muestras pre test:

La toma de muestra se realizó a las 6:003 am, las muestras fueron sacadas del afluente de la avícola.

Estas muestras se realizaron con las indumentarias adecuadas, las cuales son: guantes de látex, zapatos de seguridad y una bata de laboratorio, estas muestras fueron recolectadas en un tipo de recipiente de envases de vidrio y plástico con un volumen de muestra de aproximadamente 3L en total de acuerdo a los parámetros que se desea evaluar.

Para la realización del monitoreo de agua, se tuvo como referencia la R.J. N° 010-2016-ANA en el cual nos mencionó que: los parámetros in situ se toma un volumen adecuado en un balde limpio, para el parámetro de DBO se usó un recipiente de plástico el cual se procedió a llenar en su totalidad el frasco evitando la formación de burbujas, para el DQO también se usó un recipiente de plástico, el cual se dejó un espacio del volumen total del recipiente para poder echar el preservante H₂SO₄; para Aceites y Grasas se usó un recipiente de vidrio de boca ancha la cual fue llenada dejando un espacio del volumen total del envase para poder colocar el preservante H₂SO₄, Nitrito y Nitrato se usó un recipiente de plástico y se dejó un espacio del 1% de la capacidad del envase para colocar el preservante H₂SO₄ y para los Coliformes Termotolerantes se usó un envase de vidrio estéril el cual se dejó un espacio para aireación y mezcla de 1/3 de frasco de muestreo.

Etiquetado y transporte de muestra pre test:

Luego se procedió al etiquetado y rotulado de los recipientes las cuales contienen el nombre del producto, punto de muestreo, fecha, hora, responsable y observaciones.

Ficha de muestreo: Aquí se realizó la ficha técnica en el que se detalló toda la información relativa al proceso de muestreo y el trabajo

de campo en el cual se desarrolló el muestreo del pretest, dentro de esta ficha se incluyó los datos personales y los datos del punto de muestreo.

Cadena de Custodia: Este documento el cual es fundamental en el monitoreo de la calidad del agua el cual permite garantizar las condiciones de identidad, registro, seguimiento y control de los resultados de análisis de laboratorio, el cual contiene:

- Datos personales
- Código de laboratorio y de campo
- Parámetros físicos, químicos y biológicos
- El nombre de la empresa y el responsable del muestreo
- Las observaciones realizadas por el laboratorio

Después se procedió a colocarlo en un cooler con ice pack para poder preservar a temperaturas adecuadas las muestras de agua, aislándolas del medio ambiente para que no se puedan contaminar dichas muestras y posteriormente llevadas al laboratorio para su respectivo análisis.

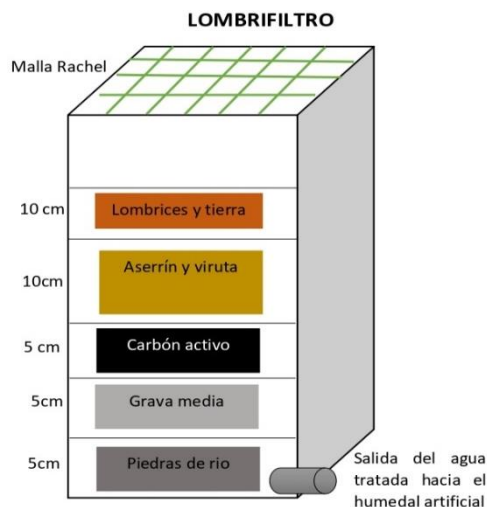
a) Dimensionamiento de los sistemas

Dimensionamiento del lombrifiltro

Para las dimensiones del lombrifiltro se tomó como referencia la metodología de Lara & Ruchi (2022) en el que consideró un ancho de 25cm, largo 45cm, altura total 30cm; adicional a esto se añadió 5cm más de altura para el estrato del carbón activo y así obtener una mayor eficacia en el sistema de tratamiento, como se muestra en la figura 11.

Figura 8

Diseño del lombrifiltro con carbón activo



Nota. La figura presenta la estratificación que conformará el lombrifiltro, así como las dimensiones correspondientes de cada capa.

Tabla 8

Dimensiones del lombrifiltro

Dimensiones	Medidas	Unidad
Ancho	25	cm
Largo	45	cm
Altura total	40	cm
Altura de seguridad	5	cm
Altura útil	35	cm
Área útil	0.575	m2

Nota. Aquí se muestra las dimensiones, las medidas y su unidad de medida del lombrifiltro.

Se diseñó este sistema de tratamiento piloto basado en los diseños de criterio más representativos: el caudal, la tasa de riego y tiempo de retención hidráulica. Cabe mencionar que para la tasa de riego Lara & Ruchi (2022) recomendaron un tiempo de retención hidráulico TRH (h) de 2 horas y 6 horas, por lo que para mi sistema se decidió optar por un

TRH de 6h, y para la porosidad se estima que varía entre 60 y 74% (Bravo, 2019).

Hallando el caudal

$$TRH = \frac{P \cdot Vs}{Q} \text{ Hrs}$$

Donde:

P: 0.67 67% porosidad del medio

Vs: 0.005625 volumen de tierra donde se encuentran las lombrices

Q: m³/h caudal del afluyente que atraviesa el biofiltro

TRH: Tiempo de retención hidráulica

Despejamos el caudal:

$$Q = \frac{P \cdot Vs}{TRH} \text{ M3/H}$$

$$Q = \frac{0.67 \times 0.005625}{6} \text{ M3/H}$$

$$Q = 0.0006281 \text{ M3/H} = 15.04 \text{ L/DIA}$$

Hallando la taza de riego

$$Tr = \frac{Q}{A} \leq 1 \frac{M3}{M2 \cdot DIA}$$

Donde:

Q: m³/día

A: m² área útil del lombrifiltro

Tr: m³/m²*día

$$Tr = \frac{0.015075}{0.575} = 0.0262174 \text{ M3/M2*DIA}$$

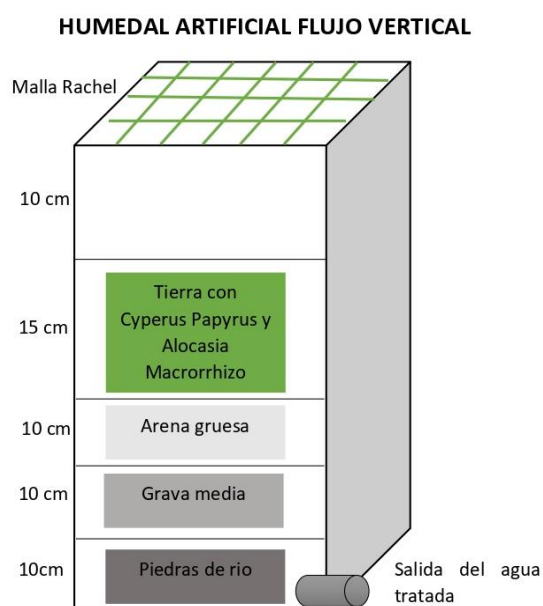
$$Tr = 0.02622 \leq 1 \frac{M3}{M2 \cdot DIA}$$

Dimensionamiento del Humedal artificial de flujo vertical

Para las dimensiones del Humedal artificial se tomó como referencia la metodología de Quispe (2018) en el que su ancho es de 37 cm y largo de 73 cm como se muestra en la figura 12.

Figura 9

Diseño del Humedal Artificial de Flujo Vertical



Nota. La figura presenta la estratificación que conformará el humedal artificial, así como las dimensiones correspondientes de cada capa.

Tabla 9

Dimensiones del Humedal Artificial de Flujo Vertical

Dimensiones	Medidas	Unidad
Ancho	37	cm
Largo	73	cm
Altura total	55	cm
Altura de seguridad	10	cm
Altura útil	45	cm

Nota. Aquí se muestra las dimensiones, las medidas y su unidad de medida del humedal artificial.

Se diseñó este sistema de tratamiento piloto basado en los diseños de criterio más representativos.

Por otra parte, para poder calcular el porcentaje de remoción de los diferentes parámetros del sistema de tratamiento se usó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Remoción} = \frac{Ca - Ce}{Ca} \times 100$$

Donde:

Ca: Concentración afluente

Ce: Concentración efluente

Tabla 10

Dimensionamiento del Humedal Artificial de Flujo Vertical

DATOS DE ENTRADA	FÓRMULA	VALOR	UND
Caudal		0.015075	m3/d
DBO AFLUENTE		350	mg/l
DBO EFLUENTE		15	mg/l
VEGETACION		Cyperus papyrus y Alocasia macrorrhiza	
PROFUNDIDAD		0.4	m
POROSIDAD		0.36	m
TEMPERATURA MEDIA DE AR		21	°C
TEMPERATURA MINIMA DE AR		18	°C
DIMENSIONAMIENTO BIOLÓGICO			
K ₂₁	$K_T = 1.104d^{-1} \times 1.06^{T-20}$	1.170	d ⁻¹
Área superficial del humedal (A _s)	$A_S = \frac{Q * (\ln C_o - \ln C_e)}{K_T * y * n}$	0.28	m2
DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO			
Tiempo de retención hidráulico (TRH)	$TRH = \frac{A_s * y * n}{Q}$	2.69	Días

Nota. Se muestra el dimensionamiento del humedal artificial, las fórmulas, el resultado y las unidades de medida.

b) Construcción de los sistemas

Se procedió a buscar un lugar específico el cual se encuentre cerca del galpón donde se realizó la matanza y limpieza de las aves y se encuentre relativamente cerca del riachuelo en donde se desemboca el agua residual industrial; esta área contó con 50 m² en el cual se realizó la limpieza para poder instalar los lombrifiltros y el humedal artificial.

Tanque primario y secundario de almacenamiento de agua sin tratar:

El primer contenedor tuvo una capacidad de 150 L que sirvió como sedimentador, cabe recalcar que este tanque contiene una malla rachel en la tapa para minimizar la entrada de restos como: plumas, sangre, heces, entre otros, el cual a través de una manguera por medio de la gravedad el agua residual fue transportado al segundo contenedor.

El segundo contenedor tuvo una capacidad de 20 L que también contiene una malla rachel con la finalidad de que los residuos que no se retuvieron en el primer tanque, en este si se pueda cumplir esa finalidad.

Finalmente, el tanque de 20 L contó con un caño el cual regulaba el sistema de riego al caudal deseado.

Construcción del Lombrifiltro con carbón activo:

El lombrifiltro está compuesto por medios filtrantes, estratos y tuberías para el riego del agua residual industrial.

Este estuvo construido de vidrio con un grosor de 8 mm el cual sirvió para poder observar el proceso que se llevó a cabo durante el periodo del tratamiento del agua residual, su evolución y la adaptabilidad de las lombrices.

En la base del lombrifiltro se colocó una tubería PVC con pequeños huecos circulares el cual sirvió como aireación y un medio de transporte del agua, los estratos están conformados de la siguiente manera:

El 1er estrato estuvo conformado por tierra + Eisenia Foetida, para ello se tomó en cuenta la investigación del autor Salazar (2005), en el que se recomienda que la parte biológica debe contener el mayor porcentaje,

por lo tanto, se dispuso de un mayor porcentaje para la primera capa de material biológico. La cantidad de las lombrices será de 1 kilo, en el cual se mantuvo la humedad para que las lombrices puedan sobrevivir.

El 2do y 3er estrato estuvo conformado por aserrín y carbón activo en un 20%, esto debido a que los dos tienen la propiedad de mejorar la calidad del agua ya que tienen la capacidad de absorber contaminantes.

El 4to y 5to estrato estuvo conformado por una capa de grava media y piedras de río, las cuales fueron lavadas previamente para evitar cualquier tipo de contaminante externo, estas cumplen la función como medio filtrante.

Cabe mencionar que se colocó una malla rachel entre el 3er y 4to estrato con la finalidad de evitar el paso de las lombrices hacia los estratos inferiores y también se colocó la malla en la parte delantera, con la finalidad de que no influya alguna plaga, insecto o factor externo que pueda alterar el sistema.

Construcción del humedal artificial subsuperficial de flujo vertical:

Para el diseño del humedal artificial el cual se trabajó con dos especies diferentes de plantas, se construyó un tanque de vidrio con un grosor de 8 mm el cual sirvió para poder observar el proceso durante aproximadamente dos meses, su evolución y la adaptabilidad de las dos especies *Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza*, este sistema también estuvo conformado por tuberías PVC las cuales tienen la función de aireación y como medio de transporte del agua tratada hacia la desembocadura.

El 1er y 2do estrato estuvo conformado por tierra con las dos especies que son el *Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza* y una capa de arena gruesa.

El 3er y 4to estrato estuvo conformado por grava media y piedras de río.

Tabla 11*Composición del Lombrifiltro y Humedal artificial*

Sistema de Tratamiento	Estratos	Observaciones
Lombrifiltro	- 10 cm de tierra + lombrices	
	- 10 cm de aserrín y viruta	
	- 5 cm de carbón activo	
	- 5 cm de grava media	
	- 5 cm de piedras de río	
Humedal Artificial Subsuperficial de flujo vertical	- 15 cm de tierra con Cyperus Papyrus + Alocasia Macrorrhizos	Pasará un periodo de 15 días para que las lombrices y las plantas se puedan aclimatar y adaptar, posterior a este tiempo se tomara la primera muestra post test.
	- 10 cm de arena gruesa	
	- 10 cm de grava media	
	- 10 cm de piedras de río	

Nota. En la table se muestran las composiciones del lombrifiltro y el humedal artificial, en donde se detallan los componentes de cada estrato.

c) Para la recolección de muestras post test:

Una vez que el agua contaminada pasó a través del sistema de tratamiento, se recolectó el agua en un balde limpio.

Durante el muestreo se tomó en cuenta los protocolos de bioseguridad que se describen más adelante. Cabe mencionar que el matadero avícola no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Protocolo de bioseguridad

Durante la recolección del agua residual tratada en la avícola se tomaron las siguientes medidas de bioseguridad:

- ✓ Uso de guantes
- ✓ Uso de mandiles

- ✓ Zapatos de seguridad
- ✓ Uso de mascarilla protectora (de ser necesario)

Finalmente, es propio mencionar que se tomaron las mismas medidas de bioseguridad para el muestreo de agua tratada post test.

Procedimiento para realizar el muestreo final

pH y Temperatura: Según ANA (2016), estos parámetros se tomaron in situ, el cual consistió en agarrar un volumen necesario de agua tratada en un recipiente y tomar las muestras directamente.

Aceites y Grasas: Según ANA (2016) para recolectar la muestra de este análisis, se necesitó un envase de vidrio de boca ancha el cual se acidificó con H_2SO_4 y luego fue preservado en un cooler con ice pack y transportado al laboratorio,

DBO: Según la ANA (2016) para realizar el muestreo del parámetro del DBO se necesitó un recipiente de vidrio y/o plástico, el cual fue llenado hasta el tope y sin burbujas, para refrigerarlo a $4^{\circ}C$, el análisis tuvo un tiempo máximo de 48h para ser llevadas al laboratorio, posterior a este tiempo la muestra no servirá.

DQO: Según la ANA (2016) para este parámetro se usó un recipiente de plástico el cual se acidificó con H_2SO_4 , luego fue colocado en un cooler con ice pack y transportado al laboratorio.

Nitratos: ANA (2016) nos menciona que para recolectar la muestra de este análisis se usó una botella de plástico de 1L cada uno, el cual se llenó hasta el tope, posteriormente fue colocado en el cooler con ice pack y llevado al laboratorio.

Nitritos: ANA (2016) menciona que para preservar la muestra debe de ser en un recipiente de vidrio acaramelado de 1L de volumen esta se llenó hasta el tope y se selló debidamente para evitar que se contamine la muestra y luego se pasó al cooler con ice pack para preservar la muestra hasta que llegue al laboratorio.

Coliformes Termo tolerantes: ANA (2016) nos menciona que para

realizar el análisis de este parámetro se requirió un envase de vidrio de color ámbar, el cual debe ser llenado dejando un espacio para aireación y mezcla de 1/3 del frasco de muestreo.

Preservación de la muestra

ANA (2016) nos menciona que la finalidad de preservar una muestra es de retrasar los cambios químicos y biológicos que se presentan una vez que la muestra ha sido retirada de su fuente de origen, para poder preservar la muestra es esencial que se coloque en algo frío como el cooler con ice pack, en vista que los resultados cuentan con más exactitud si la muestra es transportada hasta el laboratorio en el menor tiempo posible.

Rotulado y Transporte de la muestra al laboratorio

Luego de haber llenado todos los recipientes correctamente, se procedió a rotular las muestras teniendo en cuenta el nombre del producto, punto de muestreo, fecha, hora, responsable y observaciones.

Se llenó la ficha de campo y la cadena de custodia con los datos correspondientes.

ANA (2016) nos indica que el preciso instante en el que se almacenaron las muestras se debe hacer una previa revisión de los recipientes de vidrio o plástico con el que estamos trabajando, con la finalidad de que se encuentren debidamente cerrados para eludir posibles derramamientos de la muestra. Seguidamente serán transportadas hacia el laboratorio la cual cuenta con su certificación correspondiente.

Cabe mencionar que estos pasos se repetirán para los 5 post test de las tomas de muestra, rotulado y transporte.

3.3.2 PARA LA PRESENTACION DE DATOS

La técnica que se empleó fue a través de tabulaciones de los resultados obtenidos, también se realizó la organización visual la cual está basada en la presentación de los resultados a través de tablas y gráficos, las cuales se utilizó el programa de software Excel.

3.3.3 PARA EL ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Para analizar e interpretar los resultados de las tomas de muestra se usó la técnica de exégesis, el cual fue útil para la interpretación de textos y análisis de resultados en concordancia con el propósito de la investigación.

También se usó el Software Excel office 2024 para los cuadros y barras estadísticas, de igual forma se realizó el método de T Student, con grado de significancia del 5% los cálculos se realizaron con el programa IBM SPSS versión 27.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 PROCESAMIENTOS DE DATOS

Para trazar una línea base de estudio, se analizó los parámetros físico – químicos y microbiológicos del agua residual industrial proveniente de la avícola, los resultados del agua sin un previo tratamiento y al pasar por el sistema de tratamiento son:

4.1.1 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS FÍSICO – QUÍMICOS

Potencial de Hidrogeno (pH)

Tabla 12

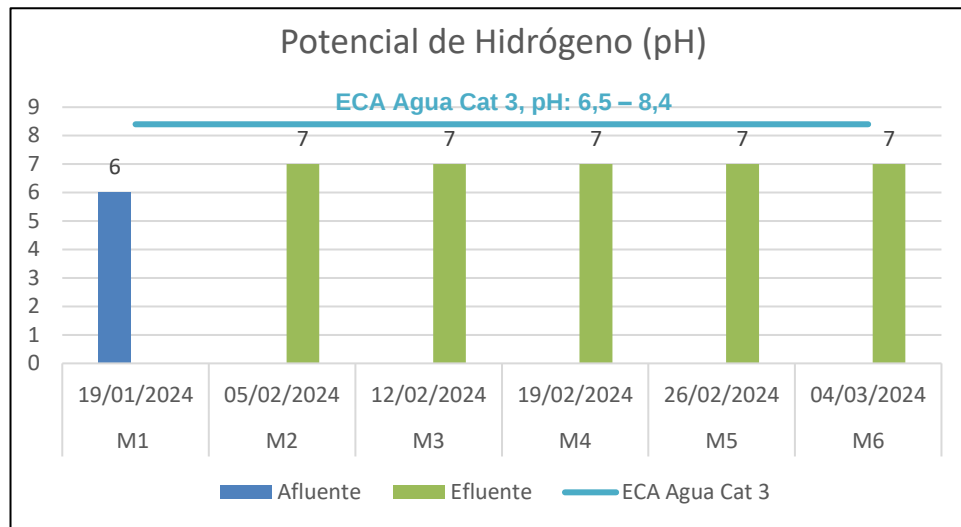
Resultados in situ del parámetro de Potencial de Hidrogeno

	Fecha de monitoreo	Afluente	Efluente	D.S. N°004-2017-MINAM
M1	19/01/2024	6	-	
M2	05/02/2024		7	
M3	12/02/2024		7	
M4	19/02/2024		7	6,5 – 8,4
M5	26/02/2024		7	
M6	04/03/2024		7	

Nota. En la tabla 12 se muestran los puntos de muestreo con las fechas correspondientes al monitoreo de agua, con un valor inicial de 6 pH y un valor final de 7 pH.

Figura 10

Comportamiento del Parámetro Potencial de Hidrogeno



Nota. En la figura 10 el grafico de barras nos representa visualmente los resultados del monitoreo de agua, el cual indica que dicho parámetro se encuentra dentro del rango de la normativa legal.

De la tabla 12 y grafico 10 podemos decir que, el parámetro pH en el primer muestreo M1 que se tomó del afluente de la avícola da como resultado un pH de 6, la cual es ligeramente ácido, también se pudo observar que el agua residual al pasar por el sistema de tratamiento se mantiene en un pH de 7 aduciendo así que el agua es neutra.

En base a esto podemos apreciar que no hubo una diferencia significativa ya que es un indicador de control, pero que el efluente se encuentra dentro del rango de Estándares de Calidad Ambiental, Categoría 3: Riego para vegetales y bebida de animales.

Temperatura (T°)

Tabla 13

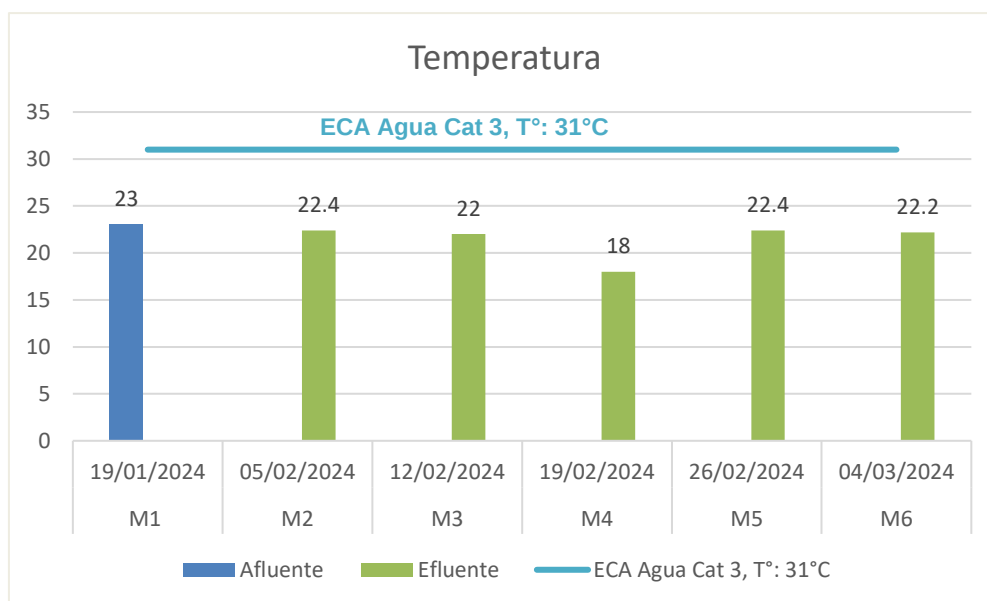
Resultados in situ del parámetro de Temperatura

	Fecha de monitoreo	Afluente	Efluente	D.S. N°004-2017-MINAM
M1	19/01/2024	23.00	-	31 °C
M2	05/02/2024		22.40	
M3	12/02/2024		22.00	
M4	19/02/2024		18.00	
M5	26/02/2024		22.40	
M6	04/03/2024		22.20	

Nota. En la tabla 13 se muestran los puntos de muestreo con las fechas correspondientes al monitoreo de agua, con un valor inicial de 23°C y un valor final de 22.20°C.

Figura 11

Resultados in situ del parámetro de Temperatura



Nota. En la figura 11 se muestra los resultados del monitoreo de agua, el cual indica que dicho parámetro se mantiene constante, a excepción de la M4 el cual tuvo una reducción de la T° debido a factores climáticos.

De la tabla 13 y el grafico 11, podemos decir que el primer muestreo M1 del afluente de la avícola nos dio como resultado una temperatura de 23°C y en los demás parámetros la temperatura se mantiene en 22°C, a diferencia de la muestra M4 la cual se notó una ligera alteración en la temperatura, esto debido a que en esa semana hubo la presencia de lluvias, por lo que se aduce que esta ligera alteración se debe a un factor climático, afectando de tal manera al sistema de tratamiento.

Pese a que hubo esta ligera alteración en la temperatura, los resultados del afluente y el efluente se mantuvieron dentro del rango de Estándares de Calidad Ambiental, Categoría 3: Riego para vegetales y bebida de animales.

Aceites y Grasas (A&G)

Tabla 14

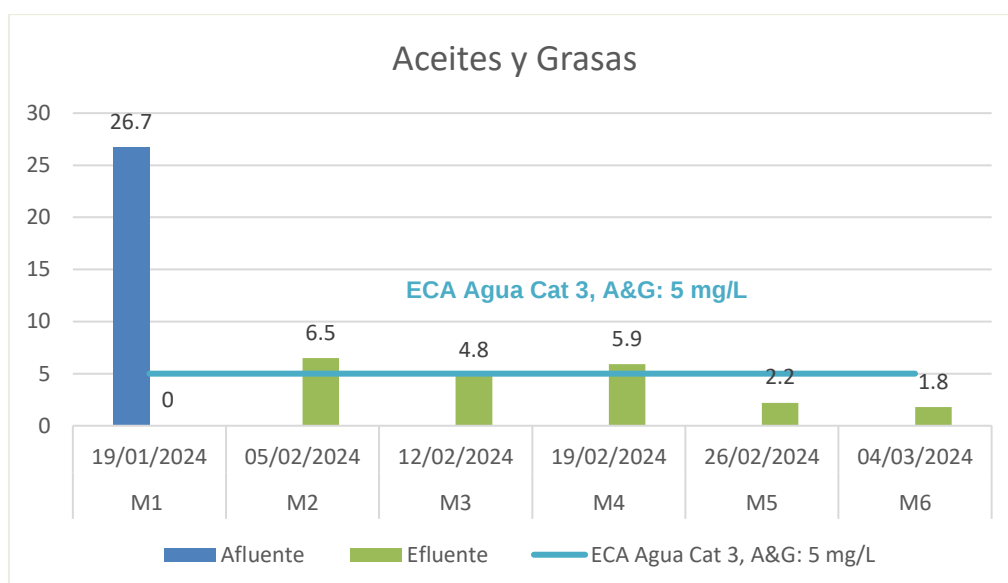
Resultados de laboratorio del parámetro de Aceites y Grasas

	Fecha de monitoreo	Afluente	Efluente	Remoción (%)	D.S. N°004-2017-MINAM
M1	19/01/2024	26.7	-		5 mg/L
M2	05/02/2024		6.5	75.66 %	
M3	12/02/2024		4.8	82.02%	
M4	19/02/2024		5.9	78.09%	
M5	26/02/2024		2.2	91.65%	
M6	04/03/2024		1.8	93.26%	
Promedio de Remoción (%)				84.13%	

Nota. En la tabla 14 se muestran los puntos de muestreo con las fechas correspondientes al monitoreo de agua, con un valor inicial de 26.7 mg/l y un valor final de 1.8 mg/l, obteniendo un porcentaje de reducción final del 93.26%, dicho parámetro se encontraba dentro del rango permitido por la normativa vigente.

Figura 12

Comportamiento del parámetro Aceites y Grasas



Nota. En la figura 12 se muestra los resultados del monitoreo de agua, el cual indica que este parámetro tuvo una reducción considerable al pasar por el sistema de tratamiento.

En la tabla 14 y figura 12 en base a los resultados de laboratorio podemos decir que, la primera muestra tomada del afluyente de la avícola nos dio un valor de 26.7 mg/L el cual excedió los rangos de la normativa, después de 15 días este parámetro obtuvo un valor de (6.5 mg/L) y un porcentaje de remoción del 75.66%, pese a estos resultados los valores obtenidos aún no se encontraban dentro del rango de la normativa, en los resultados del M3 este parámetro ya cumplía con los Estándares de Calidad de Agua (4.8 mg/L); cabe mencionar que durante esta semana se realizó el mantenimiento del sistema de tratamiento, el conteo de las lombrices, la cual tuvieron un aumento en su tasa poblacional y se observó el aumento de las raíces de las plantas, en los resultados de la muestra M4 se apreció una ligera alteración del parámetro teniendo una disminución en el porcentaje de remoción 78.09%, esto debido a que en esa semana hubo la presencia de lluvias, por lo que esta ligera alteración fue causado por el factor climático y la alteración de la temperatura, en

la muestra M5 (2.2 mg/L) y M6 (1.8 mg/L) debido a que en esas semanas ya no hubo presencia de lluvias y se aumentó la reproducción de las lombrices el sistema de tratamiento funcionó con normalidad y mayor eficacia, dando como resultado que estas dos últimas muestras se encuentren dentro del rango de Estándares de Calidad Ambiental, Categoría 3: Riego para vegetales y bebida de animales.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Tabla 15

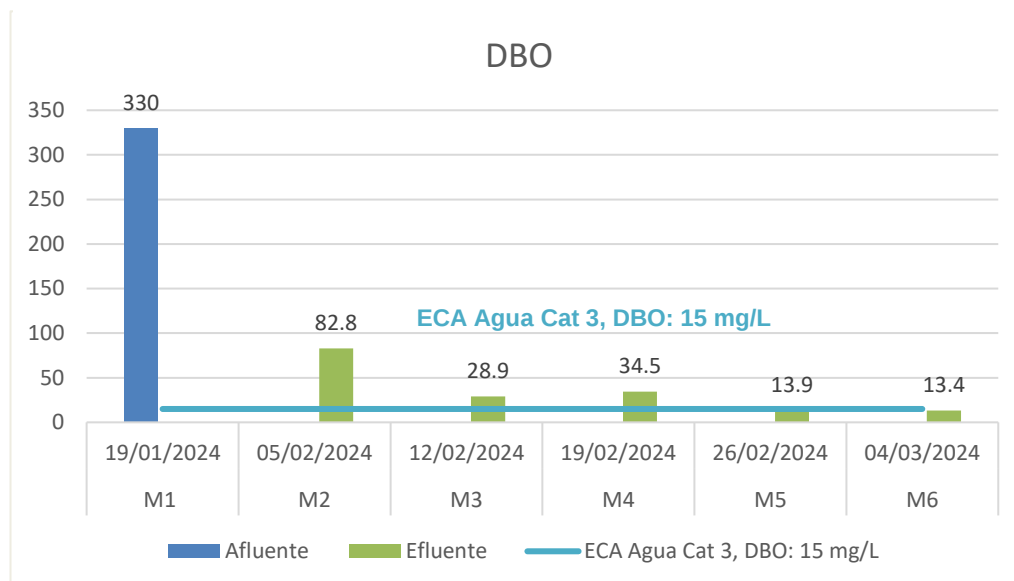
Resultados de laboratorio del parámetro de DBO

	Fecha de monitoreo	Afluente	Efluente	Remoción (%)	D.S. N°004-2017-MINAM
M1	19/01/2024	330	-		15 mg/L
M2	05/02/2024		82.8	74.94 %	
M3	12/02/2024		28.9	91.24%	
M4	19/02/2024		34.5	89.55%	
M5	26/02/2024		13.9	95.79%	
M6	04/03/2024		13.4	95.94%	
Promedio de Remoción (%)				89.49%	

Nota. En la tabla 15 se muestran los puntos de muestreo con las fechas correspondientes al monitoreo de agua, en el cual se aprecia una reducción considerable de este parámetro del 95.94%, dicho parámetro se encontraba dentro del rango permitido por la normativa vigente.

Figura 13

Comportamiento del parámetro DBO



Nota. En la figura 13 se muestra los resultados del monitoreo de agua, el cual indica que este parámetro tuvo una reducción considerable al pasar por el sistema de tratamiento.

En base a la tabla 15 y figura 13 podemos interpretar que, la muestra M1 la cual fue tomada del afluente de la avícola nos dio un resultado de (330 mg/L) la cual excedió los rangos de la normativa, uno de los causantes es debido a que la avícola genera aguas residuales con plumas, sangre, excrementos, grasa, proteínas y restos de alimento. Estos materiales son biodegradables y consumen oxígeno durante su descomposición por microorganismos, lo que aumenta la DBO, es por tal motivo que los resultados del muestreo salen elevados; a los 15 días de que el agua residual haya pasado por el sistema de tratamiento y que las lombrices y las plantas ya se encuentren a climatizadas se volvió a sacar un muestreo de agua del efluente del sistema de tratamiento M2 el cual nos dio como resultado (82.8 mg/L), a pesar de que hubo un porcentaje de remoción de contaminantes considerable 74.94%, este parámetro aun no cumplía con la normativa para que sea apta para riego de vegetales restringido; en los resultados de la muestra M4 (34.5 mg/L) podemos observar que hay una ligera alteración de este parámetro

debido al cambio de temperatura y a un factor climático, en los resultados de la muestra M5 (13.9 mg/L) y M6 (13.4 mg/L) los valores se mantuvieron constantes debido a que ya no hay la presencia de factores externos, la tasa poblacional de lombrices aumento, y las plantas echaron más raíces haciendo que haya una mayor eficacia del sistema de tratamiento

Entonces, podemos decir que, los valores obtenidos en los dos últimos muestreos M5 y M6 ya se encontraban dentro del rango de Estándares de Calidad Ambiental, Categoría 3: Riego para vegetales y bebida de animales.

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Tabla 16

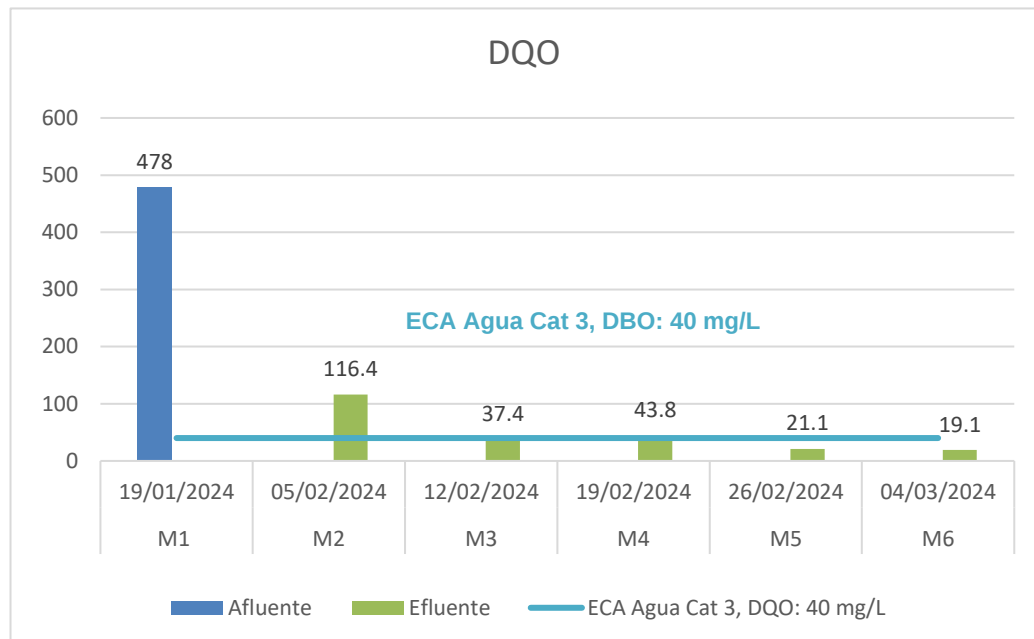
Resultados de laboratorio del parámetro de DBO

	Fecha de monitoreo	Afluente	Efluente	Remoción (%)	D.S. N°004-2017-MINAM
M1	19/01/2024	478	-		
M2	05/02/2024		116.4	75.65 %	
M3	12/02/2024		37.4	92.18%	
M4	19/02/2024		43.8	90.84%	40 mg/L
M5	26/02/2024		21.1	95.59%	
M6	04/03/2024		19.1	96.00%	
Promedio de Remoción (%)				90.05%	

Nota. En la tabla 16 se muestran los puntos de muestreo con las fechas correspondientes al monitoreo de agua, en el cual se aprecia una reducción considerable de este parámetro del 96.00%, dicho parámetro se encontraba dentro del rango permitido por la normativa vigente.

Figura 14

Comportamiento del parámetro DQO



Nota. En la figura 14 se muestra los resultados del monitoreo de agua, el cual indica que este parámetro tuvo una reducción considerable al pasar por el sistema de tratamiento.

De la tabla 16 y figura 14 podemos decir que, los resultados de laboratorio del muestreo de agua M1 del afluente del agua residual de la avícola nos dio un valor de (478 mg/L) el cual sobrepasó los rangos de la normativa, esto es causado por que, durante la limpieza de galpones y el procesamiento del pollo, se utilizó detergentes, desinfectantes y otros productos químicos que no siempre son biodegradables. Estos aumentaron la DQO, ya que se requirió oxidación química para descomponerse, en los resultados del muestreo de agua M2 (116.4 mg/L) se notó una remoción considerable de contaminantes y un porcentaje de remoción del 75.65%, en el M3 (37.4 mg/L) los resultados ya se encontraban dentro de los rangos de la normativa, en la muestra M4 (43.8 mg/L) se puede apreciar una ligera alteración por factores externos ya mencionados anteriormente y en los resultados del muestreo M5 (21.1 mg/L) y M6 (19.1 mg/L) estos valores se encontraban dentro del rango de Estándares de Calidad Ambiental, Categoría 3:

Riego para vegetales y bebida de animales, esto debido a que ya no hubo presencia de factores externos, también por el aumento de la reproducción de las lombrices y debido a que las plantas echaron más raíces, las cuales aumenta su capacidad de absorber y degradar materia orgánica y mejorar la calidad del agua.

Nitritos (NO₂-N)

Tabla 17

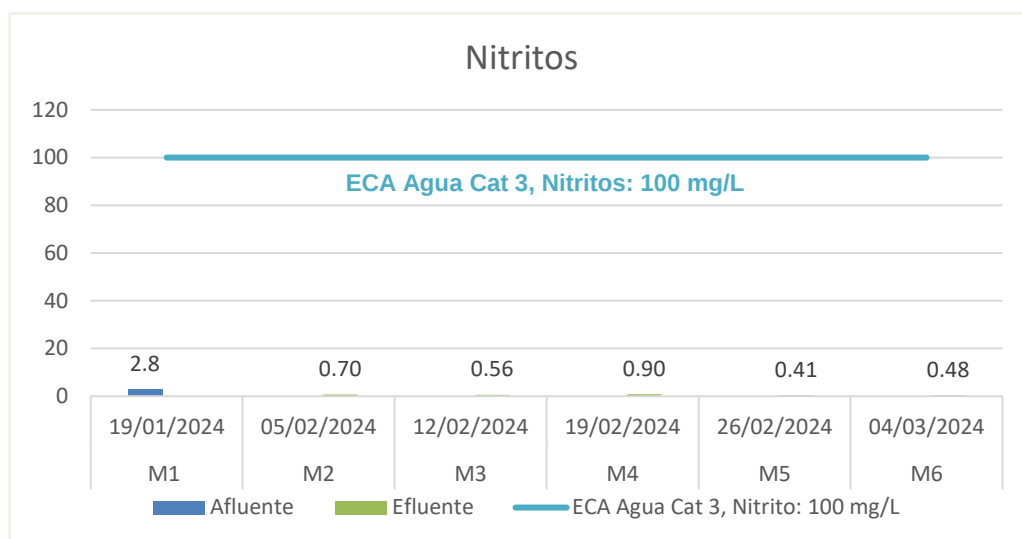
Resultados de laboratorio del parámetro de Nitritos

	Fecha de monitoreo	Afluente	Efluente	Remoción (%)	D.S. N°004-2017-MINAM
M1	19/01/2024	2.80	-		
M2	05/02/2024		0.70	75.00 %	
M3	12/02/2024		0.56	80.00%	
M4	19/02/2024		0.90	67.86%	100 mg/L
M5	26/02/2024		0.41	85.36%	
M6	04/03/2024		0.48	82.86%	
Promedio de Remoción (%)				78.21%	

Nota. Se aprecia una disminución considerable de este parámetro, obteniendo como valor final el 82.86%, este ya se encontraba dentro del rango de la normativa vigente.

Figura 15

Comportamiento del parámetro Nitritos



Nota. En la figura 15 se muestra los resultados del monitoreo de agua, el cual indica que este parámetro tuvo una ligera reducción al pasar por el sistema de tratamiento.

De la tabla 17 y figura 15 podemos decir que, el primer resultado de laboratorio del afluente de la muestra M1 nos dio un valor de (2.80 mg/L) el cual se encuentra dentro de los rangos de la normativa, sin embargo, el agua residual al pasar por el sistema de tratamiento no se observó una disminución considerable de este parámetro, en el resultado del laboratorio de la muestra M4 (0.90 mg/L) también se observó una ligera alteración de este parámetro debido a factores externos, el cual tuvo una disminución en el porcentaje de remoción de contaminantes y el último valor del muestreo M6 fue de (0.48 mg/L), por lo tanto podemos decir que los valores se encontraron constantes.

Tomando como referencia los Estándares de Calidad Ambiental, Categoría 3: Riego para vegetales y bebida de animales podemos decir que los valores de este parámetro cumplieron en su totalidad con la normativa.

Nitratos (NO3-N)

Tabla 18

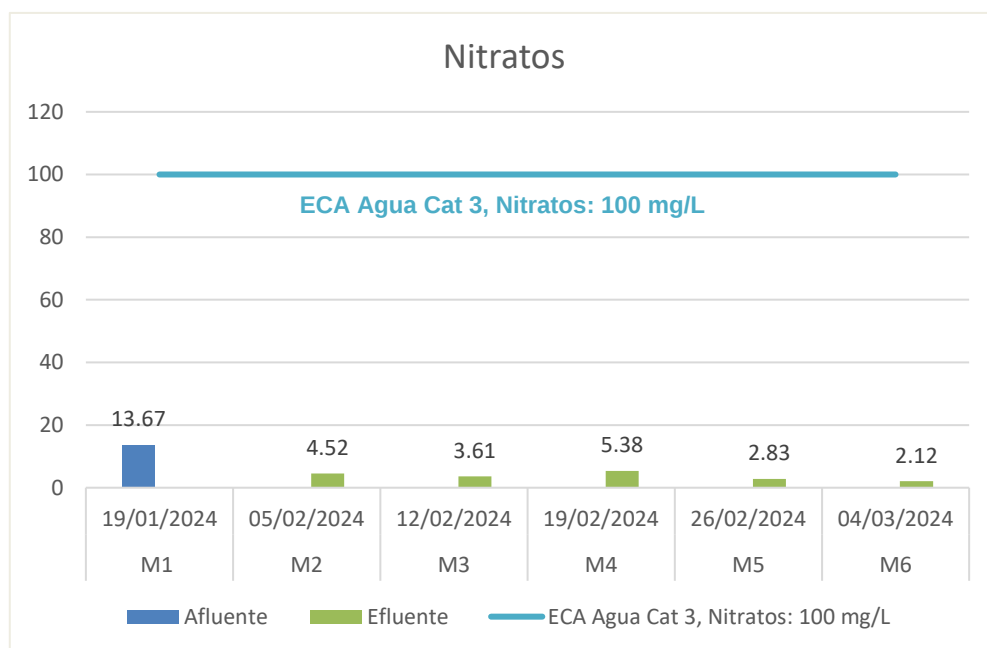
Resultados de laboratorio del parámetro de Nitratos

	Fecha de monitoreo	Afluente	Efluente	Remoción (%)	D.S. N°004-2017-MINAM
M1	19/01/2024	13.67	-		
M2	05/02/2024		4.52	75.00 %	
M3	12/02/2024		3.61	80.00%	
M4	19/02/2024		5.38	67.86%	100 mg/L
M5	26/02/2024		2.83	85.36%	
M6	04/03/2024		2.12	82.86%	
Promedio de Remoción (%)				72.99%	

Nota. En la tabla 18 se aprecia una disminución considerable de este parámetro, obteniendo como valor final el 82.86%, dicho parámetro desde un inicio ya se encontraba dentro del rango de la normativa vigente.

Figura 16

Comportamiento del parámetro Nitratos



Nota. En la figura 16 se muestra los resultados del monitoreo de agua, el cual indica que este parámetro tuvo una ligera reducción al pasar por el sistema de tratamiento.

De la tabla 18 y figura 16 podemos decir que, los resultados de laboratorio del afluente de la M1 fueron (13.67 mg/L) la cual nos indicó que el valor se encontraba dentro de los rangos de la normativa, el agua residual al paso por el sistema de tratamiento se observó que las muestras se mantienen constante, la muestra M4 aumenta la concentración de nitratos presentando un valor de (5.38 mg/L) y su porcentaje de remoción disminuyó debido a factores climáticos ya mencionados anteriormente, siendo así el último resultado del muestreo M6 (2.12 mg/L), en base a esto podemos decir que, el sistema de tratamiento no influyó mucho en la disminución considerable de este parámetro.

Sin embargo, tomando como referencia los Estándares de Calidad Ambiental, Categoría 3: Riego para vegetales y bebida de animales podemos decir que los valores de este parámetro cumplieron en su totalidad con la normativa.

4.1.2 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS MICROBIOLÓGICOS

Coliformes Termotolerantes

Tabla 19

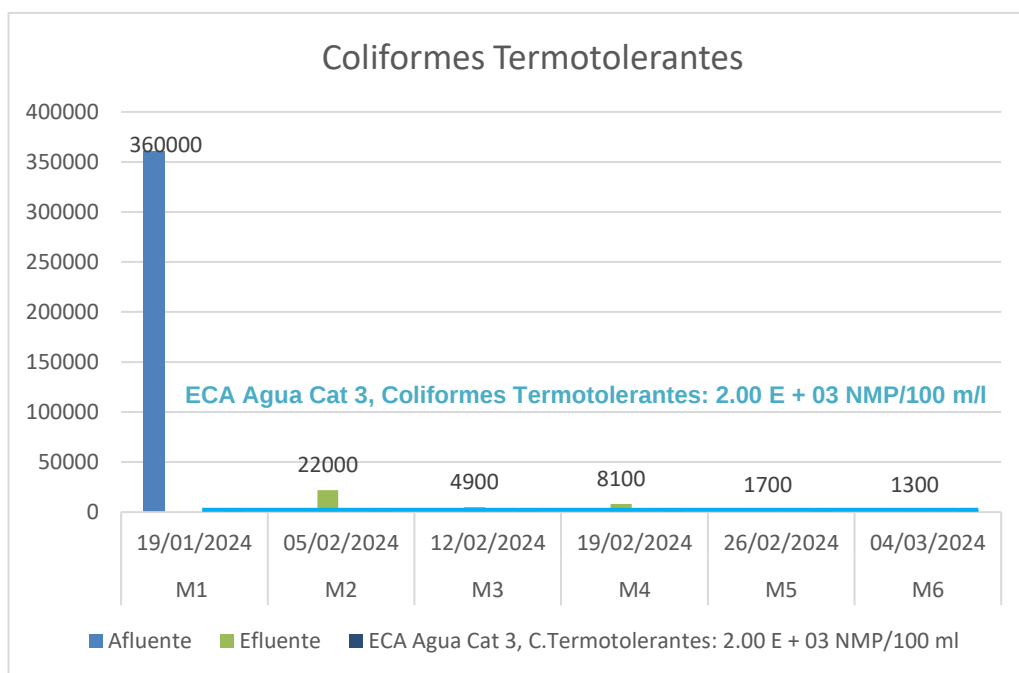
Resultados de laboratorio del parámetro de Coliformes Termotolerantes.

	Fecha de monitoreo	Afluente	Efluente	Remoción (%)	D.S. N°004-2017-MINAM
M1	19/01/2024	3.60 E+05	-		
M2	05/02/2024		2.20 E+04	98.31 %	
M3	12/02/2024		4.90 E+03	99.62 %	
M4	19/02/2024		8.10 E+03	99.38 %	2.00 E+03
M5	26/02/2024		1.70 E+03	99.87 %	NMP/100 ml
M6	04/03/2024		1.30 E+03	99.90 %	
Promedio de Remoción (%)				99.42 %	

Nota. En la tabla 19 en el afluente se aprecia un valor que sobrepasa la normativa vigente, y al pasar por el sistema de tratamiento se observa una disminución considerable, obteniendo un 99.90 % de remoción.

Figura 17

Comportamiento del parámetro Coliformes Termotolerantes



Nota. En la figura 17 se muestra los resultados del monitoreo de agua, el cual indica que este parámetro tuvo una considerable reducción al pasar por el sistema de tratamiento.

De la tabla 19 y figura 17 podemos decir que, el primer muestreo del afluente nos dio un valor de (1300000 NMP/100 ml) la cual se encontraba por encima de los rangos permitidos por la normativa, la elevada concentración de contaminantes fue un indicador de contaminación fecal, el manejo de desechos inadecuadamente y durante el proceso de limpieza de las instalaciones avícolas, el agua utilizada puede arrastrar coliformes desde las superficies contaminadas hacia el sistema de drenaje, es por tal motivo que los resultados de laboratorio de la muestra M1 sale demasiado elevado; sin embargo, al pasar por el sistema de tratamiento en la muestra M2 (22000 NMP/100 ml) se observó una remoción considerable de contaminantes al 98.31%, en la muestra M3 se tiene un valor de (4900 NMP/100 ml) el cual tiene un porcentaje de remoción del 99.62%, en esta semana se realizó el mantenimiento del sistema de tratamiento y se procede a hacer un

recuento de la cantidad de las lombrices las cuales nos dio como resultado que las lombrices se reprodujeron aumentando su tasa poblacional, en la muestra M4 (8100 NMP/100 ml) es donde se observó una alteración de este parámetro debido al factor climático y a la ligera alteración de la temperatura, con una remoción del 99.87%, en la muestra M5 (1700 NMP/100 ml) Y M6 (1300 NMP/100 ml) los valores se mantuvieron constantes y se observó una mayor remoción de contaminantes del 99.90%, esto debido a que al aumentar la tasa poblacional de las lombrices hay una mayor eficiencia en la remoción de estos contaminantes, tampoco se observó ningún factor externo que pueda alterar el sistema de tratamiento y las plantas echaron más raíces.

Tomando como referencia los Estándares de Calidad Ambiental, Categoría 3: Riego para vegetales y bebida de animales podemos decir que los valores de este parámetro cumplieron con la normativa.

Tabla 20

Prueba de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH_post	.	5	.	.	5	.
AG_post	,230	5	,200*	,882	5	,319
DBO_post	,303	5	,151	,807	5	,093
DQO_post	,338	5	,064	,773	5	,048
Nitritos_post	,201	5	,200*	,946	5	,711
Nitratos_post	,146	5	,200*	,981	5	,941
Coliformes_pos	,277	5	,200*	,809	5	,096
t						

Nota. Prueba realizada con SPSS versión 27

Los resultados indicaron que los datos presentan normalidad en cada uno de los indicadores. Ello se refleja en el p-valor obtenido, que supera el nivel de significancia convencional de 5% (0.05). Por lo anterior es posible decidir que el análisis de datos puede llevarse a cabo con una

prueba estadística paramétrica, tal como la t-Student para muestras emparejadas.

4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Se planteó la siguiente hipótesis de investigación, con el propósito de llevar a cabo su contrastación:

H1: El sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (*Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza*) es eficaz para el tratamiento del agua residual industrial.

Por otra parte, se tiene la hipótesis H0

H0: El sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (*Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza*) no es eficaz para el tratamiento del agua residual industrial

Nivel de significancia: 5%

Prueba estadística: T-student para medidas emparejadas.

Tabla 21*Prueba de hipótesis*

		Diferencias emparejadas							
		95% de intervalo de confianza							
			Desviación	Media de error	de la diferencia				
		Media	estándar	estándar	Inferior	Superior	t	gl	Sig. (bilateral)
Par 2	AG_post - AG_pre	-22,46	2,138	,956	-25,115	-19,804	-23,485	4	,000
Par 3	DBO_post - DBO_pre	-295,30	28,432	12,715	-330,603	-259,996	-23,224	4	,000
Par 4	DQO_post - DQO_pre	-430,44	39,894	17,841	-479,976	-380,904	-24,126	4	,000
Par 5	Nitritos_post - Nitritos_pre	-2,19	,194	,087	-2,431	-1,948	-25,154	4	,000
Par 6	Nitratos_post - Nitratos_pre	-9,98	1,299	,581	-11,591	-8,364	-17,168	4	,000
Par 7	Coliformes_post - Coliformes_pre	-352400,00	8505,880	3803,945	-362961,445	-341838,554	-92,641	4	,000

Nota. Prueba realizada con SPSS versión 27

Los resultados obtenidos señalan que en cada uno de los indicadores evaluados existe una diferencia significativa entre el valor inicial (pre test) y el valor final (post test). Esta afirmación se hace con un nivel de significancia del 5%, habiéndose obtenido un p-valor de 0.000 en cada uno de los indicadores

Tabla 22*Eficacia de la intervención según indicadores*

	Indicador	ECA Agua Cat 3	Pre test	Post test	Interpretación
Parámetros Físico-químicos	Aceites y Grasas	5 mg/L	26.7 mg/L	1.8 mg/L	Fue eficaz
	DBO	15 mg/L	330 mg/L	13.4 mg/L	Fue eficaz
	DQO	40 mg/L	478 mg/L	19.1 mg/L	Fue eficaz
	Nitritos	100 mg/L	2.8 mg/L	0.48 mg/L	Fue eficaz
	Nitratos	100 mg/L	13.67 mg/L	2.12 mg/L	Fue eficaz
Parámetros Microbiológicos	Coliformes Termotolerantes	2.00 E+ 03	3.60 E+ 05	1.30 E+ 03	Fue eficaz

Nota. En la tabla 22 se realiza la interpretación de cada parámetro pre test y post test, concluyendo que fueron eficaces en base a los resultados de laboratorio que se obtuvo.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según el objetivo general, el sistema de tratamiento conformado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con *Cyperus papyrus* y *Alocasia Macrorrhiza* ha demostrado ser eficaz en la remoción de contaminantes en los parámetros físico – químicos y microbiológicos, aceptando la hipótesis alterna. Esta afirmación es posible realizar debido a que el p - valor obtenido es inferior al nivel de significancia. En cada uno de los indicadores se obtuvo un p-valor= 0.000, esto concuerda con Quispe (2018), Valverde (2021), Moscoso (2022), Lara & Ruchi (2022), dichos autores emplearon este sistema de tratamiento, demostrando que es eficiente y obteniendo un porcentaje de remoción favorable, a su vez una mejor calidad del agua al pasar por el sistema de tratamiento.

Según el objetivo específico 1, este sistema ha demostrado ser eficaz en la remoción de contaminantes de los parámetros físico-químicos. Para el caso del Ph los resultados de la investigación sugieren:

Según Valverde (2021), en el humedal artificial los valores más bajos de pH se registraron en la toma #1, con una muestra inicial de 6.87. Tras pasar por el sistema HAM 4, conformado por las plantas *Cyperus papyrus* y *Phragmites australis*, el pH alcanzó un valor de 7.05, demostrando que este sistema es eficiente para el tratamiento del parámetro de pH, ya que pasó de ser ligeramente ácido a presentar un pH neutro. Por otro lado, Moscoso (2022), en su investigación mediante un vermifiltro, obtuvo un valor de pH en el afluente de 8.2 ± 0.3 . En la semana 12, el pH del efluente disminuyó a 6.83 ± 0.1 , valor que se considera ligeramente ácido, probablemente debido a la degradación microbiana. En mi estudio, el valor del pH en el afluente en el muestreo M1 fue de 6, indicando una condición ligeramente ácida. Sin embargo, después del paso por el sistema de tratamiento, en el muestreo M6, el pH se estabilizó en 7, manteniéndose constante a lo largo de todas las semanas de monitoreo. Esto evidencia la eficacia del sistema en regular y neutralizar el pH del agua tratada.

Los valores obtenidos se encontraban dentro del rango establecido por el Estándar de Calidad del Agua (ECA), Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, agua para riego restringido, el cual guarda relación con las investigaciones mencionadas.

Para el caso de Temperatura los resultados de la investigación de dichos autores sugieren:

Según Valverde (2021), en su investigación sobre los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), se determinó que la temperatura durante la operación de los Humedales Artificiales Mejorados (HAM) se mantuvo dentro de los rangos permitidos, registrándose valores entre 18,7°C y 26,9°C para los efluentes iniciales, y entre 18,1°C y 22,5°C para los efluentes tratados. En mi investigación, la temperatura del afluente en el punto de muestreo M1 fue de 23°C, mientras que en la muestra M6 se registró un valor de 22,2°C. Es importante señalar que en la muestra M4 se evidenció una disminución de la temperatura, atribuida a una variación climática significativa ocurrida durante esa semana. Esta disminución térmica impactó negativamente en la actividad biológica de las lombrices, las cuales redujeron su funcionalidad dentro del sistema, afectando parcialmente la eficiencia del tratamiento y provocando alteraciones leves en los parámetros evaluados.

Con base en los resultados obtenidos, se puede inferir que la eficiencia del sistema de tratamiento está estrechamente condicionada por la temperatura ambiental, siendo óptimo un rango térmico entre 18°C y 25°C. Dicho intervalo favorece la estabilidad biológica del ecosistema artificial, permitiendo la adecuada supervivencia y funcionamiento tanto de las lombrices como de las especies vegetales presentes en el sistema.

Para el caso de Aceites y Grasas (A&G) los resultados de la investigación de dichos autores sugieren:

Según Moscoso (2022), en su investigación se reportó una concentración inicial del parámetro evaluado en el afluente de $(37.4 \pm 4,0 \text{ mg/L})$, valor que excedía los límites establecidos por los Valores Máximos Admisibles (VMA). No obstante, tras 12 semanas de operación del sistema de

tratamiento, dicho parámetro se redujo a $(0.47 \pm 0.06 \text{ mg/L})$, alcanzando una eficiencia de remoción del 98.75 %. Este resultado permitió que el efluente tratado cumpliera con los límites estipulados en el Decreto Supremo N.º 010-2019-VIVIENDA. En mi investigación, se obtuvo una concentración inicial de (26.7 mg/L) , en el punto de muestreo M1, correspondiente al afluente de aguas residuales generadas por una planta avícola. Posteriormente, tras el tratamiento, el valor final registrado en el punto M6 fue de (1.8 mg/L) , lo que representa una eficiencia de remoción del 93.26 %. Este resultado demuestra que el sistema de tratamiento implementado es eficaz en la reducción de contaminantes asociados a este parámetro, cumpliendo con los criterios establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, específicamente en condiciones de riego restringido.

Aunque la eficiencia de remoción obtenida en este estudio 93.26 % es ligeramente inferior a la reportada por Moscoso (2022) 98.75 %, ambos sistemas cumplieron con los límites normativos correspondientes, evidenciando la capacidad de estos tratamientos para reducir eficazmente los niveles de contaminantes y garantizar la calidad del efluente tratado.

Para el caso de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) los resultados de la investigación de dichos autores sugieren:

Según Quispe (2018), en su estudio comparativo, evaluó dos sistemas de tratamiento: el primer sistema (SB 1), constituido por un lombrifiltro y un humedal superficial, y el segundo (SB 2), integrado por un humedal subsuperficial de flujo vertical seguido de un humedal superficial. Al contrastar ambos sistemas, se determinó que SB 1 presentó una mayor eficiencia en la remoción de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), alcanzando un porcentaje de remoción del 95,98 % en la toma N°2, con una concentración inicial del afluente de 140,7 mg/L y una concentración final del efluente de 5,65 mg/L, cumpliendo así con los criterios establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 3.

Valverde (2021), por su parte, evaluó un humedal artificial (HAM 4) conformado por especies vegetales como *Cyperus papyrus* y *Phragmites*

australis, reportando una eficiencia de remoción de DBO del 66 % en la toma #4. Este sistema registró una concentración inicial del afluente de 356,5 mg/L y una concentración final de 120 mg/L. Sin embargo, los valores obtenidos no lograron cumplir con los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de PTAR. En otro estudio, Moscoso (2022) evaluó la eficiencia de remoción de DBO en sistemas de vermifiltración. Inicialmente, la concentración del afluente fue de $(2.287.35 \pm 153.47 \text{ mg/L})$, superando ampliamente la normativa vigente. No obstante, al cabo de 12 semanas de operación, se logró reducir este valor a $(3.83 \pm 0.30 \text{ mg/L})$, alcanzando una eficiencia del 99,83 %. En comparación, el filtro control registró una remoción del 99,76 %. Estos resultados evidencian una alta eficacia del vermifiltro en la remoción de materia orgánica, cumpliendo con lo establecido en el D.S. N.º 010-2019-VIVIENDA, que regula los Valores Máximos Admisibles (VMA).

En mi investigación, el agua residual sin tratar proveniente de una planta avícola presentó una concentración inicial de DBO de 330 mg/L en el punto M1, valor que excedía los límites permitidos por el ECA para agua de uso agrícola con riego restringido. El sistema de tratamiento diseñado, conformado por un lombrifiltro con carbón activado y un humedal artificial con *Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza*, logró reducir esta concentración a (13.4 mg/L) en el punto M6, lo que representa una eficiencia de remoción del 95.94 %. Este resultado confirma la efectividad del sistema en la degradación de materia orgánica, cumpliendo satisfactoriamente con los valores establecidos por el ECA, Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales.

Las variaciones en los porcentajes de remoción observadas en las distintas investigaciones podrían atribuirse a factores como condiciones climáticas locales, diferencias en las especies vegetales empleadas, densidad poblacional de lombrices utilizadas y estrategias de operación y mantenimiento del sistema. A pesar de estas variaciones, todos los estudios revisados lograron porcentajes significativos de remoción de DBO, lo que resalta la viabilidad de los sistemas naturales de tratamiento.

Cabe destacar que, en el presente trabajo, la eficiencia en la remoción de DBO estuvo influenciada positivamente por la alta tasa de reproducción de las lombrices, lo cual incrementó la biodegradación de la materia orgánica. Asimismo, el aumento de las raíces de *Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza* desempeñó un papel relevante, al facilitar la absorción y eliminación de contaminantes, además de mejorar la oxigenación del sustrato. El mantenimiento periódico del sistema también contribuyó a preservar condiciones óptimas para los procesos biológicos implicados.

Para el caso de Demanda Química de Oxígeno (DQO) los resultados de la investigación de dichos autores sugieren:

Según Valverde (2021), en su investigación sobre el uso de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales, reportó que el sistema HAM 4 alcanzó su mayor eficiencia en la remoción de DQO en la toma #1, donde se observó una concentración inicial de 103.17 mg/L en el afluente. Luego del tratamiento, el valor del efluente se redujo a 50 mg/L, logrando una eficiencia de remoción del 52 %. Este resultado permitió que el sistema cumpla con los VMA establecidos por la normativa vigente. Por otro lado, Moscoso (2022) evaluó un sistema de tratamiento basado en lombrifiltro. En su investigación, se registró una concentración inicial de DQO de $(6898.92 \pm 407.65 \text{ mg/L})$ en el afluente. Después de 12 semanas de operación, se obtuvo un valor del efluente de (265.77 ± 32.95) , alcanzando una eficiencia de remoción del 96.15 %, en conformidad con los límites establecidos por el reglamento de VMA. Asimismo, Lara y Ruchi (2022) realizaron una evaluación del rendimiento de un lombrifiltro bajo dos tiempos de retención hidráulica (TRH): 6 horas y 2 horas. En su experimento, la concentración inicial de DQO fue de 2175 mg/L. El TRH de 6 horas demostró ser más efectivo, logrando reducir la concentración del efluente a 410 mg/L, con una eficiencia de remoción del 81.14 %. Este resultado se ajustó a los criterios normativos para descargas al sistema de alcantarillado público.

En mi investigación, se obtuvo una concentración inicial de DQO de 478 mg/L en la muestra M1, correspondiente al agua residual sin tratar. Tras el paso por el sistema de tratamiento compuesto por un lombrifiltro con carbon

activo y un humedal artificial con *Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza*, se registró un valor final de 19.1 mg/L en la muestra M6. Esta reducción representa una eficiencia de remoción del 96.00 %, cumpliendo con los estándares establecidos por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, agua para riego restringido.

A pesar de que se usaron distintos tipos de especies de plantas y diferentes cantidades de lombrices, estos sistemas de tratamiento demostraron ser eficaces y eficientes para la remoción de dicho parámetro, obteniendo mayor porcentaje de remoción Moscoso (2022) con un 96.15%, seguido de mi investigación con un 96.00%.

Es importante señalar que una de las razones del alto rendimiento observado en el sistema de tratamiento de esta investigación se atribuye a la reproducción activa de lombrices, lo cual incrementa la degradación biológica de materia orgánica. Además, el crecimiento y desarrollo de las raíces contribuyó significativamente al proceso de remoción de contaminantes, mediante mecanismos de absorción y filtración. Asimismo, el mantenimiento continuo del sistema favoreció la estabilidad de las condiciones operativas, mejorando la eficiencia general del tratamiento.

Para el caso de Nitritos ($\text{NO}_2^- - \text{N}$) los resultados de la investigación de dichos autores sugieren:

Según Quispe (2018), en su investigación, evaluó la eficiencia de dos sistemas de tratamiento para la remoción de nitritos. En el sistema SB 1, compuesto por un humedal subsuperficial con *Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza* M2 y un humedal superficial con *Eichhornia crassipes* M4, se observó una variación en las concentraciones del parámetro a lo largo del sistema. La concentración promedio de nitritos en el punto de ingreso M1 fue de 0.0034 mg/L, incrementándose a 0.2038 mg/L en M2 y alcanzando 0.6484 mg/L en M4. A pesar del incremento observado, todas las concentraciones se mantuvieron dentro de los límites establecidos por el ECA para Agua, Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales (agua para riego no restringido). Por su parte, Lara & Ruchi (2022) evaluaron la eficacia de un

sistema de lombrifiltro para la remoción de nitritos, reportando una concentración inicial en el afluente de 170 mg/L. Tras el tratamiento con un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 6 horas, se obtuvo un valor final de 0.006 mg/L, alcanzando una eficiencia de remoción del 99.99 %. Este resultado cumple con los Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

En mi investigación, la concentración inicial de nitritos en el afluente M1 fue de 2.8 mg/L, reduciéndose a 0.48 mg/L en el efluente final M6, lo que representa una eficiencia de remoción del 82.86 %. Cabe destacar que, desde la muestra inicial, los valores registrados ya cumplían con los estándares establecidos por el ECA, Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, agua para riego restringido.

Entonces podemos decir que, Quispe (2018) menciona que en el SB 1 el *Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza* es más eficiente al remover Nitritos en comparación con *Eichhornia crassipes* y para el SB 2 el lombrifiltro aumenta considerablemente este parámetro, por lo que se recomienda usar el *Cyperus Papyrus* y *Alocasia Macrorrhizo* para un mayor porcentaje de remoción, por tal motivo en mi investigación se decidió usar esta especie de plantas. Sin embargo, Lara & Ruchi (2022) obtuvieron un mayor porcentaje de remoción a través de su lombrifiltro con un valor del 99.99%, seguido de mi investigación que obtuve un porcentaje de 82.86%, Sin embargo, todas las investigaciones mencionadas se encontraban dentro del rango de su normativa de cada uno.

Para el caso de Nitratos (NO_3^- -N) los resultados de la investigación de dichos autores sugieren:

Según Quispe (2018), en su investigación sobre sistemas de tratamiento, analizó la variación en la concentración de nitratos en un sistema SB 1, compuesto por un humedal subsuperficial con *Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza* (M2), seguido de un humedal superficial con *Eichhornia crassipes* (M4). Se observó una disminución de nitratos tras el paso por el humedal subsuperficial, mientras que en el humedal superficial se evidenció un incremento en la concentración. El 14/05/2016, se registró una

concentración de 3.8 mg/L en el punto de ingreso (M1), que disminuyó a 1.4 mg/L en M2. No obstante, en la medición del 05/05/2016, la concentración se elevó nuevamente a 3.44 mg/L en M4. En promedio, los valores fueron de 3.37 mg/L en M1, 0.75 mg/L en M2 y 1.63 mg/L en M4. Estos resultados sugieren que la eficiencia del sistema depende en gran medida del tipo de vegetación empleada y del tipo de flujo del humedal. Por otro lado, Lara & Ruchi (2022), al evaluar un sistema de tratamiento mediante el lombrifiltro, reportaron una concentración inicial de nitratos de 63 mg/L en el afluente. Tras un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 6 horas, la concentración en el efluente se redujo a 0.9 mg/L, lo que representa una eficiencia de remoción del 98.57 %. Este resultado se ajusta a los límites establecidos en la normativa para descargas al sistema de alcantarillado público.

En mi investigación, se obtuvo una concentración inicial de nitratos de 13.67 mg/L en el punto de muestreo M1. Posterior al tratamiento, el valor final registrado en el efluente M6 fue de 2.12 mg/L, con una eficiencia de remoción del 82.86 %. Este resultado se encuentra dentro de los límites establecidos por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, agua para riego restringido.

Los resultados comparativos evidencian que el humedal subsuperficial con *Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza* mostró una mayor eficiencia en la remoción de nitratos en comparación con el humedal superficial con *Eichhornia crassipes*, según lo reportado por Quispe (2018). En el mismo estudio, el sistema SB 2 con lombrifiltro presentó un comportamiento inverso, incrementando la concentración de nitratos, lo que refuerza la recomendación de utilizar especies como *Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza* en humedales para maximizar la eficiencia de remoción.

A pesar de que el sistema de lombrifiltro evaluado por Lara y Ruchi (2022) obtuvo el mayor porcentaje de remoción 98.57 %, seguido por el sistema de mi investigación 82.86 %, todos los tratamientos analizados lograron resultados que se encuentran dentro de los márgenes establecidos por sus respectivas normativas. Esta variabilidad en la eficiencia puede atribuirse a factores como el diseño del sistema, el tipo y densidad de

vegetación, la carga orgánica inicial, el tiempo de retención hidráulica y las condiciones ambientales locales.

Según el objetivo específico 2, este sistema ha demostrado ser eficaz en la remoción de contaminantes de los parámetros microbiológicos.

Para el caso de Coliformes Termotolerantes los resultados de la investigación de dichos autores sugieren:

Según Quispe (2018), en su investigación se observó que en el SB 1 los valores de coliformes termotolerantes disminuyeron de manera significativa al paso por el humedal subsuperficial de flujo vertical (HSSFV) con las especies *Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza* (M2) y humedal superficial con la especie *Eichhornia crassipes* (M4). Presentando una máxima concentración de coliformes termotolerantes en el punto M1 de 6.80 E+06 NMP/100 ml (21/05/2016), en el punto M2 de 9.40 E+04 NMP/100 ml (14/05/2016) y en el punto M4 de 1.70 E+04 NMP/100 ml (05/05/2016). En promedio en el punto M1 tuvo una concentración de 4.90 E+06 NMP/100 ml, en el punto M2 una concentración de 8.14 E+04 NMP/100 ml y por último en M4 una concentración de 6.40 E+03 NMP/100 ml y en el SB 2 disminuyeron de manera significativa al paso por el lombrifiltro con la especie *Eisenia Foétida* (M3) y el humedal superficial con la especie *Eichhornia crassipes* (M5). Presentando una máxima concentración de coliformes termotolerantes en el punto M1 de 6.80 E+06 NMP/100 ml (21/05/2016), en el punto M3 de 4.50E+05 NMP/100 ml (21/05/2016) y en el punto M5 de 1.30 E+05 NMP/100 ml (04/06/2016). Obteniendo un porcentaje de remoción promedio de 91.55% para el SB 1 y para el SB 2 obtuvo un porcentaje de remoción promedio del 91,23% demostrando que el SB 1 es más eficiente en la remoción de coliformes termotolerantes. Valverde (2021), en su sistema de tratamiento obtuvo mayor porcentaje de remoción en la toma #4 con un valor del afluente de (23000000 NMP/100 ml) y un valor del efluente de (79000 NMP/100 ml) con un porcentaje de remoción del 99.66%, a pesar de que hubo una gran remoción de contaminantes el sistema de tratamiento no cumplió con la normativa D.S 010-2019- VIVIENDA (Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA). En mi investigación se obtuvo como resultado del muestreo

de agua con un valor del afluente M1 de $3.60 \text{ E}+05 \text{ NMP/100 ml}$, el cual se muestra que excedió la normativa del ECA – Agua: Categoría 3, dicha agua residual al pasar por el sistema de tratamiento conformado por el lombrifiltro y el humedal artificial obtuvo un valor final del efluente M6 de $1.30 \text{ E}+03 \text{ NMP/100 ml}$, con un porcentaje de remoción del 99.90%, demostrando que este sistema de tratamiento fue eficaz para la remoción de contaminantes de dicho parámetro.

En base a estos resultados obtenidos por las distintas investigaciones, podemos decir que el que obtuvo mayor porcentaje de remoción fue mi investigación con el 99.90%, seguido de Valverde (2021) con 99.66% de remoción.

Cabe mencionar que la efectividad de mi sistema de tratamiento fue debido a la reproducción de las lombrices, al aumento de las raíces y el mantenimiento que se le dio.

CONCLUSIONES

CONCLUSION GENERAL

En relación al objetivo general se pudo demostrar la eficacia del Lombrifiltro con carbón activo y el Humedal artificial con *Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza*, en el cual se obtuvo la minimización de concentraciones tanto de los parámetros físico – químicos como microbiológicos, demostrando que este tratamiento cumple con el D.S. N°004-2017-MINAM.

CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

Del objetivo específico 1, para los parámetros físico – químicos se evaluó pH, T°, A&G, DBO, DQO, Nitritos y Nitratos; y se determinó que el lombrifiltro con carbón activo y el humedal artificial con *Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza* tienen un efecto positivo en la remoción de estos contaminantes.

Potencial de hidrogeno (pH), al inicio de la muestra antes de que el agua residual sea tratada, el pH se encontraba ligeramente ácido y al paso por el sistema de tratamiento conformado por un lombrifiltro con carbón activo y el humedal artificial con *Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza*, logran mantener un pH neutral el cual se encuentra dentro del rango del Estándar de Calidad del Agua (ECA), Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, agua para riego restringido; también podemos decir que no se ve mucha diferencia en los resultados debido a que este es un indicador de control, demostrando que este sistema de tratamiento cumple con el D.S. N°004-2017-MINAM.

Temperatura (T°), debido a que este parámetro se encuentra relacionado con el cambio climático, se puede apreciar que en la semana 4 hubo una ligera alteración de la temperatura, debido a que se presentaron lluvias durante esa semana, como consecuencia se vio alterado el sistema de tratamiento y por consiguiente un cambio ligero en los resultados de los parámetros. Pese a este ligero cambio de temperatura, el parámetro se encuentra dentro del Estándar de Calidad del Agua (ECA), Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, agua para riego restringido; también

podemos decir que no se ve mucha diferencia en los resultados debido a que este es un indicador de control.

Aceites y Grasas (A&G), al inicio del muestreo antes de que el agua residual pase por el sistema de tratamiento el parámetro excedía el ECA agua de riego restringido, con un valor de (26.7 mg/L), posteriormente, cuando el agua residual paso por el sistema de tratamiento tuvo un valor final de (1.8 mg/L) con un porcentaje de remoción final del 93.26 %, demostrando que el valor final cumple con el Estándar de Calidad del Agua (ECA), Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, agua para riego restringido.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), los resultados obtenidos de este parámetro antes de que el agua residual pase por el sistema de tratamiento excedían el ECA agua de riego restringido, con un valor de (330 mg/L), después de que el agua residual haya sido tratada se observó una gran disminución de este parámetro, con un valor final de (13.4 mg/L) y un porcentaje de remoción final del 95.94 %, cuyo valor antes mencionado cumple con el Estándar de Calidad del Agua (ECA), Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, agua para riego restringido.

Demanda Química de Oxígeno (DQO), al interpretar este resultado de la muestra pre test se hace mención que el parámetro excedía el ECA agua de riego restringido, con un valor de (478 mg/L), luego de que el agua residual haya pasado a través del sistema de tratamiento obtuvo un valor de (19.1 mg/L) y un porcentaje de remoción final del 96.00 %, demostrando que este valor final cumplía con el Estándar de Calidad del Agua (ECA), Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, agua para riego restringido.

Nitritos (NO_2 -N), de acuerdo a los resultados de laboratorio del afluente proveniente del agua residual de la avícola tenía un valor de (2.8 mg/L), el cual ya cumplía con el ECA agua para riego restringido; y dicha agua al pasar por el sistema de tratamiento tuvo un valor final de (0.48 mg/L), con un porcentaje de remoción final del 82.86 %, demostrando que cumple con el Estándar de Calidad del Agua (ECA), Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales.

Nitratos (NO_3^- -N), en base a los resultados del laboratorio del afluente proveniente del agua residual de la avícola, podemos decir que tuvo un valor de (13.67 mg/L) y dicha agua al paso por el sistema de tratamiento obtuvo un valor de (2.12 mg/L), con un porcentaje de remoción del 82.86 %, demostrando que desde el valor inicial dicho parámetro ya cumplía con el Estándar de Calidad del Agua (ECA), Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, agua para riego restringido

Del objetivo específico 2, para el parámetro microbiológico se evaluó los coliformes termotolerantes; y se determinó que el lombrifiltro con carbón activo y el humedal artificial con *Cyperus papyrus* y *Alocasia macrorrhiza* tienen un efecto positivo en la remoción de estos contaminantes.

Coliformes Termotolerantes, el primer resultado de la muestra del agua residual sin tratamiento nos indica un alto nivel de contaminación fecal y/o desechos en descomposición, el cual excedía el ECA agua para riego restringido con un valor de (3.60×10^5 NMP/100 ml), luego de que el agua residual haya pasado a través del sistema de tratamiento se observa una gran disminución de contaminantes, con un valor final de (1.30×10^3 NMP/100 ml) y un porcentaje de remoción final del 99.90%, demostrando que este último valor cumple con el Estándar de Calidad del Agua (ECA), Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, agua para riego restringido.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar una mayor caracterización de parámetros físico-químicos y microbiológicos los cuales no han sido estudiados en mi investigación, adecuada a los ECA, Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, agua para riego restringido; esto con la finalidad de ampliar una gama de resultados en la remoción de contaminantes.

Se recomienda realizar su óptimo mantenimiento del sistema con la finalidad de que tenga un correcto funcionamiento, es decir, limpiar periódicamente el tanque séptico, eliminación de las malas hierbas, entre otros.

Los residuos desechados del lombrifiltro se recomienda usarlo previo tratamiento en composteras, de tal forma que no exista riesgos significativos a la salud y al medio ambiente.

Se recomienda elaborar un proyecto ambiental en concordancia con las autoridades con la finalidad de concretar dicha propuesta y reutilizar las aguas residuales con fines de riego, según lo permita la legislación vigente.

Se recomienda ampliar el periodo de muestreo de los parámetros físico-químicos y microbiológicos para poder observar si a mayor tiempo, mayor efectividad.

Se sugiere la implementación de múltiples especies de plantas para evaluar comparativamente el rendimiento operativo y la capacidad de remoción de contaminantes del sistema de tratamiento, mediante análisis estadísticos y parámetros de eficiencia específicos.

Se recomienda ejecutar una investigación en la localidad orientada al análisis de efluentes domésticos, dado que actualmente no se cuenta con una red de alcantarillado ni con un sistema de tratamiento de aguas residuales. Como consecuencia, los vertimientos generados por las descargas domiciliarias están siendo evacuados directamente hacia los riachuelos, lo que ocasiona un impacto negativo en la calidad del recurso hídrico, en la salud pública y en el equilibrio del ecosistema acuático.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROFLOR. (1993). *Manual de Lombricultura*. Obtenido de <http://agro.unc.edu.ar/~biblio/Manual%20de%20Lombricultura.pdf>
- Alarcón Herrera, T., Zurita Martínez, F., Lara Borrero, J., & Vidal, G. (2018). *Tratamiento de Humedales: Alternativa de saneamiento de aguas residuales*. Bogotá. Obtenido de <https://acortar.link/nf0IHE>
- Amarildo Fernández. (2007). *Aguas residuales en el Perú, problemática y uso en la agricultura, Perú*. Obtenido de https://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/356/mod_page/content/128/Peru%20INFORME%20DE%20PAIS.pdf
- ANA. (2015). *Uso de Aguas Residuales- en el Perú*. Obtenido de http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/uso_de_aguas_residuales_en_el_peru_0.pdf.
- ANA. (2015). *SPDA Actualidad Ambiental*. Obtenido de <https://n9.cl/74cdc>
- ANA, A. (2016). *Protocolo Nacional Para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Perú*. Obtenido de <https://n9.cl/sr5i8>
- Aranda C. & Jorge I. (2018). *Aguas Residuales Provenientes de la Industria Avícola en Colombia: Generalidades y Tratamientos. Una revisión bibliográfica*. Colombia. Repositorio Institucional, Universidad de los Llanos, Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication>.
- Arce, A. Calderón, C. & Tomasini, A. (s.f). Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua. http://cetis125.edu.mx/programasestudio/labquimico/fundamentos_tecnicos.pdf
- Arciniega et al. (2024). *Evaluación de un humedal artificial piloto para el tratamiento de aguas residuales domesticas – fitorremediación con Eichhornia crassipes*. Ra Ximhai. Volumen 20 Núm. 3 Especial 17-37. Obtenido de <https://raximhai.uaim.edu.mx/index.php/rx/article/view/1215/1153>

- Barba, L. (2002). Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición. Obtenido de <https://docplayer.es/5213737-Universidad-del-valle.html>
- Barceló, D. (2008). *Aguas continentales. Gestión de recursos hídricos, tratamiento y calidad del agua. España*. Obtenido de <https://digital.csic.es/bitstream/10261/22637/1/aguascontinentales.pdf>
- BUBANALE, S. (2017) History, Method of Production, Structure and Applications of Activated Carbon. International Journal of Engineering and Technical Research. 10.17577/IJERTV6IS060277
- Bravo Marinni, M.A. (2019). *Diseño y evaluación del uso de lombrifiltro como alternativa al tratamiento de residuos líquidos industriales en el proceso de producción de carragenina [Tesis para Optar el Título] Universidad del Bio Bio – Chile*. Obtenido de <http://repobib.ubiobio.cl/jspui/handle/123456789/3456>
- Cabrera et al. (2022). *Análisis de un Sistema de tratamiento de aguas residuales de una industria de embutidos. Revista Politécnica (Quito) Vol.49 Núm.2* Obtenido de http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-01292022000200047&lang=es
- Calvo, G. & Mora, J. (2007). *Evaluación y clasificación preliminar de la calidad de agua de la cuenca del río Tárcos y el Reventazón. Tecnologías en Marcha, 20(4), 59-67*. Obtenido de http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/452/380
- Castillo Sánchez, J., & Chimbo Solórzano, J. (2021). *Eficiencia en la remoción de materia orgánica mediante lombrifiltros (Eisenia foetida) en aguas residuales domésticas para zonas rurales [Tesis para optar el Título], Escuela Superior Politécnica de Manabí. Repositorio Institucional, Ecuador*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5722/572266265006/>

- Castro Castellanos, E. (2019). *Estudio de viabilidad técnica y económica de la implementación del Sistema Toha (Lombrifiltro) para el tratamiento de las aguas residuales [Tesis para optar el Título], Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. Repositorio Institucional, Colombia. Obtenido de <https://n9.cl/pgt5b>
- CARBOTECNIA (2020) Carbón activado. Obtenido de <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/que-es-el-carbon-activado/>
- Coila C., & Kelly A. (2013). *Lombrifiltro; diseño, implementación y mantenimiento*. Obtenido de <https://toaz.info/doc-view-2>
- Córdova Agreda, D., & Huamán García, T. (2021). *Humedal artificial con Chrysopogon zizanioides para la remoción de aguas residuales domésticas en el Distrito de Habana – Moyobamba*. Repositorio Institucional, San Martín-Tarapoto. Obtenido de <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3950>
- Crites, R. (1998). *Sistemas de gestión de aguas residuales pequeños y descentralizados*. Repositorio Institucional, Colombia, Obtenido de: <file:///C:/Users/SHAROM/Downloads/Dialnet-SistemasDescentralizadosIntegradosYSosteniblesPara-5432296.pdf>
- Díaz Revilla, L., & Zafra Olano, A. (2018). *Implementación de un lombrifiltro para el tratamiento de aguas residuales procedentes del Camal Municipal de Cajamarca [Tesis para optar el Título Universitario], Universidad Privada del Norte*. Repositorio Institucional Cajamarca. Obtenido de <https://acortar.link/1ub7oZ>
- Edwards CA. 1988. *Breckdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms*. En *Earthworms in Waste and Environmental Management*. C.A. Edwards y E.F. Neuhauser (eds). SPB Academic Publishing BV, The Hague, The Netherlands. 1988:21-31p.
- Espigares, M & Pérez, J. (s.f). *Aguas Residuales Composición*. Obtenido de <http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/>

ogo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf

FAO, F. (2003). *Una revisión sobre el Bore (Alocasia macrorrhiza)*.
Obtenido de

<https://www.fao.org/3/y4435s/y4435s0i.htm#TopOfPage>

Fonfría Sans, R., & Ribas Pablo, J. (1989). *Ingeniería Ambiental: Contaminación y Tratamientos- Aguas residuales (Vol. 28)*. Marcombo. Obtenido de

[https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=kumplOJs6T0C&oi=fnd&pg=PA5&dq=Fonfr%C3%ADa+%26+Ribas+\(1989&ots=0E2JV5TOql&sig=6kQVfRmVWZRIXGSFJRQmLHpSSOw#v=onepage&q=Fonfr%C3%A Da%20%26%20Ribas%20\(1989&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=kumplOJs6T0C&oi=fnd&pg=PA5&dq=Fonfr%C3%ADa+%26+Ribas+(1989&ots=0E2JV5TOql&sig=6kQVfRmVWZRIXGSFJRQmLHpSSOw#v=onepage&q=Fonfr%C3%A Da%20%26%20Ribas%20(1989&f=false)

Gallego Estrada, Y. (2010). *Metales pesados en el medio ambiente utilizando humedales para su remoción [Tesis para optar el Título Universitario]*, Universidad Tecnológica de Pereira. Repositorio Institucional, Colombia. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/71396135.pdf>

Gutierrez Mosquera, H., & Pena Varon, M. (2010). *Estimación del balance de Nitrógeno en un humedal construido subsuperficial plantado con Heliconia psittacorum para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Tecnología y Ciencias del Agua*, 8-10. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v2n3/v2n3a4.pdf>

Hammeken Arana, M., & Romero García, E. (2005). *Análisis y diseño de una planta de tratamiento de agua residual para el municipio de San Andrés Cholula [Tesis para optar el Título Universitario]*. Repositorio Institucional, México. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/hammeken_a_am/

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación (6° ed.)*. McGrawHill. Obtenido de file:///C:/Users/SHAROM/Downloads/Metodologia_de_la_investiga

- Juárez Chota, L. (2018). *Evaluación del humedal artificial de lecho fluidizado ascendente con macrofita. flotante, en la remoción de aguas residuales del matadero municipal de la ciudad de Moyobamba [Tesis para optar el Título Universitario]*, Universidad Nacional de San Martín. Repositorio Institucional, San Martín-Tarapoto. Obtenido de <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2813>
- Kusanovic, M. (2009). *Planta de tratamiento de riles [Tesis para optar el Título Universitario]*, Universidad de Magallanes. Chile. Obtenido de http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/kusanovic_mariano_2009.pdf
- Kyambadde, J., Kansime, F., Gumaelius, L., & Dalhammar, G. (2004). *Un estudio comparativo de los humedales contruidos a base de papiro Cyperus y Miscanthidium violaceum para el tratamiento de aguas residuales en un clima tropical. Elsevier.*
- Llagas, C., & Gomes, G. (2006). *Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. Revista Del Instituto De investigación De La Facultad De Minas, 85-96.*
- Medina & Manrique. (2018). *Uso del carbón activado para el tratamiento de aguas. Revisión y estudios de caso. Revista Nacional de Ingeniería, 1-15.*
- Metcalf & Eddy (2004). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse.* London: McGraw-Hill.
- Metcalf & Eddy. (1995). *Tratamiento, Vertido y Reutilización (Vol. I).* McGraw-Hill. Obtenido de file:///C:/Users/SHAROM/Downloads/INGENIERIA_DE_AGUAS_RESIDUALES_TRATAMIEN.pdf
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2009). *Manual para Municipios Ecoeficientes.* Sistema Nacional de Información Ambiental. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/manual-municipios-ecoeeficientes>

- Moscoso (2022). *Evaluación de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales provenientes de un matadero avícola con la tecnología de los vermifiltros. [Tesis para optar el Título Universitario]. Universidad Científica del Sur. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12805/2534>*
- Mostacero J, Mejía F, Gamarra O. *Fanerógamas del Perú: Taxonomía, Utilidad y Eco geografía*. 1ra ed. Trujillo: Editorial CONCYTEC
- NTP 214.060. (2016). *AGUAS RESIDUALES. Protocolo de muestreo de aguas residuales no domésticas que se descargan en la red de alcantarillado, Perú. Obtenido de <https://www.epsgrau.pe/webpage/controlador/archivos/23320.pdf>*
- Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. OEFA, Obtenido de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2017). *Las aguas residuales, una oportunidad desaprovechada. Obtenido de <https://www.fao.org/news/story/es/item/853653/icode/>*
- Parrao Lopez, L. (2018). *Diseño y construcción de un prototipo de humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales domesticas [Tesis para optar el Título Universitario], Universidad Técnica Federico Santa María. Repositorio Institucional, Chile. Obtenido de <https://n9.cl/wun7n>*
- Pérez, R. (2013). *Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. PRONATURA. Obtenido de http://www.pronaturasur.org/web/docs/Tecnologia_Aguas_Residuales.pdf*
- Quispe Pulido, A. (2018). *Evaluación De La Eficiencia Entre Dos Sistemas De Biofiltros Para El Tratamiento De Las Aguas Residuales Domesticas De La Localidad De Carapongo, Lurigancho Chosica [Tesis para obtener el Título Universitario], Universidad Nacional*

Federico Villareal. Repositorio Institucional, Lima. Obtenido de <https://n9.cl/ack1d>

Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma OS. 090. (2006). Plantas de tratamiento de aguas residuales. Obtenido de <https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

Reynolds, K. (2002). Tratamiento de aguas residuales en Latinoamérica. Agua.org. Obtenido de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2007/10/Tratamiento-aguas-residualesLatinoamerica.pdf>

Rodier, J. (1990). *Análisis del agua: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar; química, fisicoquímica, bacteriológica, biología*. (9ª ed.). Omega.

Rodriguez Rojas, R (2002). Sistema de tratamiento de Aguas Residuales. *“Gestión Integral de Tratamiento de Aguas Residuales”*. Lima- Peru: CEPIS/OPS-OMS. Obtenido de <https://n9.cl/grisv>

Romero Rojas, J.A. (1999 a). Tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización. D.F., México: Alfaomega.

Salazar, M. (2005). Sistema Tohá: Una alternativa ecológica para el tratamiento de aguas residuales en sectores rurales [Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile]. Repositorio Institucional UACH.<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcis161s/doc/bmfcis161s.pdf>

Schuldt, M. (2006). *Lombricultura. Teoría y práctica*. Mundiprensa.

Solis, R. (2012, 26 de agosto). coliformes [Video]. YouTube. Obtenido de <https://youtu.be/uJC9mBoi4mk>

Somarriba Reyes, J., & Guzmán Guillén, F. (2004). *Guía de Lumbricultura*. Universidad Nacional Agraria. Obtenido de <https://n9.cl/0ubnh>

- Sperling Von, S., Jaime Nivala, M., & Günter Langergraber, G. (2017). *Tratamiento biológico de aguas residuales*. IWA Publishing. Obtenido de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2021/06/IWA.pdf>
- Supo Condori, J., & Zacarías Ventura, H. (2020). *Metodología de la Investigación Científica: Para las ciencias de la salud y las ciencias sociales* (3° ed.). Perú.
- Toapanta, M. (s.f). Grasas y Aceites. DSpace en ESPOL. Obtenido de [https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6161/8/GRASASYACEITE S.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6161/8/GRASASYACEITE%20S.pdf)
- Tchobanoglous, G. (2000). *Sistemas de Manejo de Aguas Residuales, para*. New York.: McGraw Hill.
- Umasi Thea, E. (2020). *Evaluación de la eficiencia de un lombrifiltro (tres capas) para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en el distrito de Cusipata-Cusco [Tesis para optar el Título Universitario], Universidad Peruana Unión*. Repositorio Institucional, Cuzco. Obtenido de <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4739>
- Valverde (2021). *Tratamiento de aguas residuales domesticas mediante el uso de humedales artificiales mejorados con las especies Cyperus papyrus y Phragmites australis [Tesis para optar el Título Universitario], Universidad Científica del Sur*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12805/2479>
- Water and Sanitation Program. (2005). *Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades*. 19-21. Obtenido de <https://documents1.worldbank.org/curated/es/943351468247792589/pdf/360810WSP0rev0biofiltro01PUBLIC1.pdf>
- Yaxcelys Caldera, Edixon Gutiérrez, Mirvia Luengo, Javier Chávez & Leopoldo Ruesga. (2010). *Evaluación del sistema de tratamiento de*

aguas residuales de industria avícola. Universidad del Zulia,
Obtenido de Revista Científica
https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592010000400011.

Zambrano, D. & Isaza, J. (1998). Demanda química de oxígeno y nitrógeno total, de los subproductos del proceso tradicional de beneficio húmedo del café. Obtenido de [https://www.cenicafe.org/es/publications/arc049\(04\)279-289.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/arc049(04)279-289.pdf)

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Dextre Espinoza, S. M. (2025). *Eficacia de un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (Cyperus papyrus y Alocasia macrorrhiza) para el tratamiento del agua residual industrial* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Eficacia de un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbon activo y un humedal artificial con (*Cyperus papyrus* y *alocasia macrorrhiza*) para el tratamiento del agua residual industrial”

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables/Indicadores	Metodología
¿Cuál es la eficacia de un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activado y un humedal artificial con (<i>Cyperus papyrus</i> y <i>Alocasia macrorrhiza</i>) para el tratamiento del agua residual industrial?	Evaluar la eficacia de un sistema biodepurador integrado por un Lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (<i>Cyperus papyrus</i> y <i>Alocasia macrorrhiza</i>) para el tratamiento del agua residual industrial	H1: El sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (<i>Cyperus papyrus</i> y <i>Alocasia macrorrhiza</i>) es eficaz para el tratamiento del agua residual industrial	Variable de calibración Biodepurador Lombrifiltro con carbón activo Humedal artificial con (<i>Cyperus papyrus</i> y <i>Alocasia macrorrhiza</i>) Variable evaluativa Tratamiento del agua Parámetros físico-químicos -pH -T° -A&G -DBO -DQO -Nitratos -Nitritos Parámetros biológicos -Coliformes termotolerantes	Tipo: Aplicativo, Experimental, Longitudinal, Analítico. Enfoque: Cuantitativo Alcance o nivel: Aplicativo Diseño: Experimental GE1: Q1---X---Q2 Población: Agua residual industrial generado por una avícola en el Departamento de San Martín, Provincia de Tocache, Distrito de Nuevo Progreso, Caserillo de San Jacinto Muestra: Se tomará 3L de muestra de agua residual industrial en el afluente y efluente del sistema de tratamiento conformado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con <i>Cyperus Papyrus</i> y <i>Alocasia Macrorrhiza</i> .
Problemas Específicos	Objetivos Específicos			
P1. ¿Cuáles son los parámetros físicoquímicos del agua residual industrial antes y después de la intervención con un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activado y un humedal artificial con (<i>Cyperus papyrus</i> y <i>Alocasia macrorrhiza</i>)?	O1. Describir los parámetros físicoquímicos del agua residual industrial antes y después de la intervención con un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activado y un humedal artificial con (<i>Cyperus papyrus</i> y <i>Alocasia macrorrhiza</i>)	H0: El sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (<i>Cyperus papyrus</i> y <i>Alocasia macrorrhiza</i>) no es eficaz para el tratamiento del agua residual industrial.		
P2. ¿Cuáles son los parámetros microbiológicos del agua residual industrial antes y después de la intervención con un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activado y un humedal artificial con (<i>Cyperus papyrus</i> y <i>Alocasia macrorrhiza</i>)?	O2. Describir los parámetros microbiológicos del agua residual industrial antes y después de la intervención con un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activado y un humedal artificial con (<i>Cyperus papyrus</i> y <i>Alocasia macrorrhiza</i>)			

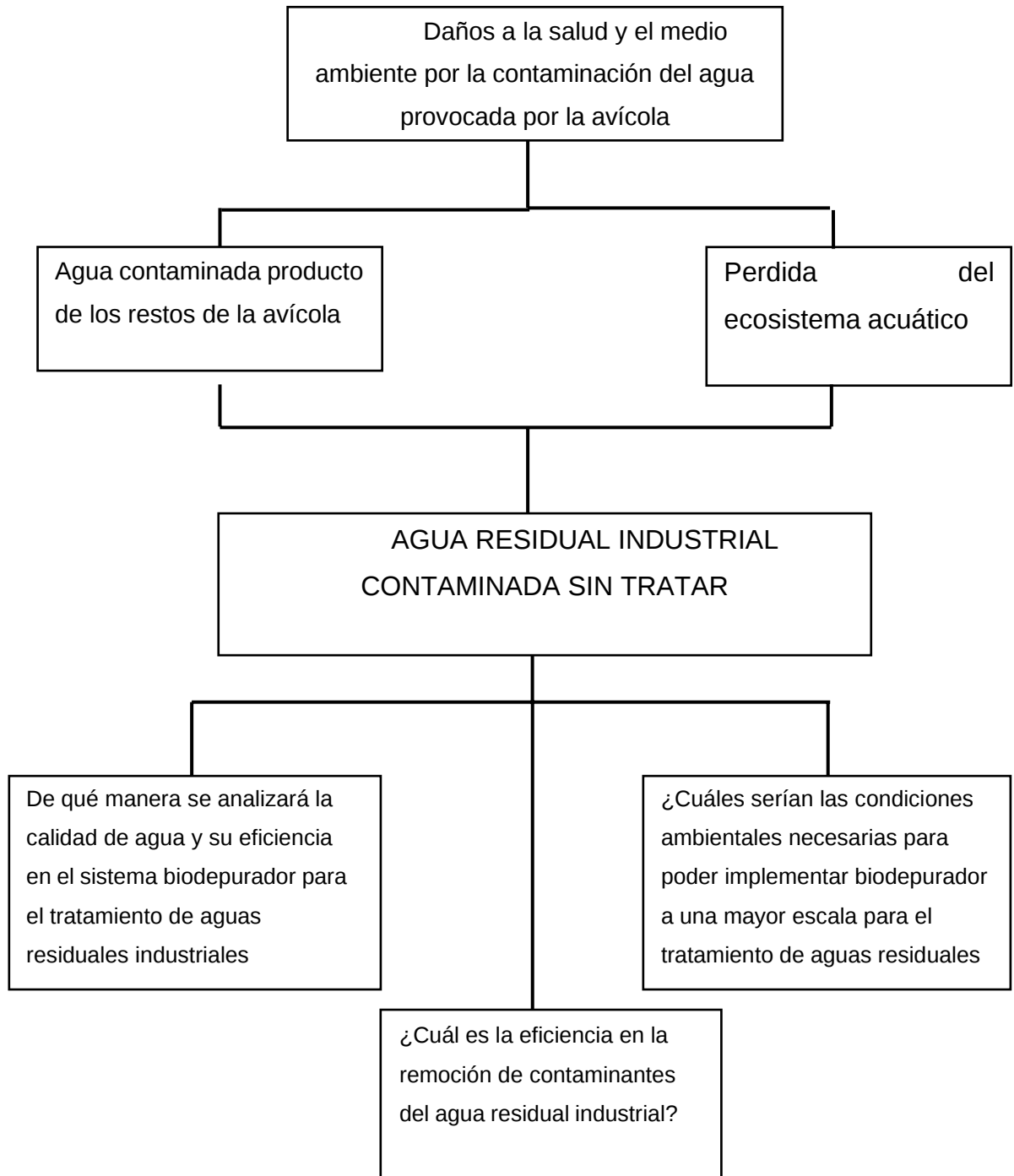
ANEXO 2

PLANO DE UBICACIÓN



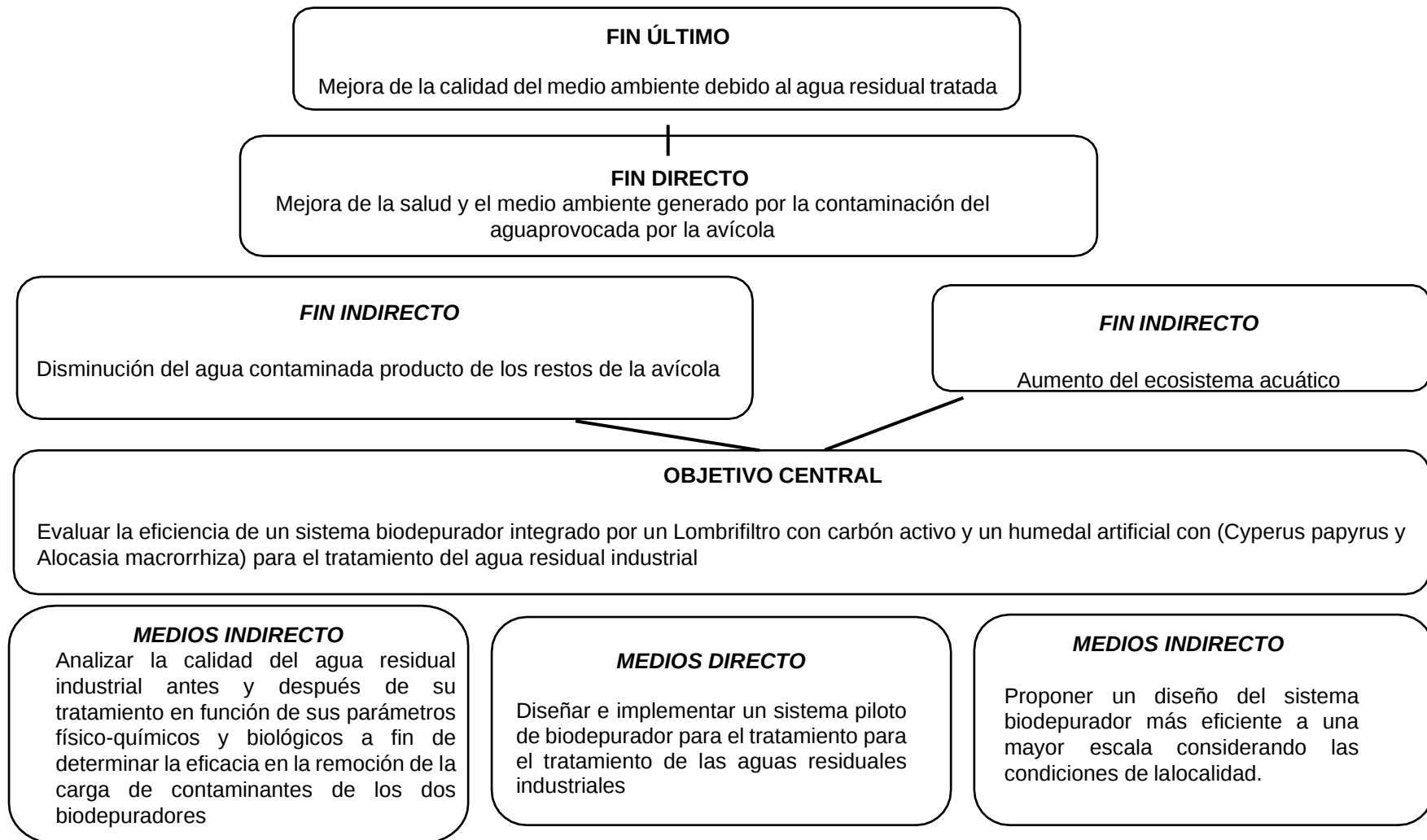
ANEXO 3

ÁRBOL DE CAUSA Y EFECTO



ANEXO 4

ÁRBOL DE MEDIOS Y FINES



ANEXO 5

FICHA DE REGISTRO DE CAMPO

[illegible]

REGISTRO DE DATOS EN CAMPO

REALIZADO POR: Sharon Haigrey Dexter Espinoza / 43195962 / EFLUENTE

[illegible]

ANEXO 6

REGISTRO FOTOGRAFICO



Imagen 01: Se realizó la visita a campo, para constatar que el agua proveniente de esta avícola va directamente a un riachuelo sin previamente haber sido tratada, contaminando así este recurso hídrico.



Imagen 02: Se realizó la inspección in situ de los galpones y criadero de aves



Imagen 03: Se procedió a realizar el muestreo de agua residual de los parámetros in situ.



Imagen 04: Se procedió a llenar los recipientes previamente esterilizados con el afluente del agua proveniente de la avícola, para posteriormente mandarlo al laboratorio para que sean analizados los parámetros correspondientes.



Imagen 05: Se etiqueto y rotulo cada envase de muestras, para posteriormente ser colocadas en el cooler con ice pack y transportadas al laboratorio.

CADENA DE CUSTODIA DE AGUA

19 ene. 2024 6:33:01 a. m.
18L 361708 9044610
LLENADO DE LA CADENA DE CUSTODIA

Imagen 06: Se rellenó la recolección de muestras de campo y la cadena de custodia.



Imagen 07: Con los recipientes de vidrios ya mandados a hacer para el lombrifiltro y el humedal artificial con sus respectivas medidas, se procedió a hacer la instalación de las tuberías por donde se filtrará el agua y se realizará la ventilación del sistema.



Imagen 08: También se procedió a instalar las cañerías, esto con la finalidad de poder controlar el flujo del agua.



Imagen 09: Se conto y peso las lombrices californianas (*Eisenia Foetida*)



Imagen 10: Las piedras de río y grava fueron previamente lavadas y todos los materiales fueron cuidadosamente manejados, para evitar que algún factor externo altere nuestro sistema y por consecuencia los resultados de su eficacia



Imagen 11: Se procedió a la colocación de los materiales en el lombrifiltro, considerando las medidas que debe de tener cada estrato



Imagen 12: Se procedió a la colocación de los materiales en el humedal artificial, considerando las medidas que debe de tener cada estrato



Imagen 13: Cabe mencionar que se puso una malla rachel entre la grava y el carbón activo, esto con la finalidad de impedir que las lombrices pasen a otros estratos.



Imagen 14: Una vez instalado todo el sistema, se procedió a dar el funcionamiento de este sistema de tratamiento.



Imagen 15: Se tomaron las muestras in situ (Temperatura y pH)



Imagen 16: Y se comenzó a llenar cada envase correctamente, en base al protocolo de muestreo.

Este paso se repetirá periódicamente para las muestras siguientes.



Imagen 17: Luego se etiqueto y rotulo los envases de muestras de agua, para luego ser transportadas al laboratorio. Este paso se repetirá periódicamente para las muestras siguientes.



Imagen 11: Cabe mencionar que en la semana 4 se apreciaba el crecimiento de pequeñas plantas dentro del lombrifiltro.

ANEXO 7. RESULTADOS DE LABORATORIO



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-099



INFORME DE ENSAYO N° 000140560

CLIENTE:	DEXTRE ESPINOZA SHARON
DOMICILIO LEGAL:	()
REFERENCIA CLIENTE:	AS-01
CÓDIGO TYPESA:	000129505
MATRIZ:	Agua natural. Agua superficial - Río
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N° 00020012038 Aproximadamente 3.1L de muestra de agua superficial Nombre del proyecto: Eficacia de un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (Cyperus Papyrus y Alocasia Macrorrhiza) para el tratamiento del agua residual industrial
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	Tomada por el cliente
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	N:9044606.35 / E:361734.75
FECHA DE TOMA:	19/01/2024 06:03:00 a.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	23/01/2024
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	19/01/2024 - 6/02/2024

RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
* Temperatura del agua "in situ"	°C	23.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 24th Ed. 2023	Temperature. Laboratory and Field Methods	

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
* Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	26.7	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 24th Ed. 2023	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5
* Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	330	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.2
* Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	478	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
* Nitratos	mg NO ₂ /L	2.80	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4110 B, 24th Ed. 2023	Ion Chromatography Method	0.1316
* Nitratos	mg NO ₃ /L	13.67	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4110 B, 24th Ed. 2023	Ion Chromatography Method	0.1679

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLOGÍA					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.C.
* Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	1300000	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 24th Ed. 2023	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).	1.8

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPESA, S.A. Sucursal del Perú. Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC. Las muestras serán conservadas de acuerdo con el periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. El laboratorio TYPESA no se responsabiliza del origen o fuente de las muestras y su información cuando es proporcionada por el cliente.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce
LABORATORIO TYPESA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: labperu@typsa.com

INFORME DE ENSAYO N° 000140560

CLIENTE:	DEXTRE ESPINOZA SHARON
DOMICILIO LEGAL:	()
REFERENCIA CLIENTE:	AS-01
CÓDIGO TYPSA:	000129505
MATRIZ:	Agua natural. Agua superficial - Río
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N° 00020012038 Aproximadamente 3.1L de muestra de agua superficial Nombre del proyecto: Eficacia de un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (Cyperus Papyrus y Alocasia Macrorrhiza) para el tratamiento del agua residual industrial
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	Tomada por el cliente
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	N:9044606.35 / E:361734.75
FECHA DE TOMA:	19/01/2024 06:03:00 a.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	23/01/2024
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	19/01/2024 - 6/02/2024

Callao, 6 de Febrero de 2024

		
Fdo. Jorge Alberto Neyra Ariza Jefe de Laboratorio de Microbiología CBP N° 8303		Fdo. Vanessa León Legua Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC. Las muestras serán conservadas de acuerdo con el periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. El laboratorio TYPSA no se responsabiliza del origen o fuente de las muestras y su información cuando es proporcionada por el cliente.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce
LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: labperu@typsa.com

INFORME DE ENSAYO N° 000141620

CLIENTE:	DEXTRE ESPINOZA SHARON
DOMICILIO LEGAL:	()
REFERENCIA CLIENTE:	AS-02
CÓDIGO TYPESA:	000130569
MATRIZ:	Agua natural. Agua superficial - Río
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N° 00020012294 Aproximadamente 3.1L de muestra de agua superficial Nombre del proyecto: Eficacia de un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (Cyperus Papyrus y Alocasia Macrorrhiza) para el tratamiento del agua residual industrial
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	Tomada por el cliente
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE	Despejado
MUESTRAS: DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	N:9044594.49 / E:361715.56
FECHA DE TOMA:	05/02/2024 05:00:00 p.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	06/02/2024
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	05/02/2024 - 17/02/2024

RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
* Temperatura del agua "in situ"	*C	22.4	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 24th Ed. 2023	Temperature. Laboratory and Field Methods	

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
*Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	6.5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 24th Ed. 2023	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	82.8	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.2
*Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	116.4	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
*Nitritos	mg NO ₂ /L	0.70	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4110 B, 24th Ed. 2023	Ion Chromatography Method	0.1316
*Nitratos	mg NO ₃ /L	4.52	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4110 B, 24th Ed. 2023	Ion Chromatography Method	0.1679

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLOGÍA					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.C.
*Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	22000	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 24th Ed. 2023	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1.Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).	1.8

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPESA, S.A. Sucursal del Perú. Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC. Las muestras serán conservadas de acuerdo con el periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. El laboratorio TYPESA no se responsabiliza del origen o fuente de las muestras y su información cuando es proporcionada por el cliente.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce
LABORATORIO TYPESA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: labperu@typsa.com

INFORME DE ENSAYO N° 000141620

CLIENTE:	DEXTRE ESPINOZA SHARON
DOMICILIO LEGAL:	()
REFERENCIA CLIENTE:	AS-02
CÓDIGO TYPSA:	000130569
MATRIZ:	Agua natural. Agua superficial - Río
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N° 00020012294 Aproximadamente 3.1L de muestra de agua superficial Nombre del proyecto: Eficacia de un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (Cyperus Papyrus y Alocasia Macrorrhiza) para el tratamiento del agua residual industrial
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	Tomada por el cliente
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE	Despejado
MUESTRAS: DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	N:9044594.49 / E:361715.56
FECHA DE TOMA:	05/02/2024 05:00:00 p.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	06/02/2024
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	05/02/2024 - 17/02/2024

Callao, 17 de Febrero de 2024




Fdo. Jorge Alberto Neyra Ariza
Jefe de Laboratorio de Microbiología
CBP N° 8303


Fdo. Vanessa León Legua
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC. Las muestras serán conservadas de acuerdo con el periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. El laboratorio TYPSA no se responsabiliza del origen o fuente de las muestras y su información cuando es proporcionada por el cliente.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: labperu@typsa.com

INFORME DE ENSAYO N° 000145419

CLIENTE: DEXTRE ESPINOZA SHARON
DOMICILIO LEGAL: ()
REFERENCIA CLIENTE: AS-02
CÓDIGO TYPSA: 000132470
MATRIZ: Agua natural. Agua superficial - Río
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Cotización N° 00020012484
 Aproximadamente 3.25L de muestra de agua superficial
 Nombre del proyecto: Eficacia de un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (Cyperus Papyrus y Alocasia Macrorrhiza) para el tratamiento del agua residual industrial

DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA: Tomada por el cliente
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS: Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: N:9044594.49 / E:361715.56
FECHA DE TOMA: 12/02/2024 04:43:00 p.m.
FECHA DE RECEPCIÓN: 13/02/2024
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS: 12/02/2024 - 01/03/2024

RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
* Temperatura del agua "in situ"	°C	22	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 24th Ed. 2023	Temperature. Laboratory and Field Methods	

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
*Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	4.8	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 24th Ed. 2023	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O2/L	28.9	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.2
*Demanda Química de Oxígeno	mg O2/L	37.4	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
*Nitritos	mg NO2/L	0.56	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4110 B, 24th Ed. 2023	Ion Chromatography Method	0.1316
*Nitratos	mg NO3/L	3.61	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4110 B, 24th Ed. 2023	Ion Chromatography Method	0.1679

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLOGÍA					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.C.
*Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	4900	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 24th Ed. 2023	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1.Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).	1.8

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC. Las muestras serán conservadas de acuerdo con el periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. El laboratorio TYPSA no se responsabiliza del origen o fuente de las muestras y su información cuando es proporcionada por el cliente.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce
 LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: labperu@typsa.com

INFORME DE ENSAYO N° 000145419

CLIENTE:	DEXTRE ESPINOZA SHARON
DOMICILIO LEGAL:	()
REFERENCIA CLIENTE:	AS-02
CÓDIGO TYPSA:	000132470
MATRIZ:	Agua natural. Agua superficial - Río
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N° 00020012484 Aproximadamente 3.25L de muestra de agua superficial Nombre del proyecto: Eficacia de un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (Cyperus Papyrus y Alocasia Macrorrhiza) para el tratamiento del agua residual industrial
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	Tomada por el cliente
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	N:9044594.49 / E:361715.56
FECHA DE TOMA:	12/02/2024 04:43:00 p.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	13/02/2024
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	12/02/2024 - 01/03/2024

Callao, 01 de Marzo de 2024




Fdo. Jorge Alberto Neyra Ariza
Jefe de Laboratorio de Microbiología
CBP N° 8303


Fdo. Vanessa León Legua
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC. Las muestras serán conservadas de acuerdo con el periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. El laboratorio TYPSA no se responsabiliza del origen o fuente de las muestras y su información cuando es proporcionada por el cliente.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: labperu@typsa.com

INFORME DE ENSAYO N° 000146432

CLIENTE: DEXTRE ESPINOZA SHARON
DOMICILIO LEGAL: ()
REFERENCIA CLIENTE: AS-02
CÓDIGO TYPSA: 000133563
MATRIZ: Agua natural. Agua superficial - Río
Cotización N° 00020012502
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Aproximadamente 3.25L de muestra de agua superficial
Nombre del proyecto: Eficacia de un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (Cyperus Papyrus y Alocasia Macrorrhiza) para el tratamiento del agua residual industrial

DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA: Tomada por el cliente
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS: Nublado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: N:9044594.49 / E:361715.56
FECHA DE TOMA: 19/02/2024 05:00:00 p.m.
FECHA DE RECEPCIÓN: 20/02/2024
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS: 19/02/2024 - 06/03/2024

RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
* Temperatura del agua "in situ"	°C	18	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 24th Ed. 2023	Temperature. Laboratory and Field Methods	

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
*Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	5.9	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 24th Ed. 2023	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O2/L	34.5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.2
*Demanda Química de Oxígeno	mg O2/L	43.8	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
*Nitritos	mg NO2/L	0.90	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4110 B, 24th Ed. 2023	Ion Chromatography Method	0.1316
*Nitratos	mg NO3/L	5.38	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4110 B, 24th Ed. 2023	Ion Chromatography Method	0.1679

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLOGÍA					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.C.
*Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	8100	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 24th Ed. 2023	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).	1.8

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC. Las muestras serán conservadas de acuerdo con el período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. El laboratorio TYPSA no se responsabiliza del origen o fuente de las muestras y su información cuando es proporcionada por el cliente.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: labperu@typsa.com

INFORME DE ENSAYO N° 000146432

CLIENTE:	DEXTRE ESPINOZA SHARON
DOMICILIO LEGAL:	()
REFERENCIA CLIENTE:	AS-02
CÓDIGO TYPSA:	000133563
MATRIZ:	Agua natural. Agua superficial - Río
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N° 00020012502 Aproximadamente 3.25L de muestra de agua superficial Nombre del proyecto: Eficacia de un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (Cyperus Papyrus y Alocasia Macrorrhiza) para el tratamiento del agua residual industrial
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	Tomada por el cliente
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Nublado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	N:9044594.49 / E:361715.56
FECHA DE TOMA:	19/02/2024 05:00:00 p.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	20/02/2024
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	19/02/2024 - 06/03/2024

Callao, 06 de Marzo de 2024



Fdo. Jorge Alberto Neyra Ariza
Jefe de Laboratorio de Microbiología
CBP N° 8303

Fdo. Vanessa León Legua
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC. Las muestras serán conservadas de acuerdo con el periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendarios después de la recepción en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. El laboratorio TYPSA no se responsabiliza del origen o fuente de las muestras y su información cuando es proporcionada por el cliente.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: labperu@typsa.com

INFORME DE ENSAYO N° 000148258

CLIENTE:	DEXTRE ESPINOZA SHARON
DOMICILIO LEGAL:	()
REFERENCIA CLIENTE:	AS-02
CÓDIGO TYPSA:	000134687
MATRIZ:	Agua natural. Agua superficial - Río
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N° 00020012602 Aproximadamente 3.25L de muestra de agua superficial Nombre del proyecto: Eficacia de un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (Cyperus Papyrus y Alocasia Macrorrhiza) para el tratamiento del agua residual industrial
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	Tomada por el cliente
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	N:9044594.49 / E:361715.56
FECHA DE TOMA:	26/02/2024 04:40:00 p.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	27/02/2024
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	26/02/2024 - 14/03/2024

RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
* Temperatura del agua "in situ"	°C	22.4	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 24th Ed. 2023	Temperature. Laboratory and Field Methods	

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
*Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	2.2	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 24th Ed. 2023	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O2/L	13.9	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.2
*Demanda Química de Oxígeno	mg O2/L	21.1	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
*Nitritos	mg NO2/L	0.41	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4110 B, 24th Ed. 2023	Ion Chromatography Method	0.1316
*Nitratos	mg NO3/L	2.83	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4110 B, 24th Ed. 2023	Ion Chromatography Method	0.1679

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLOGÍA					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.C.
*Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	1700	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 24th Ed. 2023	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).	1.8

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC. Las muestras serán conservadas de acuerdo con el periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. El laboratorio TYPSA no se responsabiliza del origen o fuente de las muestras y su información cuando es proporcionada por el cliente.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: labperu@typsa.com

INFORME DE ENSAYO N° 000148258

CLIENTE:	DEXTRE ESPINOZA SHARON
DOMICILIO LEGAL:	()
REFERENCIA CLIENTE:	AS-02
CÓDIGO TYPSA:	000134687
MATRIZ:	Agua natural. Agua superficial - Río
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N° 00020012602 Aproximadamente 3.25L de muestra de agua superficial Nombre del proyecto: Eficacia de un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (Cyperus Papyrus y Alocasia Macrorrhiza) para el tratamiento del agua residual industrial
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	Tomada por el cliente
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	N:9044594.49 / E:361715.56
FECHA DE TOMA:	26/02/2024 04:40:00 p.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	27/02/2024
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	26/02/2024 - 14/03/2024

Callao, 14 de Marzo de 2024

 Fdo. Jorge Alberto Neyra Ariza Jefe de Laboratorio de Microbiología CBP N° 8303	 Fdo. Vanessa León Legua Jefe de Laboratorio General y Espectroscopia CQP N° 927
--	--

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC. Las muestras serán conservadas de acuerdo con el periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. El laboratorio TYPSA no se responsabiliza del origen o fuente de las muestras y su información cuando es proporcionada por el cliente.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce
LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/ Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: labperu@typsa.com

INFORME DE ENSAYO N° 000148965

CLIENTE: DEXTRE ESPINOZA SHARON
()
DOMICILIO LEGAL: AS-02
REFERENCIA CLIENTE: 000135026
CÓDIGO TYPSA: Agua natural. Agua superficial - Río
MATRIZ: Cotización N° 00020012678
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Aproximadamente 3.25L de muestra de agua superficial
Nombre del proyecto: Eficacia de un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (Cyperus Papyrus y Alocasia Macrorrhiza) para el tratamiento del agua residual industrial

DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA: Tomada por el cliente
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS: Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: N:9044594.49 / E:361715.56
FECHA DE TOMA: 04/03/2024 05:00:00 p.m.
FECHA DE RECEPCIÓN: 05/03/2024
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS: 04/03/2024 - 22/03/2024

RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
* Temperatura del agua "in situ"	*C	22.20	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 24th Ed. 2023	Temperature. Laboratory and Field Methods	

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
*Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	1.8	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 24th Ed. 2023	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O2/L	13.4	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	0.2
*Demanda Química de Oxígeno	mg O2/L	19.1	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2.2
*Nitritos	mg NO2/L	0.48	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4110 B, 24th Ed. 2023	Ion Chromatography Method	0.1316
*Nitratos	mg NO3/L	2.12	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4110 B, 24th Ed. 2023	Ion Chromatography Method	0.1679

RESULTADOS ANALÍTICOS MICROBIOLOGÍA					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.C.
*Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	1300	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 24th Ed. 2023	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. 1. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).	1.8

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC. Las muestras serán conservadas de acuerdo con el periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. El laboratorio TYPSA no se responsabiliza del origen o fuente de las muestras y su información cuando es proporcionada por el cliente.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: labperu@typsa.com

INFORME DE ENSAYO N° 000148965

CLIENTE:	DEXTRE ESPINOZA SHARON
DOMICILIO LEGAL:	()
REFERENCIA CLIENTE:	AS-02
CÓDIGO TYPSA:	000135026
MATRIZ:	Agua natural. Agua superficial - Río Cotización N° 00020012678
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Aproximadamente 3.25L de muestra de agua superficial Nombre del proyecto: Eficacia de un sistema biodepurador integrado por un lombrifiltro con carbón activo y un humedal artificial con (Cyperus Papyrus y Alocasia Macrorrhiza) para el tratamiento del agua residual industrial
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	Tomada por el cliente
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	N:9044594.49 / E:361715.56
FECHA DE TOMA:	04/03/2024 05:00:00 p.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	05/03/2024
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	04/03/2024 - 22/03/2024

Callao, 22 de Marzo de 2024




Fdo. Jorge Alberto Neyra Ariza
Jefe de Laboratorio de Microbiología
CBP N° 8303


Fdo. Vanessa León Legua
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/LD. Límite de detección

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC. Las muestras serán conservadas de acuerdo con el periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. El laboratorio TYPSA no se responsabiliza del origen o fuente de las muestras y su información cuando es proporcionada por el cliente.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce
LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: labperu@typsa.com

ANEXO 8 CADENA DE CUSTODIA

Pag. ____ de ____



TYPESA
PERU

CADENA DE CUSTODIA DE AGUA

COMPANIA / CLIENTE: Sharon Maigredy Dextre Espinoza							PRESERVACIÓN										N°:			
UNIDAD OPERATIVA:							Lugol													
DIRECCIÓN: Jr. Cesar Vallejo 148 - Amarilis - Huancayo							Agua Zn													
PERSONA DE CONTACTO: Sharon Dextre Espinoza							NaOH													
TELÉFONO/ E-mail:							H₂SO₄													
CONTRATO/ OTRA REF.: 12484							HNO₃													
ENVIAR FACTURA A (CLIENTE TERCERO)							ANÁLISIS REQUERIDOS													
RAZÓN SOCIAL: GENATEB S.A.C.							Parámetros Laboratorio										Parámetros In Situ (3)			
RUC: 20603643055							Azúcares y Grasas										pH			
DOMICILIO: HLC. NOR ESTE RIO QUILCAY LOTE 14 - HUARAZ							DBO										Cond (mg/l)			
NOMBRE DEL PROYECTO: "Eficacia de un sistema biotecnológico..."							OD										Temp (°C)			
LUGAR DE MUESTREO: San Martín - Nuevo Progreso - San Jacinto							Nitritos										OD (mg/l)			
							Nitratos													
							Coliformes													
							Termotolerante													
							Indicar con una (X) los recuadros inferiores según los análisis requeridos por cada muestra													
ITEM	CODIGO DE LABORATORIO (1)	PUNTO DE MUESTREO	MUESTREO		Tipo de Muestra / Matriz (2)	Coordenadas UTM (WGS 84) HUSO:	Altitud (msnm)	N° Frascos												
1	129505	A5-01	19/01/24	6:03am	Agua Superficial	N: 9044606.35 E: 36134.75	534	06	X	X	X	X	X	X			X			
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				



(1) Información Ingresada en Recepción.
 (2) MATRIZ: Agua natural: Subterránea (Manantial, Termal), Superficial (Ríos, Laguna/Lago, Deposición atmosférica); Agua Residual: Doméstica, Municipal, Industrial; Agua de Consumo Humano: Bebida (Potable, Mesa, Envasada), Piscina, Laguna Artificial; Aguas Salinas: Mar, Salobre, Salmuera;
 Aguas de Proceso: Circulación, Alimentación para Calderas, Calderas, Lixiviación, Purificada, Agua de Inyección y Reinyección.
 (3) IN SITU: En caso de muestras tomadas por el cliente en donde quiera que los parámetros in situ se muestren en el informe de laboratorio: Indicar Parámetros y valor obtenido.

MUESTREO REALIZADO POR:				OBSERVACIONES / INCIDENCIAS				SUPERVISOR / CLIENTE			
TYPESA		Cliente		Verificación Intermedia de la Temperatura (°C):		Nombre: Sharon Dextre Espinoza		Cargo: Ing. Ambiental		Firma:	
Responsable: Sharon Dextre Espinoza		Firma:									
LABORATORIO - RECEPCIÓN DE MUESTRAS				Proveedor de envases para muestra:				Cliente		TYPESA	
Entregado por: FERNANDO CHOZO				Temperatura de Ingreso Laboratorio:				Condición de la(s) Muestra(s): Buenos Condiciones		Firma y Sello	
Recibido por:		Fecha: 23/01/24		Hora: 10:00a							

TYPESA. Calle Delta N° 269, Urb. Parque Industrial - Callao, Teléfono 7119753 / 7119736

COMPANIA / CLIENTE:	Sharon Haigrocy Deatre Espinoza
UNIDAD OPERATIVA:	—
DIRECCIÓN:	3. Cesar Vallejo #108 - Amarilis-Hco
PERSONA DE CONTACTO:	Sharon Haigrocy Deatre Espinoza
TELÉFONO/ E-mail:	—
CONTRATO/ OTRA REF.	000 200 120 38

197

[illegible]

ENVIAR FACTURA A (CLIENTE TERCERO)	
RAZON SOCIAL	GENATEC S.A.C
RUC	20603647055
DOMICILIO	MLC. NOROESTE RIO QUILCAY LOTE 14 - HUAPAZ
NOMBRE DEL PROYECTO	"Eficacia de un Sistema biodepurador...."
LUGAR DE MUESTREO	San Martín - Foca que - Abasco - Arepato - San Jacinto

[illegible]

(3) IN SITU: En caso de muestras tomadas por el cliente en donde quiera que los parámetros in situ se muestren en el informe de laboratorio; Indicar Parámetros y valor obtenido.

INFORMACIÓN DEL MUESTREO

MUESTREO REALIZADO POR:				OBSERVACIONES / INCIDENCIAS				SUPERVISOR / CLIENTE				
TYPSA	Cliente	☒	Verificación Intermedia de la Temperatura (°C):					Nombre:	Sharon Dora Espinoza			
Responsable:	Sharon Dora Espinoza							Cargo:	Ing. Ambiental			
Firma:								Firma:				
LABORATORIO - RECEPCIÓN DE MUESTRAS												
Entregado por:	Fernando Chozo							Proveedor de envases para muestra:	Cliente	☒	TYPSA	☒
Recibido por:								Temperatura de Ingreso Laboratorio:				
Fecha: (dd-mm-aa)	06/02/24		Hora: (24:00)					09:00a				
				Firma y Sello								

TYPSA. Calle Delta N° 269, Urb. Parque Industrial - Callao. Teléfono 7119753 / 7119736

CADENA DE CUSTODIA DE AGUA

COMPANIA / CUENTE: <u>Sharon Maigroly Dore Espinoza</u>						PRESERVACIÓN										N°:				
UNIDAD OPERATIVA:						Lugol														
DIRECCIÓN: <u>Jr. Cesar Vallejo # 148 Ananillo Hco</u>						Agua Zn														
PERSONA DE CONTACTO: <u>Sharon Dore Espinoza</u>						HNO ₃														
TELÉFONO / E-mail:						H ₂ SO ₄														
CONTRATO / OTRA REF. <u>000 200 120 77</u>						HNO ₂														
ENVIAR FACTURA A (CLIENTE TERCERO)						ANÁLISIS REQUERIDOS														
RAZÓN SOCIAL: <u>GENATEB S.A.C.</u>						Parámetros Laboratorio										Parámetros In Situ (3)				
RUC: <u>20603643055</u>						Acidos y Gases										pH				
DOMICILIO: <u>MLC NOR ESTE RIO QUILCA LOTE 14 - HUAYPAZ</u>						DBO										Cond (ucl/cm)				
NOMBRE DEL PROYECTO: <u>"Eficacia de un sistema bio de purificación"</u>						Nitritos										Temp. (°C)				
LUGAR DE MUESTREO: <u>San Martín - Taraco - Nuevo Progreso - Sin Pintado</u>						Nitros										O.D. (mg/l)				
						Cálculo de los tres muestreos														
						Indicar con una (X) los recuadros inferiores según los análisis requeridos por cada muestra														
IDEM	CODIGO DE LABORATORIO (1)	PUNTO DE MUESTREO	MUESTREO		Tipo de Muestra / Matriz (2)	Coordenadas UTM (WGS 84) HUSO:	Altitud (msnm)	N° Frascos												
1	132736	AS-02	12/02/24	4:43pm	Agua superficial	N 9044594.49 E 76116.56	534	06	X	X	X	X	X	X			X			
2						N:														
3						E:														
4						N:														
5						E:														
6						N:														
7						E:														
8						N:														
						E:														

(1) Información Ingresada en Recepción.
 (2) MATRIZ: Agua natural: Subterránea (Manantial, Termal), Superficial (Ríos, Laguna/Lago, Deposición atmosférica); Agua Residual: Domestica, Municipal, Industrial; Agua de Consumo Humano: Bebida (Potable, Mesa, Envasada), Piscina, Laguna Artificial; Aguas Salinas: Mar, Salobre, Salmuera; Aguas de Proceso: Circulación, Alimentación para Calderas, Calderas, Lixiviación, Purificada, Agua de Inyección y Reinyección.
 (3) IN SITU: En caso de muestras tomadas por el cliente en donde quiera que los parámetros in situ se muestren en el informe de laboratorio: Indicar Parámetros y valor obtenido.

MUESTREO REALIZADO POR:				OBSERVACIONES / INCIDENCIAS				SUPERVISOR / CLIENTE			
TYPESA	Cliente	Verificación Intermedia de la Temperatura (°C):						Nombre: <u>Sharon Dore Espinoza</u>			
Responsable:	<u>Sharon Dore Espinoza</u>							Cargo: <u>Jr. Ambiental</u>			
Firma:	<u>[Firma]</u>							Firma: <u>[Firma]</u>			

LABORATORIO - RECEPCIÓN DE MUESTRAS				Proveedor de envases para muestra:				Cliente				TYPESA			
Entregado por: <u>Fernando Choro</u>				Temperatura de Ingreso Laboratorio:											
Recibido por: <u>[Firma]</u>				Condición de la(s) Muestra(s):											
Fecha: <u>13/02/24</u> Hora: <u>9:40am</u>															

Firma y Sello

PERU				PRESERVACIÓN										N°:						
COMPANIA / CLIENTE:				OTRO																
UNIDAD OPERATIVA:				Lugol																
DIRECCIÓN:				Ac+Zn																
PERSONA DE CONTACTO:				NaOH																
TELÉFONO / E-mail:				H ₂ O ₂																
CONTRATO / OTRA REF.				HNO ₃																
ENVIAR FACTURA A (CLIENTE TERCERO)				ANÁLISIS REQUERIDOS																
RAZÓN SOCIAL				Parámetros Laboratorio										Parámetros In Situ (3)						
RUC																				
DOMICILIO																				
NOMBRE DEL PROYECTO																				
LUGAR DE MUESTREO																				
IDEM	CODIGO DE LABORATORIO (1)	PUNTO DE MUESTREO	MUESTREO Fecha Hora (24:00)	Tipo de Muestra / Matriz (2)	Coordenadas UTM (WGS 84) HUSO:	Altitud (msnm)	N° Frascos	Acates y Grasas	DBO	DBO	Nitritos	Nitratos	Géneros	Temperatura	pH	Cond. (us/cm)	Temp. (°C)	O.D. (mg/l)	OBSERVACIÓN	
Indicar con una (X) los recuadros inferiores según los análisis requeridos por cada muestra																				
1	140640	AS-02	19/02/24 5:00 pm	Agua Superficial	N: 844894.49 E: 361315.56	534	06	X	X	X	X	X	X						X	
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
(1) Información Ingresada en Recepción.																				
(2) MATRIZ: Agua natural: Subterránea (Manantial, Termal), Superficial (Ríos, Laguna/Lago, Deposition atmosférica); Agua Residual: Domestica, Municipal, Industrial; Agua de Consumo Humano: Bebida (Potable, Mesa, Envasada), Piscina, Laguna Artificial; Aguas Salinas: Mar, Salobre, Salmuera;																				
Aguas de Proceso: Circulación, Alimentación para Calderas, Calderas, Lixiviación, Purificada, Agua de Inyección y Reinyección.																				
(3) IN SITU: En caso de muestras tomadas por el cliente en donde quiera que los parámetros in situ se muestren en el informe de laboratorio: Indicar Parámetros y valor obtenido.																				
MUESTREO REALIZADO POR:										INFORMACIÓN DEL MUESTREO										
TYPESA										OBSERVACIONES / INCIDENCIAS										
Responsable: Dextro Espinoza Sharon										Nombre: Dextro Espinoza Sharon										
Firma: [Firma]										Cargo: Jca. Amb.										
										Firma: [Firma]										
LABORATORIO - RECEPCIÓN DE MUESTRAS																				
Entregado por: Fernando Arango										Proveedor de envases para muestra: Cliente TYPESA										
Recibido por: [Firma]										Temperatura de Ingreso Laboratorio: °C										
Fecha: 20/02/24 Hora: 11:00										Condición de la(s) Muestra(s): Buena Condición										

CADENA DE CUSTODIA DE AGUA

COMPANIA / CUENTE:		Sharon Haignaly Dextro Espinoza		PRESERVACIÓN										N°:							
UNIDAD OPERATIVA:		-		Lugol																	
DIRECCIÓN:		Jr. Cesar Vallejo # 147 Amarilis - Hco		Agua Zn																	
PERSONA DE CONTACTO:		Sharon Dextro Espinoza		NaOH																	
TELÉFONO / E-mail:		-		H ₂ SO ₄																	
CONTRATO / OTRA REF.:		000 200 83166		HNO ₃										X X X X							
ENVIAR FACTURA A (CLIENTE TERCERO)				ANÁLISIS REQUERIDOS																	
RAZÓN SOCIAL				GENATEC S.A.C										Parámetros Laboratorio				Parámetros In Situ (3)			
RUC				20603643055																	
DOMICILIO				H.C. NOR ESTE RIO QUILLCAI LOTE 14 - HUARA 2																	
NOMBRE DEL PROYECTO				"Eficacia de un sistema bio de purificación..."																	
LUGAR DE MUESTREO				San Martín - Tocache - Nuevo Progreso - San Jacinto																	
IDEM	CODIGO DE LABORATORIO (1)	PUNTO DE MUESTREO	MUESTREO		Tipo de Muestra / Matriz (2)	Coordenadas UTM (WGS 84) HUSO:	Altitud (mnm)	N° Frascos	Indicar con una (X) los recuadros inferiores según los análisis requeridos por cada muestra										OBSERVACIÓN		
			Fecha	Hora (24:00)					Acetatos y Grosos	DBO	DBO	Nitritos	Nitratos	Coliformes	Termotolerantes	pH	Cond (us/cm)	Tem. (°C)		O ₂ (mg/l)	
1	149736	AS-02	26/02/24	9:40 pm	Agua superficial	N: 904959.99 E: 361415.56	534	06	X	X	X	X	X	X					X		
2						N:															
3						E:															
4						N:															
5						E:															
6						N:															
7						E:															
8						N:															
						E:															

(1) Información Ingresada en Recepción.
 (2) MATRIZ: Agua natural: Subterránea (Manantial, Termal), Superficial (Ríos, Laguna/Lago, Deposición atmosférica); Agua Residual: Doméstica, Municipal, Industrial; Agua de Consumo Humano: Bebida (Potable, Mesa, Envasada), Piscina, Laguna Artificial; Aguas Salinas: Mar, Salobre, Salmuera; Aguas de Proceso: Circulación, Alimentación para Calderas, Calderas, Lixiviación, Purificada, Agua de Inyección y Reinyección.
 (3) IN SITU: En caso de muestras tomadas por el cliente en donde quiera que los parámetros in situ se muestren en el informe de laboratorio: Indicar Parámetros y valor obtenido.

MUESTREO REALIZADO POR:				OBSERVACIONES / INCIDENCIAS				SUPERVISOR / CLIENTE			
TYPESA	Cliente	Y	Verificación Intermedia de la Temperatura (°C):					Nombre:	Dextro Espinoza Sharon		
Responsable:	Dextro Espinoza Sharon							Cargo:	Ing. Ambiental		
Firma:								Firma:			
LABORATORIO - RECEPCIÓN DE MUESTRAS											
Entregado por:	FERNANDO CHORO							Proveedor de envases para muestra:	Cliente	TYPESA	
Recibido por:								Temperatura de Ingreso Laboratorio:			
Fecha: (dd-mm-aa)	27/02/24			Hora: (24:00)	9:00			Condición de la(s) Muestra(s):			
				Firma y Sello							

CADENA DE CUSTODIA DE AGUA

COMPANIA / CLIENTE: Sharon Dextre Espinoza						PRESERVACION										N°:							
UNIDAD OPERATIVA:						Lugol																	
DIRECCION: Jr. Cesar Vallejo # 192 Amarillos - Hco						Ace. Zn																	
PERSONA DE CONTACTO: Sharon Dextre Espinoza						H2O2																	
TELEFONO / E-mail:						HNO3																	
CONTRATO / OTRA REF. 000.346.02						X										X X X X							
ENVIAR FACTURA A (CLIENTE TERCERO)						ANALISIS REQUERIDOS																	
RAZON SOCIAL: GENATEO S.A.C.						Parámetros Laboratorio										Parámetros In Situ (3)							
RUC: 20603643035																							
DOMICILIO: MLC. NOR ESTE RIO QUILCA (OTE 14 - HUARA)																							
NOMBRE DEL PROYECTO: "Ejecución de un sistema biodepurador"																							
LUGAR DE MUESTREO: San Martín - Tacache - Nuevo Progreso - Sanj.																							
ITEM	CODIGO DE LABORATORIO (1)	PUNTO DE MUESTREO	MUESTREO		Tipo de Muestra / Matriz (2)	Coordenadas UTM (WGS 84) HUSO:	Altitud (msnm)	N° Frasco	Indicar con una (X) los recuadros inferiores según los análisis requeridos por cada muestra										OBSERVACIÓN				
1	152081	As-02	04/03/24	5:00pm	Agua superficial	N: 9044574.79 E: 36115.56	534	06	X	X	X	X	X	X				X					
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							
7																							
8																							

(1) Información Ingresada en Recepción.
 (2) MATRIZ: Agua natural: Subterránea (Manantial, Termal), Superficial (Rios, Laguna/Lago, Deposición atmosférica); Agua Residual: Domestica, Municipal, Industrial; Agua de Consumo Humano: Bebida (Potable, Mesa, Envasada), Piscina, Laguna Artificial; Aguas Salinas: Mar, Salobre, Salmuera; Aguas de Proceso: Circulación, Alimentación para Calderas, Calderas, Lixiviación, Purificada, Agua de Inyección y Reinyección.
 (3) IN SITU: En caso de muestras tomadas por el cliente en donde quiera que los parámetros in situ se muestren en el informe de laboratorio: Indicar Parámetros y valor obtenido.

MUESTREO REALIZADO POR:				OBSERVACIONES / INCIDENCIAS				SUPERVISOR / CLIENTE			
TYPSA	Cliente	Verificación Intermedia de la Temperatura (°C):						Nombre: Sharon Dextre Espinoza			
Responsable: Dextre Espinoza Sharon								Cargo: Ing. Ambiental			
Firma: [Firma]								Firma: [Firma]			
LABORATORIO - RECEPCIÓN DE MUESTRAS											
Entregado por: FERNANDO ALDO								Proveedor de envases para muestra: Cliente TYPSA			
Recibido por: [Firma]								Temperatura de Ingreso Laboratorio:			
Fecha: 05/03/24	Hora: 10:00a							Condición de la(s) Muestra(s):			
Firma y Sello								[Firma]			