

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**“Comparación de la eficacia de fitorremediación del binomio
Eichhornia crassipes y *Lemna minor* a diferentes
concentraciones para mejorar la calidad de aguas
superficiales destinadas para recreación, Huánuco, 2024”**

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

AUTORA: Lopez Sangama, María del Carmen

ASESOR: Valdivia Martel, Perfecta Sofía

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: Biotecnología ambiental

Disciplina: Biotecnología ambiental

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniera ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (x)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 47454174

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43616954

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

Código ORCID: 0000-0002-7194-3714

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Camara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
2	Romero Estacio, Jorge Antonio	Maestro en gestión pública para el desarrollo social	22520481	0009-0000-2063-4076
3	Inga Caqui, Jhendy Milagros	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible - mención en gestión ambiental	72361661	0009-0006-2217-1494



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 17:30 horas del día 15 del mes de mayo 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:

- Mg. Frank Erick Camara Llanos (Presidente)
- Mg. Jorge Antonio Romero Estacio (Secretario)
- Mg. Jhendy Milagros Inga Caqui (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 0852-2025-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE FITORREMEDIACIÓN DEL BINOMIO *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* A DIFERENTES CONCENTRACIONES PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES DESTINADAS PARA RECREACIÓN, HUÁNUCO, 2024"**, presentado por el (la) Bach. **LOPEZ SANGAMA, MARIA DEL CARMEN**; 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) APROBADA Por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 13 y cualitativo de SUFICIENTE (Art. 47)

Siendo las 18:40 horas del día 15 del mes de MAYO del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

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

Mg. Jorge Antonio Romero Estacio
DNI: 22520481
ORCID: 0009-0000-2063-4076
Secretario

Mg. Jhendy Milagros Inga Caqui
DNI: 72361661
ORCID: 0009-0006-2217-1494
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: MARÍA DEL CARMEN LOPEZ SANGAMA, de la investigación titulada "Comparación de la eficacia de fitorremediación del binomio Eichhornia crassipes y Lemna minor a diferentes concentraciones para mejorar la calidad de aguas superficiales destinadas para recreación, Huánuco, 2024", con asesor(a) PERFECTA SOFÍA VALDIVIA MARTEL, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1842-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 22 % 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, 25 de febrero de 2025



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



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

43. Lopez Sangama, María del Carmen.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1 hdl.handle.net

Fuente de Internet

5%

2 repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

3%

3 repositorio.unj.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4 repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5 Submitted to uncedu

Trabajo del estudiante

1%

6 repositorio.ug.edu.ec

Fuente de Internet

1%

7 alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286

cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

A Dios, por su infinita sabiduría y amor, que me han guiado en este camino, a mis seres queridos quienes han sido mi inspiración y mi mayor tesoro. Gracias por cada abrazo, cada palabra de aliento y cada sacrificio, a mi hija krista Ariana, este logro es tuyo también. Gracias por ser mi compañera de vida y por recordarme cada día lo importante que es soñar.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, fuente infinita de conocimiento y bondad, por permitirme culminar este trabajo. A mi familia, por su ejemplo de perseverancia y dedicación.

A mis maestros, quienes con paciencia y sabiduría me transmitieron sus conocimientos. A mis amigos, por los momentos compartidos y las palabras de ánimo. A mi hija, por ser la luz que ilumina mi vida y la razón de mi felicidad.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN	XI
CAPÍTULO I	13
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	16
1.3. OBJETIVOS	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	17
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	18
1.4.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	18
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.6.1. VIABILIDAD ECONÓMICA	19
1.6.2. VIABILIDAD SOCIAL	19
1.6.3. VIABILIDAD AMBIENTAL	19
CAPÍTULO II	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	20
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	22

2.1.3. ANTECEDENTES REGIONALES.....	25
2.2. BASES TEÓRICAS.....	27
2.2.1. REMEDIACIÓN.....	27
2.2.2. FITORREMEDIACIÓN.....	28
2.2.3. EICHHORNIA CRASSIPES O JACINTO DE AGUA.....	32
2.2.4. LEMNA MINOR O LENTEJA DE AGUA	34
2.2.5. LAGUNA.....	35
2.2.6. PARAMETROS A EVALUAR EN LAS AGUAS SUPERFICIALES	35
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	39
2.4. HIPÓTESIS	42
2.5. VARIABLES	42
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	43
CAPÍTULO III.....	44
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	44
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	44
3.1.1. ENFOQUE	44
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	44
3.1.3. DISEÑO	45
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	45
3.2.1. POBLACIÓN	45
3.2.2. MUESTRA	46
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	48
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	50
3.4.1. PROCESO DE LA INFORMACIÓN	50
CAPÍTULO IV.....	51
RESULTADOS.....	51
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	51
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS....	56
CAPITULO V.....	60
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	60
CONCLUSIONES	64

RECOMENDACIONES.....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	67
ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Métodos de la fitorremediación	29
Tabla 2 Clasificación taxonómica del <i>Eichhornia crassipes</i>	33
Tabla 3 Clasificación taxonómica de la <i>Lemna minor</i>	35
Tabla 4 Operalización de variables.....	43
Tabla 5 Coordenadas UTM de ubicación del punto de recolección	46
Tabla 6 Técnicas para la recolección de datos	49
Tabla 7 Parámetros fisicoquímicos antes y después de la fitorremediación con la concentración 1.....	51
Tabla 8 Parámetros fisicoquímicos antes y después de la fitorremediación con la concentración 2.....	52
Tabla 9 Parámetros microbiológicos antes y después de la fitorremediación con la concentración 1	54
Tabla 10 Parámetros microbiológicos antes y después con la concentración 2	55
Tabla 11 Prueba de normalidad de los datos	56
Tabla 12 Prueba de hipótesis con t de Student para muestras independientes	57
Tabla 13 Tabla comparativa de los resultados.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Métodos de la fitorremediación	29
Figura 2 Partes de la planta eichhornia crassipes	32
Figura 3 Desarrollo y crecimiento del Eichhornia crassipes.....	33
Figura 4 Desarrollo de Lemna minor.....	34
Figura 5 Dimensiones de la bandeja de tratamiento	46
Figura 6 Modelo de los equipos de las bandejas de tratamiento	47
Figura 7 Parámetros fisicoquímicos antes y después de la fitorremediación con la concentración 1	51
Figura 8 Parámetros fisicoquímicos antes y después de la fitorremediación con la concentración 2	53
Figura 9 Parámetros microbiológicos antes y después de la fitorremediación con la concentración 1	54
Figura 10 Parámetros microbiológicos antes y después con la concentración 2.....	55

RESUMEN

La investigación titulada, comparación de la eficacia de fitorremediación del *Binomio Eichhornia crassipes y Lemna minor* a diferentes concentraciones para mejorar la calidad de aguas superficiales destinadas para recreación, Huánuco, 2024, tuvo como **objetivo** Comparar la eficacia de fitorremediación del binomio *Eichhornia crassipes y Lemna minor* a diferentes concentraciones para mejorar la calidad de aguas superficiales destinadas para recreación, Huánuco, 2024.

La **metodología** es de tipo prospectivo, con intervención, analítico y longitudinal enfoque cuantitativo, de nivel aplicativo y de diseño experimento. Los datos estadísticos se realizaron con la prueba t de student y con software Excel 2016; **El resultado** fue en el post test (18 días) para la primera concentración EC (200 gr) y LM (300 gr), 6.60 de pH, Conductividad 123.70 $\mu\text{S/cm}$, STD 61.70 mg/L, Turbidez 0.40 mg/L, Temperatura 22.3 °C, Coliformes Termotolerantes 23.0 mg/L, Coliformes Totales 36.3 mg/L y 36 días, 6.8 de pH, Conductividad 143.3 $\mu\text{S/cm}$, STD 71.0 mg/L, Turbidez 0.5 mg/L, Temperatura 23.0 °C, Coliformes Termotolerantes 41.7 mg/L, Coliformes Totales 54.0 mg/L; para la segunda concentración EC (300 gr) y LM (200 gr) a los 18 días, 6.70 de pH, Conductividad 161.7 $\mu\text{S/cm}$, STD 81.0 mg/L, Turbidez 0.6 mg/L, Temperatura 22.3 °C, Coliformes Termotolerantes 32.7 mg/L, Coliformes Totales 45.3 mg/L y 36 días, 7.1 de pH, Conductividad 169.3 $\mu\text{S/cm}$, STD 85.0 mg/L, Turbidez 0.9 mg/L, Temperatura 23.0 °C, Coliformes Termotolerantes 44.3 mg/L y Coliformes Totales 62.0 mg/L.

En conclusión, se demostró que la concentración EC (300 gr) y LM (200 gr) tiene un alto grado de eficacia de fitorremediación a los 18 días variando de forma adversa a los 36 días; asimismo la concentración EC (200 gr) y LM (300 gr) mostró una fitorremediación moderada a los 18 días siendo negativa a los 36 días.

Palabras claves: fitorremediación, eichhornia crassipes, lemna minor, agua superficial, calidad de agua.

ABSTRACT

The research entitled "Comparison of the phytoremediation effectiveness of the *Eichhornia Crassipes* and *Lemna Minor* binomial at different concentrations to improve the quality of surface waters intended for recreation, Huánuco, 2024" aimed to compare the phytoremediation effectiveness of the *Eichhornia crassipes* and *Lemna minor* binomial at different concentrations to improve the quality of surface waters intended for recreation, Huánuco, 2024.

The methodology is prospective, with intervention, analytical and longitudinal quantitative approach, applied level and experimental design. Statistical data were performed with student's t-test and Excel 2016 software; The result was in the post test (18 days) for the first concentration EC (200 gr) and LM (300 gr), 6.60 pH, Conductivity 123.70 $\mu\text{S/cm}$, STD 61.70 mg/L, Turbidity 0.40 mg/L, Temperature 22.3 °C, Thermotolerant Coliforms 23.0 mg/L, Total Coliforms 36.3 mg/L and 36 days, 6.8 pH, Conductivity 143.3 $\mu\text{S/cm}$, STD 71.0 mg/L, Turbidity 0.5 mg/L, Temperature 23.0 °C, Thermotolerant Coliforms 41.7 mg/L, Total Coliforms 54.0 mg/L; for the second concentration EC (300 g) and LM (200 g) at 18 days, 6.70 pH, Conductivity 161.7 $\mu\text{S/cm}$, STD 81.0 mg/L, Turbidity 0.6 mg/L, Temperature 22.3 °C, Thermotolerant Coliforms 32.7 mg/L, Total Coliforms 45.3 mg/L and 36 days, 7.1 pH, Conductivity 169.3 $\mu\text{S/cm}$, STD 85.0 mg/L, Turbidity 0.9 mg/L, Temperature 23.0 °C, Thermotolerant Coliforms 44.3 mg/L, Total Coliforms 62.0 mg/L.

In conclusion, it was demonstrated that the EC (300 g) and LM (200 g) concentration had a high degree of phytoremediation efficacy at 18 days, varying adversely at 36 days; likewise, the EC (200 g) and LM (300 g) concentration showed moderate phytoremediation at 18 days and negative phytoremediation at 36 days.

Keywords: phytoremediation, *eichhornia crassipes*, *lemna minor*, surface water, water quality.

INTRODUCCIÓN

La tesis titulada: Comparación de la eficacia de fitorremediación del binomio *eichhornia crassipes* y *lemna minor* a diferentes concentraciones para mejorar la calidad de aguas superficiales destinadas para recreación, Huánuco, 2024, se origina por la creciente contaminación de las lagunas en el Perú acrecentando el problema ambiental grave que afecta a diversos ecosistemas acuáticos y a las comunidades que dependen de ellos. Las causas se relacionan especialmente con actividades humanas que generan diversos tipos de contaminantes como es la liberación de aguas excedentes domésticas que alteran la naturaleza del agua y provocan eutrofización.

La Laguna de los Milagros, un cuerpo de agua de gran importancia ecológica y turística en el Perú, se ha visto afectado por el derramamiento de estas aguas excedentes en sus cauces; Diversos estudios han revelado que la calidad del agua en esta importante fuente hídrica se ha deteriorado significativamente en los últimos años poniendo en riesgo la biodiversidad y el equilibrio del ecosistema circundante. En consecuencia, la demanda de recursos hídricos de calidad, especialmente para actividades recreativas como en la Laguna de los Milagros, ha puesto en evidencia la necesidad de desarrollar tecnologías de tratamiento de agua eficientes y sostenibles.

En este contexto, el proceso fitorremediador con las macrofitas es una tecnología prometedora para la descontaminación de aguas eutrofizadas, por lo que han sido ampliamente estudiadas por su capacidad para absorber y acumular una amplia variedad de contaminantes, gracias a sus sistemas radiculares altamente desarrollados demostrando mejoras significativas en la limpieza de aguas. Sin embargo, su aplicación requiere de un conocimiento profundo de los procesos involucrados y de una evaluación cuidadosa de cada caso particular.

El estudio plantea el objetivo de Comparar la eficacia de fitorremediación del binomio *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* a diferentes concentraciones para mejorar la calidad de aguas superficiales destinadas para recreación,

trabajando en un medio ambiente controlado y tomando en cuenta los parámetros adecuados. Plantea que la combinación de las dos macrofitas a determinadas concentraciones es más efectiva en la remoción de contaminantes en comparación con el uso individual de cada especie, así mismo, reduce el tiempo lo que significa menor costo de mantenimiento y operación.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La contaminación del agua es un problema global que afecta a todos los continentes, el acceso al agua limpia y segura es fundamental para la salud de la población, ya sea para consumir, para las actividades del hogar, para cultivar alimentos o recreación. Optimizar el tratamiento de aguas y la administración de los recursos hídricos puede fomentar el desarrollo económico en las naciones y ayudar significativamente a disminuir la pobreza. Naciones Unidas (2023)

En el año 2021, más de 2000 millones de personas habitaban en naciones con falta de agua, un problema que posiblemente se agravará en algunas áreas debido al cambio climático y al aumento de la población. En el año 2022, al menos 1700 millones de personas en todo el mundo estaban extrayendo agua de fuentes contaminadas con materias fecales, lo que conlleva un mayor riesgo de toxicidad. Si bien los contaminantes químicos más comunes en este tipo de agua son el arsénico, los fluoruros y los nitratos, también han surgido nuevos contaminantes, como ciertos medicamentos, pesticidas y sustancias como las perfluoroalquiladas, las polifluoroalquiladas y los microplásticos, que representan un peligro significativo. (Naciones Unidas, 2023)

Betancourt et al. (2019), en su investigación El tratamiento del agua es esencial para garantizar que el agua que consumimos sea segura para nuestra salud, sin embargo, el tratamiento puede ser costoso y requiere infraestructura adecuada. En muchos países en desarrollo, el tratamiento del agua es insuficiente.

En Perú, una porción significativa de los habitantes no tiene acceso a agua potable de calidad de manera constante en sus hogares, mientras que

únicamente el 43 por ciento tiene saneamiento que se maneja de forma segura. La disponibilidad de servicios de agua potable y saneamiento es fundamental para mantener a la población sana y activa (Grupo Banco Mundial, 2023)

En los últimos treinta años, el uso de agua en el país se ha incrementado al doble, mientras que la necesidad de los consumidores sigue aumentando, creando una competición más intensa. Por ejemplo, la agricultura, especialmente la que utiliza riego, es responsable de casi la totalidad del consumo de agua, abarcando el 89 por ciento de las extracciones, cifra que supera el promedio de la región, que es del 70 por ciento. Después, se encuentra el uso residencial, que representa un 9 por ciento, y el uso industrial, minero y de otros sectores, que conjuntamente llegan a un 2,3 por ciento. La falta de acceso a agua potable y saneamiento adecuado le ocasiona a Perú pérdidas que oscilan entre 8. 400 millones y 13. 400 millones de dólares anuales. (Grupo Banco Mundial, 2023)

El tratamiento del agua en el Perú se realiza principalmente en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) que utilizan diversos métodos de tratamiento, dependiendo del tipo de contaminante que se quiera eliminar. Las aguas de los desagües son captadas por las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) y es recolectada para ser tratada, Sin embargo, la prestación de servicios de agua y saneamiento no es sostenible debido a la baja inversión, serias dificultades financieras de los operadores, carencia de respaldo gubernamental y normativas legales inapropiadas. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2016)

En la actualidad, en la región se están llevando a cabo estudios sobre la aplicación de técnicas para limpiar aguas residuales en diversas situaciones. Esto ha generado el desarrollo de nuevos métodos para recuperar ecosistemas acuáticos, teniendo en cuenta la sostenibilidad ecológica, el menor impacto en la estética del paisaje, efectos ambientales reducidos y costos accesibles. Estos métodos son conocidos como biorremediación, entre los cuales la fitorremediación se ha destacado como una opción utilizada con

bastante éxito. El uso de plantas superiores para eliminar contaminantes se considera un método económico y relacionado con el desarrollo sostenible. Aunque originalmente se propusieron métodos de fitorremediación para limpiar suelos contaminados, también se han implementado procedimientos para la limpieza de aguas contaminadas. (Ivorra et al, 2021)

En años recientes, el estudio se ha dirigido a comprender los procesos mediante los cuales ciertos tipos de plantas pueden captar ciertos contaminantes y acumularlos más eficientemente que otras; estas investigaciones han logrado optimizar la técnica de fitorremediación y también han minimizado el riesgo de emplear plantas que podrían liberar determinadas sustancias en el suelo y el agua, lo que podría resultar en toxicidad y amenazar el posterior uso de los recursos que son objeto de tratamiento. (Gong et al, 2021)

Las plantas que viven en el agua, conocidas como macrófitas, incluyen toda la flora que se encuentra en la zona costera de lagos, embalses y ríos, ya sea en la interfase entre el agua y la tierra (emergentes), en la superficie del agua (flotantes) o completamente sumergidas (subacuáticas). Mientras que las macrófitas emergentes y subacuáticas obtienen sus nutrientes de los sedimentos o del agua intersticial, las flotantes capturan lo que necesitan directamente del agua; estas propiedades han llevado al uso de una técnica llamada rizofiltración, que emplea especies capaces de absorber, retener, trasladar y concentrar grandes cantidades de ciertos elementos dañinos, en especial metales pesados y sustancias xenobióticas. (Caviedes et al, 2016)

Esa investigación tuvo como principal objetivo comparar la eficacia de fitorremediación, en la que se junten en un mismo medio a los vegetales flotantes en dos concentraciones distintas, de manera que, se pueda establecer que concentración es más eficiente para mejorar la calidad en las aguas superficiales destinadas para recreación.

El estudio mencionado brindará la oportunidad de identificar las posibles propiedades curativas de las especies en conjunto, así como evaluar su

desarrollo en un entorno común. Se espera incorporar los hallazgos científicos para futuras investigaciones, con el objetivo de ofrecer métodos sostenibles y respetuosos con la naturaleza a través del uso de ingredientes orgánicos, adaptándose adecuadamente a las recientes demandas tanto industriales como sociales.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Existe diferencia en la eficacia de fitorremediación del binomio *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* a diferentes concentraciones para mejorar la calidad de aguas superficiales destinadas para recreación, Huánuco, 2024?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales destinadas para recreación antes y después de la fitorremediación del binomio *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* a diferentes concentraciones?

¿Cuáles son los parámetros microbiológicos de aguas superficiales destinadas para recreación antes y después de la fitorremediación del binomio *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* a diferentes concentraciones?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar la eficacia de fitorremediación del binomio *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* a diferentes concentraciones para mejorar la calidad de aguas superficiales destinadas para recreación, Huánuco, 2024.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Describir los parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales destinadas para recreación antes y después de la fitorremediación del binomio *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* a diferentes concentraciones

Describir los parámetros microbiológicos de aguas superficiales destinadas para recreación antes y después de la fitorremediación del binomio *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* a diferentes concentraciones.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La descarga de aguas residuales sin tratamiento, provenientes de viviendas y comunidades cercanas a las lagunas, con desechos que contienen un elevado contenido de sales disueltas, sustancias orgánicas, partículas, sólidos suspendidos y microorganismos patógenos (causantes de enfermedades), deteriora la calidad y provoca la eutrofización de las aguas superficiales.

A través del uso de tecnología de fitorremediación con *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor*, se logró evaluar la cantidad de contaminantes que estas especies pudieron absorber y retener en las aguas superficiales de la laguna de Los Milagros. De esta forma, se puede demostrar los beneficios de estas plantas, que, al ser aplicadas de forma adecuada, ofrecen una respuesta al aumento de la contaminación en cuerpos de agua, disminuyendo el nivel de polución.

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

El estudio generó conocimiento científico a través de la recolección y estudio de datos, marcando un precedente en cuanto a la importancia de emplear las plantas acuáticas en el tratamiento de aguas superficiales a través de una metodología no tradicional.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El uso de la fitorremediación para la purificación de las aguas superficiales supuso una solución tecnológica sostenible, no tradicional, duradera, segura y fácil de usar. Con esta opción, fue posible aprovechar los beneficios de la *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor*, frecuentemente vistas en forma de plagas. Es una alternativa funcional y económicamente viable.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

La implementación del tratamiento de fitorremediación con el binomio con *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* resultó en una reducción importante de contaminantes en los cuerpos receptores. Este suceso impactará de manera positiva en la salud y el bienestar de las comunidades cercanas a la laguna que dependen de estas aguas, potenciando su habilidad para realizar tareas cotidianas de forma saludable y eficiente.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Se consideran condiciones limitantes del estudio a los factores que generaron inconvenientes para el desarrollo del mismo; mencionado a continuación:

La temporada en la que se implementó el tratamiento de fitorremediación presentó escasas precipitaciones y un incremento en las temperaturas, lo que provocó una reducción en el flujo de los ríos, llegando a secarse totalmente en algunas zonas, incluyendo el hábitat de las macrofitas, lo que complicó la recolección de estas plantas.

Asimismo, la implementación del tratamiento del agua superficial (laguna de los milagros) debió llevarse a cabo de forma ex situ, ya que dicha laguna posee varios propietarios con relaciones conflictivas, lo que dificultó la obtención de un permiso consensuado para la aplicación in situ.

Por otra parte, durante la aplicación del tratamiento se detectó la presencia de una plaga de caracoles que fueron atraídas por las condiciones ambientales húmedas y con vegetación que dieron lugar las bandejas de tratamiento. Por lo tanto, es necesario llevar a cabo más investigaciones y establecer fundamentos teóricos sobre esta recurrencia para implementar medidas preventivas.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Para establecer la viabilidad de este estudio se consideraron los factores tales como:

1.6.1. VIABILIDAD ECONÓMICA

Se proporcionaron los fondos necesarios y los recursos económicos esenciales para llevar a cabo la ejecución del proyecto, además, la localización de la laguna, el costo de los materiales para la infraestructura y adquisición de las plantas fueron de costos accesibles, brindando la facilidad de su ejecución.

1.6.2. VIABILIDAD SOCIAL

El estudio demostró que el uso de *Eichhornia crassipes* y *Lemna* en la fitorremediación para limpiar las aguas superficiales de la laguna de los milagros puede mejorar la calidad del agua. Simultáneamente, impactar directamente en todas las actividades, como el turismo, favoreciendo a los pobladores que se benefician de esta actividad y promoviendo el crecimiento local.

1.6.3. VIABILIDAD AMBIENTAL

La investigación consideró el medio ambiente óptimo para el desarrollo y crecimiento adecuado de las plantas para la aplicación del tratamiento lo que favoreció a la obtención de buenos resultados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Robalino (2020) Fitorremediación usando *eichhornia crassipes* (jacinto de agua), en la planta de tratamiento de aguas residuales del recinto Pita, Caluma – Bolívar. Se buscó establecer de qué manera el sistema de fitorremediación, utilizando la especie *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua), influye en la reducción de los parámetros físico-químicos en la planta de tratamiento de aguas residuales del recinto Pita en el cantón Caluma, provincia de Bolívar, durante el año 2020. La investigación empleó enfoques cuasiexperimentales y experimentales. En la fase inicial del estudio, las plantas fueron cultivadas en un entorno natural hasta alcanzar la cantidad requerida, y luego se trasladaron a la planta para tomar las muestras necesarias en tres puntos diferentes, tanto con o sin la presencia del jacinto de agua, después de un periodo de diez días tras la introducción de la especie *Eichhornia crassipes* en el sistema de tratamiento. Los resultados mostraron que el sistema de fitorremediación, al utilizar *Eichhornia crassipes*, puede estabilizar los parámetros más significativos como el DBO y DQO, mientras que otros parámetros como el pH, nitritos, sólidos totales y conductividad eléctrica no variaron notablemente, debido a factores externos, como las condiciones climáticas (precipitaciones), identificados durante la investigación realizada en la planta de tratamiento de aguas residuales del recinto Pita en el cantón Caluma, provincia de Bolívar.

Rivera et al. (2024) Efecto de la fitorremediación utilizando *Lemna* sp. y *Eichhornia crassipes* sobre características físicas y químicas en aguas residuales urbanas. El propósito fue analizar cómo *Lemna* sp. y *Eichhornia crassipes* afectan las características físicas (como pH y temperatura) y químicas (incluyendo sólidos en suspensión y sólidos

totales) en aguas residuales domésticas. Se llevó a cabo un estudio con un diseño totalmente aleatorio 3x3, que incluyó tres tratamientos, siendo uno de ellos el control, y se realizaron tres repeticiones, estableciendo así un total de nueve unidades experimentales. En cada contenedor, se emplearon ocho litros de agua residual de una planta de tratamiento ubicada en Machala. Cada día se registraron las mediciones de los parámetros físicos, mientras que los parámetros químicos se evaluaron al comienzo y al término del experimento, que se extendió durante ocho días. Se determinó que ambos helechos son efectivos en fitorremediación, aunque se observó que el helecho *Lemna minor* fue más eficaz en la reducción de los niveles de sólidos totales y sólidos disueltos. En relación con los parámetros físicos, no se presentaron variaciones durante la duración del experimento, manteniéndose una temperatura entre 28.3 °C y un pH de 7.3.

Medina, et al. (2019), Fitorremediación de cromo en efluente de curtiembre empleando *Eichhornia crassipes*. El cromo es un principal contaminante inorgánico del agua y suelo conduciendo graves dificultades en el ambiente. Este elemento procede sobre todo de efluentes de curtiembres que son derramados en los cuerpos de agua. El objetivo fue aplicar metodologías de remediación opcionales para tratar aguas con elevada concentración de cromo, usando plantas, en el proceso de fitorremediación. Para la metodología se dispuso plantones de *Eichhornia crassipes* que estuvieron sometidos de manera controlada a una contaminación con Cr^{3+} por 20 días considerándose la concentración más elevada que soporto en el proceso del experimento para analizar la capacidad de absorción del Cr^{3+} . Los resultados fueron; el efluente final, siendo las 48 horas causó una absorción óptima de cromo proveído. No existieron oposiciones importantes en la composición de clorofila en las plantas presentadas con soluciones de cromo comparado con el control y no se halló oxidación. En conclusión, se obtuvo una reducción de cromo en las aguas residuales debajo de lo establecido por la ley. La investigación expone que la bioacumulación de

Cr3⁺ de agua contaminada por medio de la fitorremediación es un método que representa una buena opción de remediación con la que se cuenta.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Silupu (2022), *Lemna Minor* y *Eichhornia crassipes* como fitorremediadores para tratamiento de aguas residuales de la Laguna Centro Poblado Loma Negra - Piura 2022. El propósito fue analizar el uso de fitorremediación con *lemna minor* y *Eichhornia crassipes* para el tratamiento de aguas residuales de la laguna Loma Negra en Piura durante el año 2022. Se utilizó un enfoque cuantitativo en este estudio de tipo aplicado, con un diseño experimental puro. Se implementó un diseño completamente aleatorio que incluyó tres tratamientos (8 de *Eichhornia crassipes*, 8 de *lemna minor* y 4 de cada especie combinadas), con tres repeticiones y un total de 60 litros de agua residual como unidad experimental. Los resultados tras 20 días de tratamiento con la planta *Eichhornia crassipes* y *lemna minor* mostraron: T1: DQO=187. 20, DBO=63. 797, coliformes termotolerantes=29 NMP/100ml, demostrando su éxito, con un tratamiento altamente eficiente para disminuir los niveles de DBO, DQO y coliformes. Para el tratamiento T2, usando solo *lemna minor*, se logró una reducción efectiva en los parámetros de aceites y grasas, así como en coliformes termotolerantes, con los resultados siguientes: Aceites y grasas=3. 40 mg/L, Coliformes termotolerantes=15 NMP/100ml. La combinación de ambas especies fitorremediadoras (*Eichhornia crassipes* y *lemna minor*) resultó ser más efectiva en comparación con T1 y T2, obteniendo los siguientes resultados: DQO=90. 70 mg/L, Aceites y grasas=2. 5 mg/L, DBO=20. 80 mg/L, pH=6. 60, Temperatura=23 °C, Turbidez=189. 83, observándose descensos considerables en coliformes termotolerantes, aceites y grasas, así como turbidez.

De la Cruz (2023), Eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas con macrófitas flotantes en el restaurante, Lima 2023. El

propósito principal fue analizar la efectividad del tratamiento en los componentes físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales domésticas de un establecimiento de comida, utilizando las plantas flotantes Lenteja de Agua (*Lemna minor*) y Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*). Para llevar a cabo la investigación, se construyó un reactor de vidrio con dimensiones de 30 cm de altura, 30 cm de ancho y 40 cm de longitud, que tiene una capacidad total de 36 litros. El tratamiento se realizó en tres intervalos de retención hidráulica que fueron de 0, 10 y 20 días, realizando muestreos en cada uno de estos intervalos. En lo que respecta a los resultados de reducción porcentual de los parámetros físicos, la temperatura, los sólidos totales en suspensión y los aceites y grasas mostraron reducciones de 15.3%, 96% y 99.5% respectivamente; mientras que, en los resultados de los parámetros químicos, el pH, la DBO y la DQO mostraron disminuciones de 15.3%, 58.2% y 52.2% respectivamente. En el análisis microbiológico de coliformes termotolerantes, se logró una reducción del 95.6%. Así, los sólidos totales en suspensión, los aceites y grasas, y los coliformes termotolerantes fueron los que presentaron los mejores resultados, lo que indica que las macrófitas utilizadas fueron efectivas en el tratamiento.

Guerrero y Jibaja (2019), tratamiento del afluente de la laguna de oxidación mediante fitorremediación del *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor*; en Jaén - Cajamarca. El propósito de este estudio es analizar y contrastar la eficacia de purificación del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en comparación con la Lenteja de agua (*Lemna minor*). Se trabajó con aguas residuales domésticas que fueron sometidas a un tratamiento previo durante un mes, realizando tres procesos distintos. Se examinaron varios parámetros, tales como el pH, la Conductividad Eléctrica (CE), el Oxígeno Disuelto (OD) y la Temperatura; estos se determinaron usando el equipo Multiparámetro Multi 3630 IDS, y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) se cuantificó a través de un método de dilución. Los valores iniciales registrados fueron pH = 7.52,

CE = 382. 00 μ S/cm, OD = 3. 33 mg/L, DBO5 = 140. 00 mg/L y Temperatura = 25. 20 °C. Tras un mes de observaciones, se encontró que el *Eichhornia Crassipes* presentó valores de pH = 7. 09, CE = 382. 00 μ S/cm, OD = 5. 80 mg/L, DBO5 = 23. 83 mg/L y Temperatura = 23. 63 °C; en comparación, la *Lemna Minor* mostró pH = 8. 15, CE = 446. 00 μ S/cm, OD = 4. 40 mg/L, DBO5 = 31. 52 mg/L y Temperatura = 23. 73 °C. Esto indica que el *Eichhornia Crassipes* es más efectivo en el tratamiento de aguas residuales.

Sandoval (2019), Eficiencia del jacinto de agua y lenteja de agua en la eliminación de cadmio en aguas residuales. El proyecto de investigación inicio de la hipótesis que indica que las macrófitas acuáticas obtendrán una eficacia mayor del 70% en la separación del cadmio para tratar las aguas residuales industriales; el fin del objetivo fue estudiar el porcentaje de eficacia del jacinto de agua y lenteja de agua. en la eliminación del cadmio en aguas residuales industriales, y así poder estar al tanto de las alternativas en el uso de macrófitas para el tratamiento de las aguas eutrofizadas. La metodología; en el análisis de eficacia de las plantas en la eliminación del cadmio, se manejaron dos sistemas experimentales adecuadas a una dosis de 2 mg/l de cadmio en un módulo experimental. Uno está integrado por *eichhornia crassipes* y el otro de *lemna minor*. La simulación de agua se realizó por medio de los módulos simultáneamente, en el transcurso de 11 días de prueba y monitoreadas para posteriormente ser analizadas cada dos 2 días, consiguiendo en su resultado el valor de los parámetros físicos y el valor de la concentración de cadmio. Asimismo, de la evaluación se ha dado como conclusión que *eichhornia crassipes* muestra una eficacia de 83.57% ,por otro lado, la *lemna minor* l. mostró una eficacia de 39.35%, presentando como una característica la diversificación en su morfología y coloración en ambas macrófitas, tras el transcurso de la experimentación.

2.1.3. ANTECEDENTES REGIONALES

Quispe y Ayala (2018), Usando la *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* en la eliminación de nitrógeno y fósforo, de las aguas residuales de la laguna de oxidación de la empresa EMAPACOP S. A. – Ucayali - 2018. Este estudio tuvo como meta determinar la eficiencia en la remoción de nitrógeno (N) y fósforo (P) en Aguas Residuales Municipales (ARM), utilizando macrófitas acuáticas. En la metodología se usaron macrófitas endémicas en la zona en los fluidos de la Planta de tratamiento de EMAPACOP S.A, utilizando dos sistemas de estudio de experimentación; se evaluó el porcentaje de separación de N y P por un espacio de 5 días en un laboratorio. De los resultados el desarrollo de las macrófitas demostró que en los tanques de reserva uno, en las dos macrófitas de agua el número de ejemplares aceptables que favorecen su crecimiento son de 20 plantones, pues estas macrófitas necesitan un extenso lugar para su crecimiento, no obstante, los tanques de reserva dos y tres se desarrollaron en distintas dimensiones que la inicial, debido a que mientras más cantidad de plantones van a requerir un lugar más amplio. En conclusión, estas, lograron excelentes desarrollos para ARM. La siembra de macrófitas flotantes, se llevó a cabo en 120 días de desarrollo en ambientes de una manera controlada. La siembra de *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor*, obtuvo como resultados de eliminación, alrededor de 70 - 80, y 55 – 60 por ciento correspondientemente. La cantidad de macrófitas flotantes aceptables en el tratamiento de aguas residuales y reducir la concentración de los agentes contaminantes, viene a ser 60 plantones para el tratamiento de 80 litros de agua, los resultados demostraron que se dio una reducción de los elementos productores de la contaminación como 0,35 mg/l a 0,09 mg/l de nitrógeno y de 5 mg/l a 0,53 mg/l de fósforo.

Torres (2020), Tratamiento del agua residual doméstica por medio de métodos de purificación con macrófitas (*lemna minor* y *eleocharis palustris*) de la Universidad Nacional de Ucayali octubre 2018- setiembre 2019. propósito de esta investigación fue determinar la efectividad del

sistema de depuración con macrófitas para el tratamiento de aguas residuales domésticas. En cuanto a la metodología, se obtuvo el efluente a partir del uso del agua de la comunidad universitaria y se llevaron a cabo evaluaciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. El estudio fue tipo aplicativo considerando un diseño experimental con orientación cuantitativa, el monitoreo se realizó de acuerdo a lo establecido a criterios previamente considerados por el tipo de estudio realizados y tratamiento elaborado respectivamente. Se implementaron tres metodologías diferentes, comenzando con lenteja de agua, luego utilizando junco de agua, y finalmente se llevó a cabo un control con grava, manteniendo constante el periodo de retención de seis semanas, durante las cuales se realizó un análisis semanal. Los resultados alcanzados indican que se logró disminuir los índices relacionados con la eutrofización; en el caso de la lenteja de agua, se redujo el pH en un 6. 5%, la conductividad en un 28. 1%, los sólidos totales disueltos en un 24. 7%, el oxígeno disuelto en un 52. 8%, la turbidez en un 79. 1%, la DBO5 en un 64. 3%, la DQO en un 62. 9%, el amonio en un 49. 7%, y los coliformes termofecales en un 99. 2%. Por otro lado, con el junco se observó una reducción del pH en un 6. 9%, de la conductividad en un 29. 2%, de los sólidos totales disueltos en un 24. 1%, del oxígeno disuelto en un 58. 8%, de la turbidez en un 77. 3%, de la DBO5 en un 51. 7%, de la DQO en un 54. 4%, del amonio en un 43. 1%, y de los coliformes termofecales en un 98. 9%. La interpretación, análisis realizados y el estudio minucioso de los valores manifiestan que, por cuanto al objetivo principal y como contestación a la hipótesis principal, llegamos a la conclusión que la utilización de *Lemna minor* y *Eleocharis palustris* llegan a influir notoriamente en los tratamientos de las aguas residuales domésticas en la comunidad universitaria de la localidad de Ucayali.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. REMEDIACIÓN

Son tareas realizadas en un sitio contaminado para la eliminación o reducción de contaminantes y asegurar la protección de la salud humana y la integridad del ecosistema. Ministerio Del Ambiente (MINAM, 2013).

2.2.1.1. TECNOLOGÍAS DE REMEDIACIÓN

Actualmente, se dispone de diversas tecnologías para la limpieza de sitios contaminados, algunas de las cuales ya se utilizan ampliamente, mientras que otras aún están en etapa experimental y están diseñadas para aislar o destruir materiales contaminados. La elección depende de las características inherentes del medio ambiente y de los contaminantes, del impacto esperado de cada tratamiento, de la viabilidad económica tecnológica y del tiempo previsto de ejecución. (Volke y Antonio, 2002).

2.2.1.2. CLASIFICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE REMEDIACIÓN

Se pueden agrupar según sus características operativas u objetivos de acuerdo a los criterios siguientes: (i) metas de corrección, (ii) la ubicación en la que se implementa el proceso de corrección, y (iii) el método de intervención empleado.

Dependiendo del tipo de tratamiento utilizado, se pueden distinguir los tratamientos biológicos destinados a la degradación, transformación y/o eliminación de contaminantes utilizando las actividades metabólicas naturales de determinados organismos, entre ellos: bioaumentación, biodegradación mejorada, biotransformación de metales, aireación biológica, compostaje,

fitorremediación, tratamiento de suelos, lodos biológicos y bioacumuladores. (Ramón, 2011).

- **Tratamientos biológicos**

Los métodos biológicos emplean seres vivos (como plantas, hongos y bacterias) para descomponer, convertir o quitar sustancias orgánicas dañinas, basado en la actividad de descomposición de los organismos y su habilidad natural para aprovechar contaminantes como nutrientes y energía. (Ramón, 2011).

Las vías de biodegradación de los contaminantes orgánicos varían según la estructura química del compuesto y la naturaleza de los microorganismos degradantes involucrados, y pueden incluir fuerzas de óxido - reducción, métodos de absorción y equilibrio iónico que llevan a la fijación del metal. Las técnicas de biorremediación pueden emplear seres vivos de áreas afectadas (autóctonos) o de diferentes regiones (foráneos) y pueden ser analizados in situ o ex situ bajo condiciones de oxígeno (aeróbicas) o sin oxígeno (anaeróbicas). (Ramón, 2011).

2.2.2. FITORREMEDIACIÓN

Delgadillo, (2011), La fitorremediación se refiere a un conjunto de métodos que disminuyen, en el lugar o fuera de él, la cantidad de diferentes sustancias que participan en los procesos bioquímicos de las plantas y los microorganismos que las acompañan.

Así, las plantas se emplean para remover, disminuir, convertir, mineralizar, descomponer, volatilizar o estabilizar sustancias contaminantes. Para ello, se recurre a una amplia gama de especies, algunas de las cuales son denominadas superacumuladoras debido a su notable habilidad para acumular metales pesados. (Delgadillo, 2011).

Tabla 1

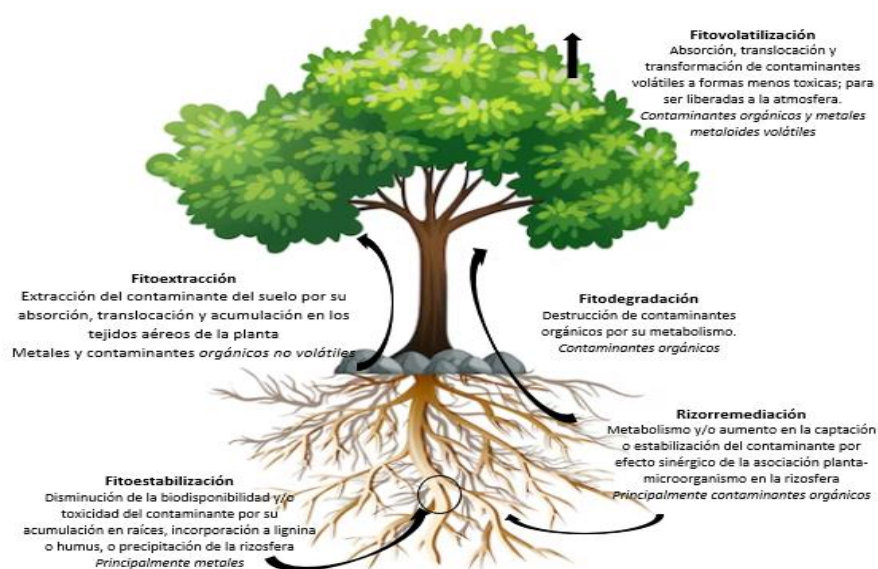
Métodos de la fitorremediación

Método	Mecanismo	Contaminantes
Fitoestabilización	Complejación	Orgánico e inorgánico
Fitoextracción	Hiperacumulación	Inorgánicos
Fitovolatilización	Volatilización mediante las hojas	Orgánico e inorgánico
Fitoinmovilización	Acumulación en la rizósfera	Orgánico e inorgánico
Fitodegradación	Descomposición por plantas y microorganismos relacionados.	Orgánico
Rizofiltración	absorber los contaminantes del agua por la raíz	Orgánico e inorgánico

Nota: Se aprecia los métodos, mecanismos utilizados y el contaminante tratado. (Delgadillo, 2011)

Figura 1

Métodos de la fitorremediación



Nota. Transformación, metabolización y/o acumulación de contaminante orgánico o inorgánico en puntos específicos. (EPA, 2000)

2.2.2.1. MÉTODO DE RIZOFILTRACIÓN DE LA FITORREMEDIACIÓN

Este es un método utilizado para eliminar contaminantes del agua. El agua fluye a través de las raíces de las plantas hidropónicas, permitiendo que los elementos disueltos se adsorban y se concentren. Utiliza plantas marinas o terrestres que puedan extender raíces e invadir áreas de superficie. Una vez que estén llenas de contaminantes se recolectan las plantas, incluidas sus raíces. (Ramón, 2011).

2.2.2.2. USO DE PLANTAS ACUÁTICAS EN EL MÉTODO DE FITORREMEDIACIÓN

Frers (2008), se denomina a las plantas acuáticas como aquellas que necesitan abundante agua en su sistema radicular para mantenerse vivas, se desarrollan en entornos muy húmedos y densamente poblados, sin embargo, comparten las mismas demandas nutricionales que las plantas que crecen en la tierra.

Se pueden dividir en:

- Flotantes
- Subacuáticas
- Emergentes

a) Flotantes

Sus componentes sintetizadores están ubicados en la parte superior, mientras que sus raíces se extienden por debajo de la superficie del agua. Las raíces no solo obtienen nutrientes del líquido, sino que también actúan como un hábitat para bacterias y como un medio para retener materia suspendida. Restringen el ingreso de luz y previenen el crecimiento de algas

en las profundidades. Entre las plantas que flotan, se pueden encontrar el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), el helecho acuático (*Salvinia* sp y *Azolla* sp), la lechuga acuática (*Pistia* sp) y las lentejas (*Lemna* sp; *Wolffia* sp y *Wolffiella* sp). (León y Lucero, 2009).

Las vegetaciones acuáticas se clasifican en aquellas con raíces flotantes y las que no tienen anclaje. Vegetación con raíces flotantes: las hojas y flores se sitúan sobre el agua, mientras que las raíces se fijan al fondo; Vegetación sin anclaje: las hojas emergen en la parte superior del agua y las raíces cuelgan libremente en el agua. (Ramos, 2014).

b) Sumergidas

Se trata de plantas no flotantes que tienen raíces sueltas en el agua o están enraizadas en el fondo. Su tarea fundamental consiste en enriquecer el agua con oxígeno, y jamás se ubicarán en lugares con vegetación flotante, ya que esta impide el paso de la luz, mientras que la flora acuática en el fondo interfiere con el proceso de fotosíntesis. (León y Lucero, 2009)

c) Emergentes

Las bases de estas especies vegetales se desarrollan debajo del agua, mientras que sus folíolos se elevan por encima de la superficie. En Sudamérica, los juncos (*Phragmites* sp), juncos (*Juncus* sp) y juncos (*Typha* sp) son los más comunes; Estas variedades de plantas son más frecuentemente empleadas en pantanos creados por el hombre, donde se agrega un medio portador para permitir la formación de raíces (León y Lucero 2009)

2.2.3. EICHHORNIA CRASSIPES O JACINTO DE AGUA

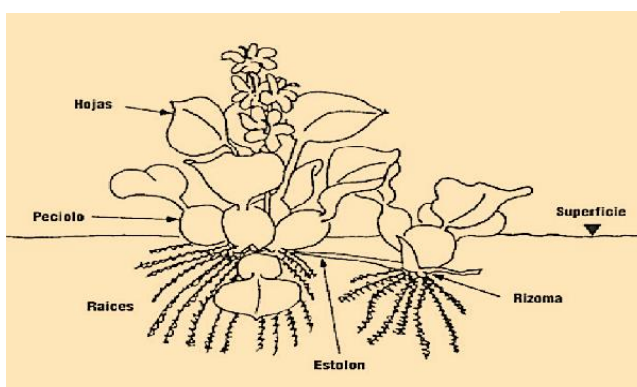
Forma parte de la familia Pontederiaceae y se clasifica como una planta acuática flotante no adaptativa, siendo una hierba perenne que prospera en aguas blandas. Asimismo, pueden reproducirse en cuerpos acuáticos con corrientes suaves, como acequias, canales, embalses, riachuelos, ríos y humedales; Esto se manifiesta en forma de malezas, ríos, zanjas de drenaje, etc. Es originaria de la selva amazónica, pero ahora se encuentra en todas las regiones tropicales y subtropicales (Seema, 2012).

2.2.3.1. PARÁMETROS DE CRECIMIENTO

- ✓ Deben estar en sombra parcial o con mucha luz.
- ✓ La temperatura del agua debe estar entre 25 y 30 °C para que se desarrollen bien, 10 °C provoca su muerte.
- ✓ Se requiere un pH de 6,5 – 8,5.
- ✓ Hojas: Forman una roseta basal con largos pecíolos cilíndricos adheridos a la base (de 3 a 60 cm de largo), ahusados y recurvados en la planta flotante.
- ✓ Inflorescencia: En forma de espiga, con 4 a 16 flores individuales, alternas a lo largo del tallo.
- ✓ Flores: violetas grandes, de hasta 5 cm, abigarradas, a veces blancas, divididas en 6 fragmentos desiguales.
- ✓ Frutos y semillas: El fruto es una cápsula ovalada de 1,5 cm.
- ✓ Raíces: fibrosas, a menudo coloreadas (Seema, 2012).

Figura 2

Partes de la planta eichhornia crassipes



Nota. Ubicación de las partes (hojas, peciolo, raíces, estolón y rizoma) de la *Eichhornia crassipes* (Cáceres, 2018)

Figura 3
Desarrollo y crecimiento del Eichhornia crassipes



Nota. (A) Raíces pelosas, (B) tallos huecos, (C) floración, (D) hábitat. (Cáceres, 2018).

Tabla 2
Clasificación taxonómica del Eichhornia crassipes

Clasificación taxonómica	
Nombre Científico:	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms
Reino:	Plantae
Subreino:	Traqueobionta(plantas vasculares)
Super división:	Spermatophyta (plantas con semillas)
División:	Magnoliophyta (plantas con flor)
Clase:	Liliopsida (monocotiledóneas)
Subclase:	Lilidae
Orden:	Commelinales
Familia:	Pontederiaceae
Género:	<i>Eichhornia</i>
Especie:	<i>Eichhornia crassipes</i>

Nota. Taxonomía de la planta *Eichhornia crassipes*. (Reyes, 1985)

2.2.4. LEMNA MINOR O LENTEJA DE AGUA

La lenteja de agua es una planta con flores, conocida como angiosperma, que forma parte de la familia Lemnaceae.

En su estructura no se observa diferencia entre tallos y hojas; Distintos autores meditan que el tallo pertenece a una hoja transformada que desempeña funciones del tallo y la hoja; es una estructura plana, de color verde y con una sola raíz. (Sánchez y Olivera, 1984)

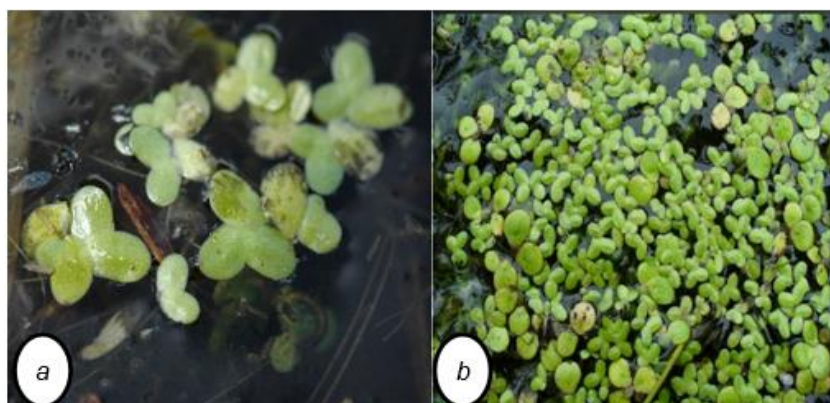
Las flores crecen a partir de hendiduras en los bordes de las hojas llamadas espatas y abundan en especies del orden Arales; su reproducción es asexualmente mediante gemación. (Armstrong, 2005).

2.2.4.1. PARÁMETROS DE CRECIMIENTO

- ✓ Frutos y semillas: el fruto es una cápsula ovalada, de aprox. 1,5 cm de largo, con 3 esquinas. Son muchas semillas, de poco más de 1 mm de largo, con 10 nervaduras longitudinales y de color negro.
- ✓ Raíz: Fibroso, generalmente coloreado.
- ✓ Temperatura: Soportan múltiples temperaturas; los límites de temperatura para su desarrollo estuvieron entre 8 y 16 °C y entre 16 y 20 °C.
- ✓ Distribución geográfica: común en América, Europa, Asia, Australia, y otras regiones. Se encuentran primariamente en pozas, marismas, lagos y ríos tranquilos (Armstrong, 2005).

Figura 4

Desarrollo de Lemna minor



Nota. (a) Crecimiento y (b) hábitat de la *Lemna minor*. (Apolo, 2013)

Tabla 3

Clasificación taxonómica de la Lemna minor

Clasificación taxonómica	
Reino:	Plantae
División:	Fanerógama Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Alismatales
Familia:	Araceae
Subfamilia:	Lemnoideae
Tribu:	Lemneae
Género:	Lemna
Especie:	Lemna minor L.

Nota. Taxonomía de la planta *Lemna minor*. (Apolo, 2013)

2.2.5. LAGUNA

Cuerpo de agua que se provee y recibe agua, cuyas propiedades son similares a las de los lagos, pero que tiene una profundidad inferior a 10 metros; las lagunas suelen ser bastante productivas debido a su escasa profundidad y al mayor contacto de los sedimentos con la parte superior del agua. Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2017)

Hay algunas características que suelen incluir la coincidencia de fases secas y lluviosas, la forma de la tierra, y las diversas maneras en que se emplea el suelo. Además, se trata de un cuerpo de agua quieta, y al ser poco honda permite que la luz solar alcance su base, impidiendo la creación de distintas estratificaciones térmicas, como sucede en los lagos. Diccionario de la lengua española es una obra consultada de la Academia (DRAE, 2014)

2.2.6. PARÁMETROS A EVALUAR EN LAS AGUAS SUPERFICIALES

Para evaluar la pureza del agua, es esencial examinar los próximos aspectos:

- ✓ Coliformes fecales (en NMP/100 ml)

- ✓ pH (en unidades de pH)
- ✓ Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5 en mg/L)
- ✓ Nitratos (NO₃ en mg/L)
- ✓ Fosfatos (PO₄ en mg/L)
- ✓ Temperatura (en °C)
- ✓ Turbidez
- ✓ Sólidos disueltos totales (en mg/L)
- ✓ Oxígeno disuelto (porcentaje en saturación)

2.2.6.1. TEMPERATURA

Calderón, (2004), Señale que la temperatura en agua posee un efecto importante porque los organismos necesitan ciertas condiciones de temperatura en las que realiza sus funciones fisiológicas, además, influye en la efectividad de otros parámetros de la calidad del agua, como el pH, la conductividad y otras condiciones químicas y física.

2.2.6.2. OXÍGENO DISUELTO

El oxígeno que se encuentra en el agua señala si los cambios biológicos son causados por organismos que requieren oxígeno o aquellos que no. Los organismos que requieren oxígeno emplean el O₂ disuelto para descomponer tanto la materia orgánica como la inorgánica, generando productos finales que son inofensivos. En contraste, los organismos que no requieren oxígeno utilizan el O₂ disuelto en sales inorgánicas como los sulfatos, lo que a menudo resulta en la creación de sustancias que pueden ser dañinas, por lo que es crucial mantener condiciones que favorezcan la presencia de oxígeno y prevenir la aparición de elementos que no lo necesitan. La

descomposición de la materia orgánica incrementa la demanda de oxígeno. (Bujan, 1997)

La existencia de oxígeno disuelto en el agua es esencial para la existencia de peces y otros organismos acuáticos. La dificultad radica en la escasa capacidad de disolución de este gas en el agua. Además, el nivel de oxígeno en el agua varía según las condiciones ambientales, aumentando cuando la temperatura disminuye. (García, 2012)

Ramos, (2014) Es una medida del efecto de los contaminantes que oxidan, la habilidad del agua para sostener la vida de los organismos que requieren oxígeno y la facultad del receptor para limpiarse por sí mismo.

2.2.6.3. CONDUCTIVIDAD

Esta medición muestra con qué facilidad pasa una corriente eléctrica mediante el agua residual. Porque el agua es un mal conductor de la electricidad. En términos eléctricos, una alta conductividad indica la presencia y concentración de solutos; es el parámetro más importante en este momento porque permite establecer la probabilidad de uso de agua para riego. (Camacho y Ordóñez, 2008)

2.2.6.4. TURBIDEZ

Este indicador se emplea para señalar la pureza del agua que sale o del agua natural en relación con partículas y desechos en el líquido. La cantidad de turbidez se evalúa al cotejar la cantidad de luz dispersa en una muestra con la cantidad registrada en una suspensión de referencia bajo las mismas circunstancias. (yamatho, 2017)

2.2.6.5. PH

Es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua. El nivel ideal de pH en el agua debe situarse entre 6,5 y 8,5, lo que significa que debe ser neutro o un poco alcalino. El límite máximo aceptable es 9, que es donde se encuentra la mayor cantidad de vida biológica; las principales propiedades del ácido son que tienen un olor agrio y las soluciones concentradas son corrosivas consiguiendo destruir el tejido vivo (Carbotecnia, 2022).

2.2.6.6. CLORURO

El ion cloruro es un ion inorgánico frecuente que se encuentra en aguas naturales, aguas residuales y en aquellas que han sido tratadas. La variación en la concentración es lo que provoca el sabor salado del agua potable. En determinadas aguas que presentan 25 mg de Cl/L se percibe un sabor salado si el catión presente es sodio. Además, niveles elevados de cloruro pueden perjudicar infraestructuras metálicas y dificultar el crecimiento vegetal, ya que la cantidad alta de cloruro en las aguas residuales puede incrementarse al utilizarlas para el riego de cultivos. Por lo tanto, es importante poder determinar la concentración de cloruro en aguas residuales naturales, aguas residuales y aguas residuales tratadas en diferentes concentraciones. (Aguilar, 2001)

2.2.6.7. NITRÓGENO

El nitrógeno total se compone de nitrato, nitrito, nitrógeno amoniacal y nitrógeno orgánico. El nivel de nitrito en aguas residuales no debe ser superior a 1 mg/l y en aguas superficiales y subterráneas, no debe superar 0,1 mg/l. Los nitritos son cruciales en las investigaciones de aguas residuales dado que

son perjudiciales para la mayoría de los peces y otras formas de vida acuática. (Londoño y Marín, 2009)

2.2.6.8. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)

Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos requieren para descomponer la materia orgánica que puede biodegradarse en condiciones con presencia de aire. La DBO se considera el indicador más común para evaluar la calidad del agua tanto residual como superficial, calcular el oxígeno necesario, estabilizar biológicamente compuestos orgánicos en el agua, planificar instalaciones para el tratamiento biológico, analizar la eficacia de los métodos de tratamiento y establecer los límites permitidos. (Camacho y Ordóñez, 2008)

2.2.6.9. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

La demanda química de oxígeno se emplea para evaluar la cantidad de compuestos orgánicos en efluentes. Evalúa el oxígeno requerido a partir de un reactivo potente (normalmente dicromato de potasio) en condiciones ácidas y a temperaturas elevadas. La DQO puede servir como indicador de la cantidad de materia orgánica en efluentes biológicos. Niveles de DQO en agua. La liberación de efluentes a fuentes de agua no debería sobrepasar los 200 mg/L, sin embargo, para una protección adecuada del ecosistema acuático, los vertidos deben ser menores a 40 mg/L. (Camacho y Ordóñez, 2008)

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **EFICACIA:** Está definida como la característica de alcanzar o llegar un objetivo deseado o aguardar sin considerar la utilización de recursos ni la capacidad del tiempo. Se trata de utilizar diferentes métodos biológicos juntos para lograr un resultado, sin considerar los medios necesarios para lograrlo. (Agudelo et al., 2005)

- **FI TORREMEDIACIÓN:** es la composición de un sistema de técnicas que comprimen in situ o ex situ el porcentaje de presencia de varias composiciones mediante técnicas bioquímicos ejecutados por las plantas y microorganismos (Delgadillo, 2008).
- **RIZOFILTRACIÓN:** Es un método fitorremediador que utiliza las raíces de las vegetaciones para purificar el agua de la superficie, subterránea o líquidos que contienen metales pesados, sustancias tóxicas orgánicas. además de otras sustancias (Delgadillo, 2008).
- **BIOACUMULACIÓN:** es la concentración de porcentajes que se hallan acumulados en un organismo por la acumulación inmediata realizada a través del agua por absorción. Esta palabra se utiliza para referirse a los procesos dinámicos de la concentración y de los resultados finales del mismo organismo. (Figueroa, 2004).
- **CALIDAD:** son las características que presentan los objetos, además que describen su importancia, y la complacencia que exterioriza en los sujetos (Rosario, 2020).
- **MACRÓFITAS:** Son organismos vegetales avanzados, como algas, musgos o briofitas de gran tamaño, que se han adaptado para existir en el entorno acuático. (Figueroa, 2004).
- **AGUAS RESIDUALES:** Los efluentes pueden describirse como una mezcla de los líquidos desechados provenientes de hogares, organismos y empresas tanto comerciales como industriales, además de las aguas pluviales, subterráneas y de superficie que pueden sumarse a las citadas. (Castro y Chunga, 1985).
- **CONTAMINACIÓN DEL AGUA:** La contaminación del agua se refiere a un cambio en la calidad del agua, generalmente causado por la actividad humana, que la vuelve inapropiada o riesgosa para el uso humano, industrial, agrícola, pesquero y recreativo, además de

afectar a los animales domésticos y a la fauna silvestre. (Agudelo, et al.,2005).

- **DBO_s:** Se describe como la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para descomponer la materia orgánica que se puede biodegradar presente en las aguas residuales. (Metcalf y Eddy, 1985).
- **DQO:** La Demanda Química de Oxígeno representa la cantidad de oxígeno requerida para descomponer químicamente la materia orgánica, transformándola en agua y dióxido de carbono. La DQO sirve para evaluar el nivel de polución y se presenta en miligramos de oxígeno por cada litro. (mgO₂/l).(Metcalf y Eddy, 1985).
- **EUTROFIZACIÓN:** Proceso natural en ecosistemas acuáticos, especialmente en lagos, caracterizado por un aumento en la concentración de nutrientes como nitratos y fosfatos. (Greenfacts, 2000).
- **FÓSFORO:** es un elemento imprescindible para el desarrollo de algas entre otros seres vivos. Es por ello que su acelerada reproducción sobre el agua exige pronto estudios para lograr reducirlo, así como controlar el grado de concentración de fósforo que llegan de los vertimientos residuales y de escorrentía. (García, 2012).
- **SULFATOS:** son altamente distribuidos alrededor de los ecosistemas llegando a encontrarse en el agua a elevados porcentajes, que es perjudicial para el ambiente, se presentan en desde mínimas hasta sobrepasar los miles de miligramos por cada litro. (Agudelo, et al., 2005).
- **CLORUROS:** los cloruros se hallan particularmente en aguas brutas y procesadas en porcentajes que constantemente van desde unos pocos hasta cientos de trazos mg/L. Se encuentran en las formas de NaCl, C y Mg (García, 2012).

2.4. HIPÓTESIS

H1: La eficacia de fitorremediación del binomio *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* a diferentes concentraciones es distinta, al mejorar la calidad de aguas superficiales destinadas para recreación.

HO: La eficacia de fitorremediación del binomio *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* a diferentes concentraciones no es distinta, al mejorar la calidad de aguas superficiales destinadas para recreación.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DE CALIBRACIÓN

Fitorremediación.

2.5.2. VARIABLE EVALUATIVA

Calidad de aguas destinadas para recreación.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 4

Operalización de variables

Variable de calibración	Indicadores	Valor final	Tipo de variable
Remediación	Especies remediadoras	• <i>Eichhornia crassipes</i> • <i>Lemna minor</i>	Nominal dicotómica
Variable evaluativa	Indicadores	Valor final	Tipo de variable
Calidad de aguas destinadas para recreación	Parámetros fisicoquímicos:		
	• Conductividad eléctrica	Umho/cm	Continua
	• pH	unidad	Continua
	• Solidos totales disueltos (TDS)	mg/L	Continua
	• Turbidez	UNT	Continua
	• Temperatura	°C	Continua
	Parámetros microbiológicos:		
	• Coliformes totales (CT)	NMP/100 ml	Continua
	• Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	Continua

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según Supo y Zacarías (2020), el estudio es prospectivo con intervención ,ya que, se realiza con la participación activa del investigador, dado que se utilizaron datos obtenidos de mediciones supervisadas por el investigador mismo o solicitadas específicamente para el estudio. La investigación es de carácter longitudinal, dado que el investigador interviene o altera las unidades de análisis para explorar posibles variaciones en la variable que se está manipulando. Siempre se consideran estudios analíticos porque implican 2 variables analíticas: la variable que se está manipulando y la segunda variable en la que se pretende observar modificaciones. Contienen un pre test y un post test, es decir, una evaluación inicial para luego contrastarla con una segunda evaluación tras la intervención.

3.1.1. ENFOQUE

De acuerdo a Hernández, et al. (2014) la investigación se basó en un enfoque cuantitativo ,ya que, mediante la recolección de datos numéricos y el análisis estadístico, se buscaba comprobar la hipótesis planteada. Específicamente, se llevaron a cabo ensayos de laboratorio para evaluar el potencial de la fitorremediación utilizando una combinación de *eichhornia crassipes* y *lemna minor* en diferentes concentraciones para mejorar la calidad del agua residual.

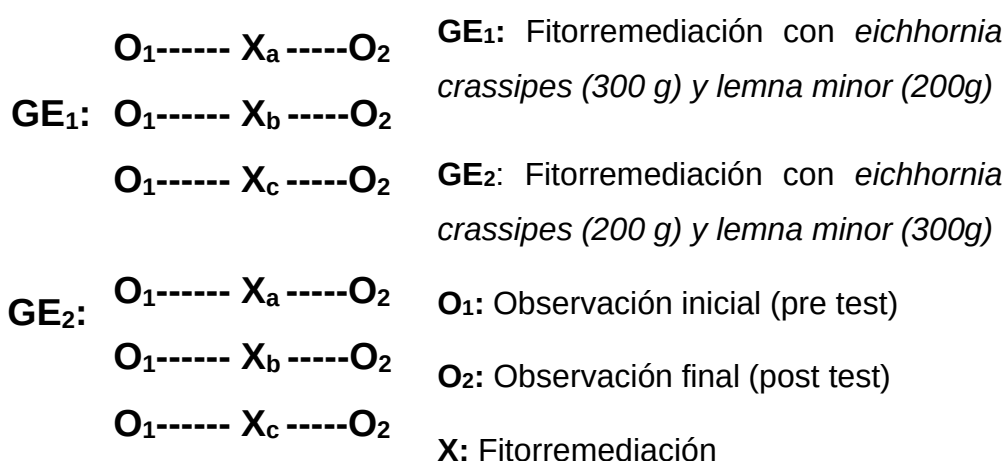
3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Este estudio se ubicó en el nivel aplicativo, pues se llegaron a analizar los procesos, resultados y efectos de la intervención específica en una población determinada con el objetivo de optimizar una condición particular, es decir, demostrar que la intervención logro un cambio positivo y significativo. Además, se llegó a calibrar esta intervención para asegurar que los resultados obtenidos se encuentren dentro de los

parámetros esperados. En otras palabras, se buscó ajustar la intensidad de la intervención para lograr el máximo impacto posible (Supo y Zacarias, 2020).

3.1.3. DISEÑO

El estudio estuvo basado en un diseño experimental, este tipo de diseño estaba más en sintonía con una perspectiva científica. Pues consistió en manipular de manera deliberada una variable independiente (considerada como posible causa antecedente) o más con el objetivo de analizar las repercusiones de dicha manipulación en una variable dependiente (supuesto efecto consecuente) o más, todo esto en un ambiente controlado por el investigador (Hernández et al., 2014). El siguiente esquema explica con precisión el diseño:



3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

El recurso hídrico consistía en las aguas superficiales de la laguna de los milagros, que se alimenta de los ríos procedentes del cerro Belén y de la lluvia, que es habitual en la zona. Su área normal es de 40 000 metros cuadrados, alcanzando hasta 50 hectáreas en la época de lluvias. (Ramos, 2023).

3.2.2. MUESTRA

Se aplicó el protocolo para la recolección de muestras de las aguas superficiales, de acuerdo con lo dictado en la Resolución de la Jefatura N.º 010 - 2016 de la ANA. Primeramente, se extrajo el agua residual en un cilindro de alrededor de 180 litros, después se trató en muestras de 20 litros de agua superficial con la concentración de *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* dispuestas en dos grupos con tres repeticiones formando un total de 6 muestras.

Tabla 5

Coordenadas UTM de ubicación del punto de recolección

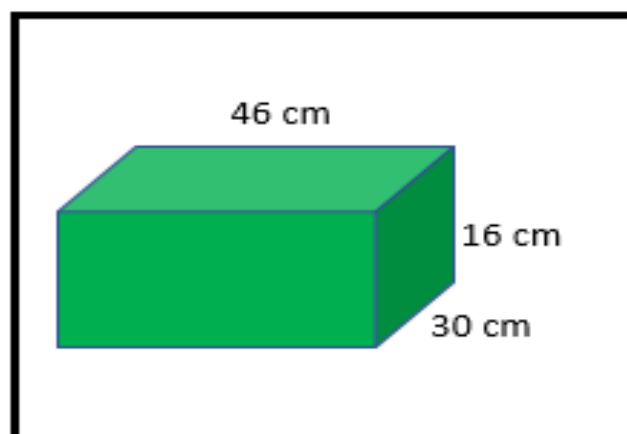
Laguna los Milagros		
Coordenadas UTM (WGS - 84)		
Punto	Norte	Este
A	8988780 m	390500 m

Nota: La tabla muestra la ubicación del lugar de recolección del agua superficial.

El estudio se realizó los meses de abril, mayo y junio del año 2024. En una superficie de 3 metros de anchura por 4 metros de longitud.

Figura 5

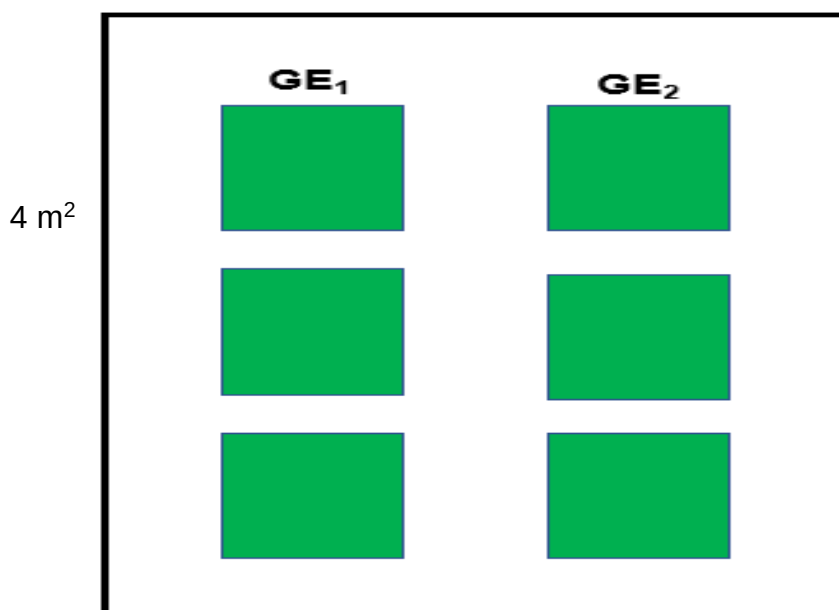
Dimensiones de la bandeja de tratamiento



Nota: la figura muestra las dimensiones de las bandejas de 22,080 cm³.

Figura 6

Modelo de los equipos de las bandejas de tratamiento



Nota: Se aprecia que el área concedida tiene una medida de 3 metros de anchura por 4 metros de longitud, así como también la disposición de las bandejas para el tratamiento.

Para llevar a cabo la investigación, se necesitaron: recolectar ejemplares de *eichhornia crassipes* y *lemna minor* teniendo en consideración el método de (Lucero, 2009) para la elección de las macrofitas, que implicó elegir los descendientes de *Eichhornia crassipes* y las variedades más nuevas con un matiz más vibrante *Lemna minor*, además, de no presentar anomalías en su estructura. Estas muestras son pesadas; para el primer tratamiento la concentración fue de 300 g de *eichhornia crassipes* (2 plantones de 12 a 13.5 cm de altura) y 200 g de *lemna minor*, la segunda concentración, 200 g de *eichhornia crassipes* (equivalente a 1 plantón de 15 cm) y 300 g de *lemna minor* ambas concentraciones fueron llevadas dentro de los espacios de la infraestructura para su posterior inserción en las bandejas de tratamiento que cuentan con extensiones de (46 x 30 x 16)cm y capacidad de 22,08 litros.

El periodo en el que se llevó a cabo toda la investigación está vinculado al periodo de expansión de la planta, Efectuando el seguimiento pertinente todos los días. Se recolectó una muestra de las bandejas cada 18 días para verificar si la concentración de agentes contaminantes se reduce con el transcurso del tiempo. Se llevaron a cabo dos repeticiones de recolección de muestras por cada bandeja, el tratamiento abarcó 36 días. Se programó que el proyecto tendría una duración total de tres meses, durante los cuales se recogieron evidencias, incluyendo los resultados de las investigaciones de laboratorio, además de las imágenes del progreso del proyecto, de forma detallada y paso a paso. En ese contexto, la duración total del proyecto de investigación fue de cinco meses.

- **Unidad de análisis**

En total se llevaron al laboratorio 13 unidades de análisis que fueron estudiados, una muestra previa al tratamiento (pre test) y 12 muestras, siendo 6 muestras de cada grupo experimental.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. TÉCNICA

En la investigación que se expone se utilizó como método la técnica de la observación directa.

a) Observación

Se trata de recopilar todos los datos disponibles a través de la observación en campo de forma organizada.

b) Determinación de los parámetros físicos y químicos

Para recopilar información sobre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos será imprescindible enviar la muestra al laboratorio de la Dirección Regional de Salud de Huánuco, previo y posterior al tratamiento para poder efectuar la comparación del tratamiento de los dos grupos control.

Tabla 6

Técnicas para la recolección de datos

Variable evaluativa	Parámetros	Técnica	Instrumento
Calidad del agua destinadas para recreación	Fisicoquímicos		
	Temperatura		Termómetro
	Conductividad eléctrica		Conductímetro
	pH		pH-metro
	Sólidos suspendidos totales	Observación	Método Gravimétrico
	Turbidez		Espectrofotómetro
	microbiológicos		
	Coliformes		Método de tubos
	Termotolerantes		múltiples
	Coliformes Totales		Columetría

3.3.2. PROTOCOLO PARA MONITOREO Y TOMA DE MUESTRA DE AGUA

La obtención de la muestra del afluente se realizó siguiendo el protocolo nacional establecido para supervisar la calidad de los cuerpos de agua superficiales, Resolución Jefatura N.º 010 – 2016 – ANA.

Las muestras se tomaron del lugar donde se produce un derramamiento de aguas residuales domésticas en la laguna de los milagros. Primero se recolectó en un cilindro de 300 litros, se homogeneizó y para luego ser vertidas en las bandejas de tratamiento.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.4.1. PROCESO DE LA INFORMACIÓN

En esta investigación, el proceso de los datos obtenidos se elaboró mediante la prueba t de student y el software estadístico Microsoft Excel 2016. Esto permitirá la elaboración de tablas y gráficos estadísticos de manera organizada y exacta.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Tabla 7

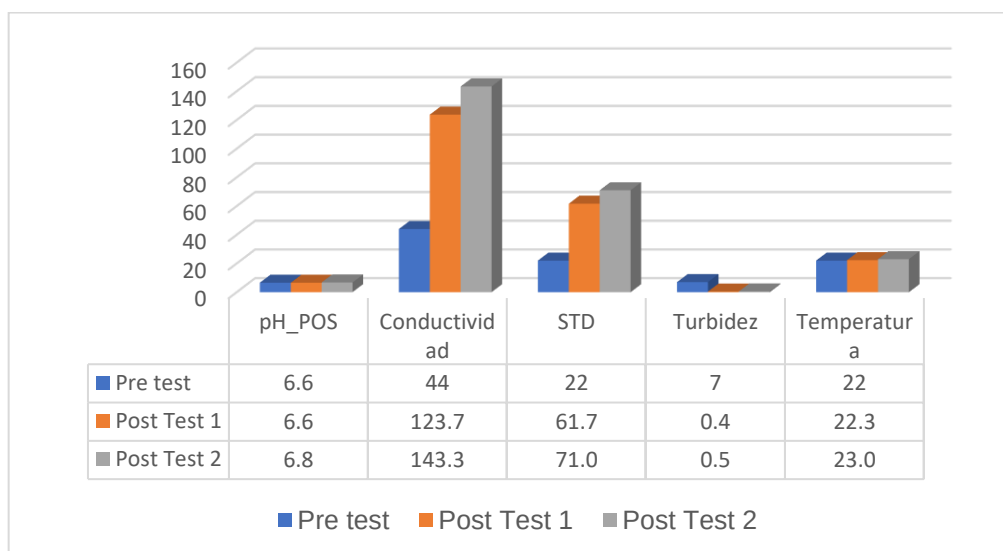
Parámetros fisicoquímicos antes y después de la fitorremediación con la concentración 1

	Pre test		Post Test 1			Post Test 2			
Indicador	Medi a	Medi a	Error estánd ar	Límite Inferio r	Límite Superi or	Medi a	Error estánd ar	Límit e Inferi or	Límite Superi or
pH	6.6	6.6	0.0	6.4	6.7	6.8	0.1	6.5	7.1
Conductivi dad	44	123.7	2.2	114.3	133.1	143.3	1.8	135.7	150.9
STD	22	61.7	1.2	56.5	66.8	71.0	0.6	68.5	73.5
Turbidez	7	0.4	0.0	0.4	0.4	0.5	0.0	0.4	0.7
Temperatur a	22	22.3	0.3	20.9	23.8	23.0	0.0	23.0	23.0

Nota. Se observa en la tabla los parámetros fisicoquímicos antes y después del tratamiento de fitorremediación con la concentración 1: *Eichhornia crassipes* (300 g) y *Lemna minor* (200 g).

Figura 7

Parámetros fisicoquímicos antes y después de la fitorremediación con la concentración 1



Nota. Se observa en la figura un resumen comparativo de los parámetros fisicoquímicos antes y después del tratamiento de fitorremediación con la concentración 1: *Eichhornia crassipes* (300 g) y *Lemna minor* (200r g).

En la tabla y figura 7, se puede observar los parámetros fisicoquímicos evaluados inicialmente al agua superficial, encontrando que pertenecen al estándar de calidad del agua MINAM-ECA, como se indica en el decreto supremo N° 004-2017, no obstante, en las muestras tomadas después del tratamiento se aprecia que la conductividad se elevó tanto para la primera (123.7) como para la segunda medición (143.3) en comparación con la prueba inicial (44). Los STD subieron de (22) prueba inicial a (61.7) en la primera medición y (71.0) segunda medición. La turbidez presenta un cambio significativo de (7) prueba inicial a (0.4) primer y (0.5) segunda medición, además, los parámetros como la temperatura no mostraron mayores cambios manteniéndose en (22 - 22.3) °C prueba inicial y primera medición con una variación de 1 °C en la segunda medición 23 °C; el pH se mantiene (6.6) inicial, (6.6) primera medición y (6.8) segunda medición.

De lo expuesto podemos inferir que esta concentración presento cambios notables en la conductividad, los STD y turbidez; manteniéndose la temperatura y pH relativamente.

Tabla 8

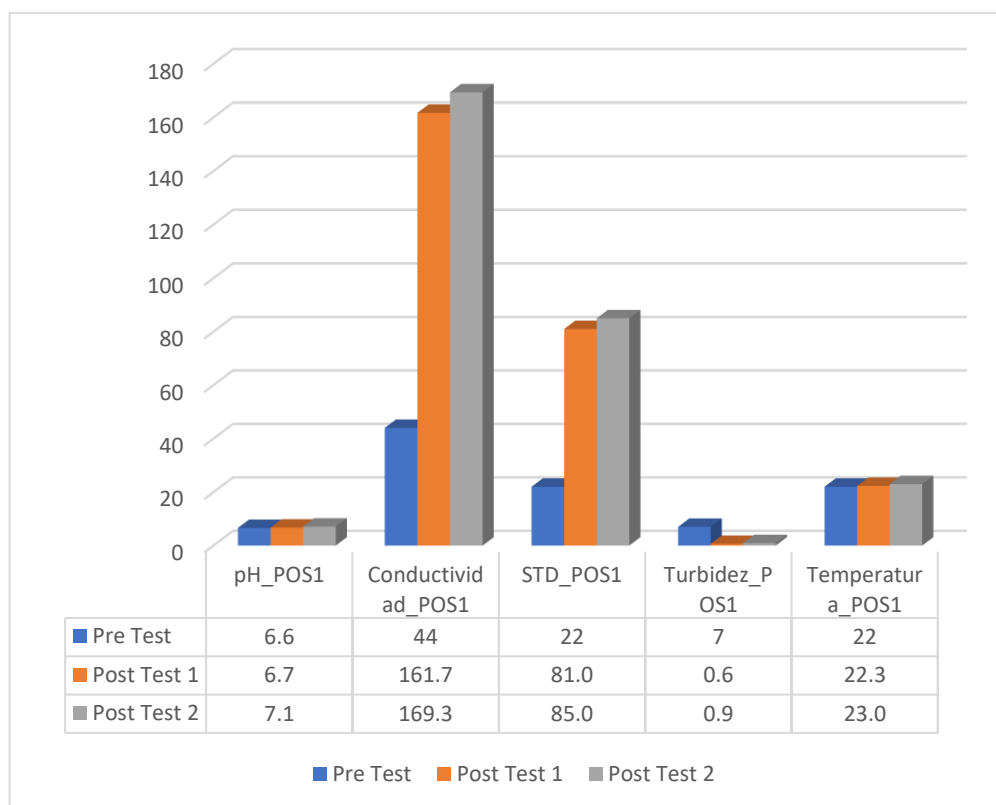
Parámetros fisicoquímicos antes y después de la fitorremediación con la concentración 2

Indicador	Pre test		Post Test 1			Post Test 2			
	Medi a	Medi a	Error estánd ar	Límit e Inferi or	Límite Superi or	Medi a	Error estánd ar	Límit e Inferi or	Límite Superior
pH	6.6	6.7	0.1	6.1	7.4	7.1	0.1	6.9	7.3
Conductivid ad	44	161.7	4.4	142.7	180.6	169.3	0.9	165.5	173.1
STD	22	81.0	2.1	72.0	90.0	85.0	0.6	82.5	87.5
Turbidez	7	0.6	0.1	0.3	1.0	0.9	0.0	0.8	1.1
Temperatura	22	22.3	0.3	20.9	23.8	23.0	0.0	23.0	23.0

Nota. Se observa en la tabla los parámetros fisicoquímicos antes y después del tratamiento de fitorremediación con la concentración 2: *Eichhornia crassipes* (300 g) y *Lemna minor* (200 g).

Figura 8

Parámetros fisicoquímicos antes y después de la fitorremediación con la concentración 2



Nota. Se observa en la figura un resumen comparativo de los parámetros fisicoquímicos antes y después del tratamiento de fitorremediación con la concentración 2: *Eichhornia Crassipes* (200 g) y *Lemna Minor* (300 g).

En la tabla y figura 8, observamos que la conductividad aumento tanto para la primera (161.7) como para la segunda medición (169.3) en comparación con la prueba inicial (44). Los STD subieron de (22) prueba inicial a (81.0) en la primera medición y (85.0) segunda medición. La turbidez presenta un cambio significativo de (7) prueba inicial a (0.6) primer y (0.9) segunda medición, , sin embargo, el pH se mantiene (6.6) en la prueba inicial y (6.7) primera medición presentando un cambio de 0.4 en la segunda medición (7.1) y la temperatura no presenta mayores cambios manteniéndose en (22 - 22.3) °C prueba inicial y primera medición con una variación de 1°C en la segunda medición (23 °C). De esta manera notamos que la concentración 2: *Eichhornia crassipes* (200

g) y *Lemna minor* (300 g); presento cambios notables en la conductividad, los STD y turbidez presentando un relativo cambio en la temperatura y pH.

Tabla 9

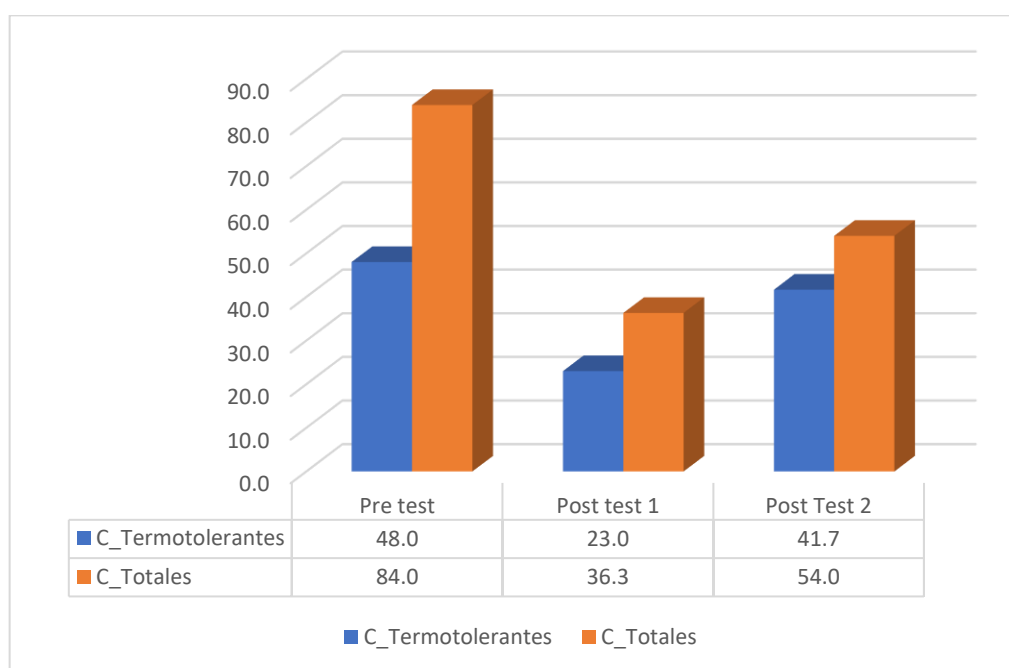
Parámetros microbiológicos antes y después de la fitorremediación con la concentración 1

Indicador	Pre test		Post Test 1			Post Test 2			
	Media	Mediana	Error estándar	Límite Inferior	Límite Superior	Media	Error estándar	Límite Inferior	Límite Superior
Coliformes									
Termotolerantes	48.0	23.0	1.5	16.4	29.6	41.7	3.0	28.9	54.4
Coliformes Totales	84.0	36.3	2.2	26.9	45.7	54.0	2.6	42.6	65.4

Nota. Se observa en la tabla los parámetros microbiológicos antes y después del tratamiento de fitorremediación con la concentración 1: *Eichhornia crassipes* (300 g) y *Lemna minor* (200 g).

Figura 9

Parámetros microbiológicos antes y después de la fitorremediación con la concentración 1



Nota: Se observa en la figura un resumen comparativo los parámetros microbiológicos antes y después del tratamiento de fitorremediación con la concentración 1: *Eichhornia crassipes* (300 g) y *Lemna minor* (200 g).

En la tabla y figura 9, observamos que el valor de Coliformes Termotolerantes presenta una disminución relevante desde la prueba inicial (48) a (23) en la primera medición, reduciendo en 25, en cambio, en la segunda medición se eleva a (41.7), los Coliformes Totales se reducen de (84) prueba inicial a (36.3) primera medición, reduciendo en 47.7, no obstante, en la segunda medición se observa un aumento a (54.0).

Tabla 10

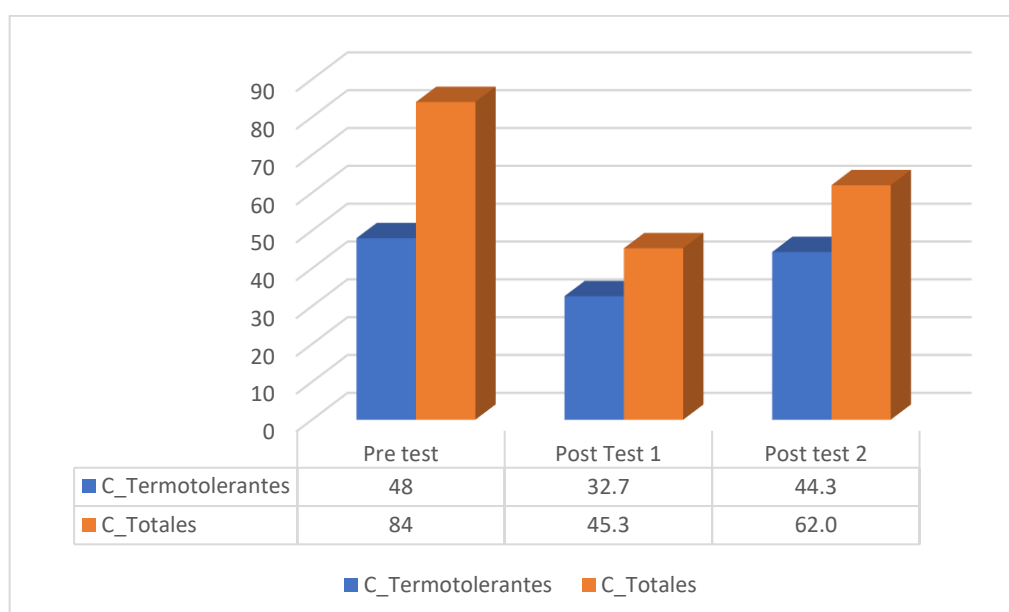
Parámetros microbiológicos antes y después de la fitorremediación con la concentración 2

Indicador	Pre test	Post Test 1				Post Test 2			
	Media	Media	Error estándar	Límite Inferior	Límite Superior	Media	Error estándar	Límite Inferior	Límite Superior
Coliformes Termotolerantes	48.0	32.7	0.9	28.9	36.5	44.3	2.0	35.6	53.1
Coliformes Totales	84.0	45.3	1.2	40.2	50.5	62.0	4.0	44.8	79.2

Nota. Se observa en la tabla los parámetros microbiológicos antes y después del tratamiento de fitorremediación con la concentración 2: *Eichhornia crassipes* (200 g) y *Lemna minor* (300 g).

Figura 10

Parámetros microbiológicos antes y después de la fitorremediación con la concentración 2



Nota: Se observa en la figura un resumen comparativo los parámetros microbiológicos antes y después del tratamiento de fitorremediación con la concentración 2: *Eichhornia crassipes* (200 g) y *Lemna minor* (300 g).

En la tabla y figura 10, observamos que el valor de Coliformes Termotolerantes presenta una disminución relevante desde la prueba inicial (48) a (32.7) en la primera medición, reduciendo en 15.3, en cambio, en la segunda medición se eleva a (44.3), los Coliformes Totales se reducen de (84) prueba inicial a (45.3) primera medición, reduciendo en 38.7, no obstante, en la segunda medición se observa un aumento a (62.0).

Tabla 11

Prueba de normalidad de los datos

	Grupo	Estadístico	Shapiro-Wilk gl	Sig.
pH	300 E. C. y 200 L. M.	,987	3	0,780
Conductividad	200 E. C. y 300 L. M.	,855	3	0,253
	300 E. C. y 200 L. M.	,964	3	0,637
STD	200 E. C. y 300 L. M.	,923	3	0,463
	300 E. C. y 200 L. M.	,942	3	0,537
Turbidez	300 E. C. y 200 L. M.	,964	3	0,637
Coliformes Termotolerantes	200 E. C. y 300 L. M.	,893	3	0,363
	300 E. C. y 200 L. M.	,964	3	0,637
Coliformes T Totales	200 E. C. y 300 L. M.	,855	3	0,253
	300 E. C. y 200 L. M.	,923	3	0,463

Nota. En la tabla se observa el estadístico de la prueba de normalidad.

En la tabla 11, tenemos los valores obtenidos en cada uno de los indicadores Sig. (p-valor) son superiores al nivel de significancia estadística convencional (0.05), por lo que se dice que Los datos generalmente demuestran una distribución normal, lo que hace que el uso de una prueba estadística paramétrica sea necesario para el análisis de datos.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Se tiene la siguiente hipótesis (H_1):

H1: la eficacia de fitorremediación del binomio *Eichhornia Crassipes* y *Lemna Minor* a diferentes concentraciones es distinta al mejorar la calidad de las aguas superficiales destinadas a recreación.

Por otra parte, se tiene la hipótesis nula (H_0), que rechaza dicha afirmación:

H₀: la eficacia de fitorremediación del binomio *Eichhornia Crassipes* y *Lemna Minor* a diferentes concentraciones no es distinta al mejorar la calidad de las aguas superficiales destinadas a recreación.

El nivel de importancia definido es el tradicional, es decir, **5%**.

Prueba estadística: t de student para muestras independientes.

Cálculo del p-valor utilizando la prueba estadística.

Tabla 12

Prueba de hipótesis con t de Student para muestras independientes

	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias				
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
pH	3.273	0.145	-1.118	4	0.326	-0.58055	0.24722
Conductividad	1.540	0.282	-7.721	4	0.002	-51.66457	-24.33543
STD	1.220	0.331	-8.043	4	0.001	-26.00708	-12.65959
Turbidez	7.692	0.050	-2.646	4	0.057	-0.47819	0.01153
Temperatura	16.000	0.016	-1.000	4	0.374	-1.25882	0.59215
Coliformes Termotolerantes	1.600	0.275	-5.480	4	0.005	-14.56386	-4.76948
Coliformes Totales	2.118	0.219	-3.608	4	0.023	-15.92567	-2.07433

En la tabla 12, notamos que se ha obtenido que existe diferencia en los resultados de la Conductividad, STD, Coliformes Termotolerantes y Coliformes Totales cuando se trabaja con las distintas combinaciones de *Eichhornia Crassipes* y *Lemna Minor*. En cambio, no hay diferencia en el uso

de las distintas combinaciones de *Eichhornia Crassipes* y *Lemna Minor* cuando se trata del pH, Turbidez y Temperatura.

Tabla 13*Tabla comparativa de los resultados*

Indicador	Parámetros LM - ECA E1: Lagunas y lagos	Pre test	Interpretación	Post Test EC (200 g) y LM (300 g) 18 días	Post Test EC (300 g) y LM (200 g) 18 días	Post Test EC (200 g) y LM (300 g) 36 días	Post Test EC (300 g) y LM (200 g) 36 días	Interpretación
pH	6.0 – 9.0	6.6	Cumple el estándar	6.6	6.7	6.8	7.1	Cumple el estándar
Conductividad	1000 µS/cm	44	Cumple el estándar	123.7	161.7	143.3	169.3	Cumple el estándar
STD	1000 mg/L	22	Cumple el estándar	61.7	81.0	71.0	85.0	Cumple el estándar
Turbidez	100UNT	7	Cumple el estándar	0.4	0.6	0.5	0.9	Cumple el estándar
Temperatura	°C	22	Cumple el estándar	22.3	22.3	23.0	23.0	Cumple el estándar
Coliformes Termotolerantes	50NMP/100 ml	48	Cumple el estándar	23.0	32.7	41.7	44.3	Cumple el estándar
Coliformes Totales	20NMP/100 ml	84	Cumple el estándar	36.3	45.3	54.0	62.0	Cumple el estándar

Nota. Para comparar los parámetros usamos de referencia los límites máximos permisibles (LMP) DECRETO SUPREMO N.º 004-2017-MINAM, con respecto a la categoría 1: Poblacional y Recreacional, subcategoría B, para Aguas superficiales destinadas para recreación.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según los resultados de los ensayos realizados en el Laboratorio de la DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD HUÁNUCO. Se identificó las características, físicoquímicos y microbiológicos del agua inicial que ingreso a los tratamientos: turbidez 7 mg/L, conductividad 44 μ S/cm, STD 22mg/L, temperatura 22 °C, pH 6.60, coliformes termotolerantes 48 mg/L, coliformes totales 84 mg/L.

Respecto al objetivo general de la investigación fue comparar la eficacia de fitorremediación del binomio *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* a diferentes concentraciones para mejorar la calidad de aguas superficiales destinadas para recreación; Para el tratamiento con ambas concentraciones observamos que es positivo en los parámetros coliformes termotolerantes, coliformes totales y turbidez, tales resultados guardan relación con lo obtenido por Silupu (2022) en su estudio *Lemna minor* y *Eichhornia crassipes* como fitorremediadores para tratamiento de aguas residuales de la Laguna Centro Poblado Loma Negra - Piura 2022. Dicho estudio se realizó en humedales elaborados con recipientes (balde) que contenían tres tipos de tratamientos diferentes siendo el T3 en el que se introdujo ambas especies fitorremediadoras, *Lemna minor* 4 plantas y *Eichhornia crassipes* 4 plantas, se tomó en cuenta factores como la intensidad lumínica y la temperatura ambiente con el fin de optimizar el proceso de fitorremediación, además, las muestras fueron tomadas para ser analizadas a los 20 días después de iniciada la introducción de las plantas a los humedales; concluyendo que es eficaz al reducir los coliformes termotolerantes, coliformes totales y turbidez. Cabe mencionar que la metodología usada presenta similitudes notables con nuestro estudio. Igualmente, De la Cruz (2023), *eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas con macrófitas flotantes en el restaurante*, Desarrolló su estudio en Filtros de Macrófitas en Flotación (FMF) a base de vidrio con las siguientes medidas: 30 cm de alto, 30 cm de ancho y 40 cm de largo; el cual fue llenado 25 cm de alto y añadió 20 g de lenteja de agua

(*Lemna minor*) y 4 unidades de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) tomando la muestra en 3 tiempos de retención hidráulica, en los 0, 10 y 20 día. En conclusión, obtuvo un porcentaje de reducción del parámetro microbiológico de coliformes termotolerantes del 95.6%. Con respecto a la temperatura y pH se mantuvieron relativamente constantes en un promedio de 22.3 °C – 23 °C y 6.60 - 7.1 respectivamente, en contraste a los resultados de Robalino (2020) en su estudio *fitorremediación usando Eichhornia crassipes (jacinto de agua), en la planta de tratamiento de aguas residuales del recinto Pita, Caluma – Bolívar*, su investigación se desarrolló en la planta de tratamiento de aguas residuales del recinto Pita del cantón Caluma, provincia Bolívar, para ello realizó la toma de muestras en 3 puntos, en ausencia y presencia de la planta jacinto de agua después de 10 días de haber introducido la especie *Eichhornia crassipes* en la planta de tratamiento, concluyendo que mediante el sistema de fitorremediación el parámetro pH, no presentó una variabilidad debido a factores externos como el clima (lluvias). Así también, De la Cruz (2023) mediante su investigación nos detalla que el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) tiene la capacidad de neutralizar el agua residual, mientras que la lenteja de agua (*Lemna minor*) tiene la capacidad de alcalinizar el agua residual. De modo, que con el parámetro de pH mantuvo un rango constante evitando así la neutralización o alcalinización del agua residual.

En referencia a la conductividad, notamos un aumento elevado tanto en la primera y segunda concentración lo que discrepa con Guerrero y Jibaja (2019) En su estudio sobre el tratamiento del afluente de la laguna de oxidación a través de la fitorremediación utilizando *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* en Jaén, Cajamarca, se implementaron tres sistemas de tratamiento de flujo discontinuo. Estos sistemas simulan una pequeña laguna con agua estancada. En dos de los tres sistemas, se cultivaron las plantas de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y lenteja de agua (*Lemna minor*) en estanques de vidrio que miden 30 cm de alto, 30 cm de ancho y 40 cm de largo, a los que se les añadió agua residual hasta alcanzar una capacidad de almacenamiento de 30 litros (0. 030 m³) por cada recipiente. Además, se

instaló un techo de malla rashell a una altura de 1. 8 metros para evitar el contacto directo de las plantas con factores externos, Los monitoreos fueron realizados en 4 fechas con un espacio de 14 días cado uno. Concluyendo que demostró una excelente remoción de la conductividad en su tratamiento, siendo el *Eichhornia crassipes* más eficiente seguido de la *Lemna minor*; esto podría corresponder a muchos factores, entre ellas el techo de malla rashell que impidió el contacto directo con factores externos optimizando el tratamiento. Asimismo, los STD para ambas concentraciones también aumentaron a diferencia del estudio de Quispe et al (2021), Este estudio se centró en la utilización de *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* para la remoción de nitrógeno y fósforo de las aguas residuales en la laguna de oxidación de la ciudad de Pucallpa. Se emplearon nueve estanques de vidrio con dimensiones de 30 cm de profundidad, 31,5 cm de ancho y 85,05 cm de largo, lo que resultó en un volumen total de 80 litros (0,08 m³). Estos estanques se llenaron con aguas residuales provenientes de la planta de tratamiento del sector 14, alcanzando hasta el 85% de su altura, es decir, 76,5 litros (0,0765 m³). Antes de ser introducidas en los estanques, las aguas residuales fueron filtradas a través de un sistema de grava para eliminar los residuos sólidos orgánicos. Cada 10 días se renovó el efluente estancado, respetando así el tiempo de retención hidráulica. Durante el periodo de muestreo, se tomó una muestra del efluente el primer día en que los estanques se alimentaron con agua residual, y posteriormente se realizaron muestreos adicionales en el décimo día para cada estanque. Así, se llega a la conclusión de que la *Eichhornia crassipes* mostró resultados alentadores para la remediación de aguas contaminadas, ya que se observó una disminución en los sólidos suspendidos totales, vale indicar que el filtrado previo al tratamiento y cambio del efluente cada 10 días pudo influir en la reducción de este parámetro. En cuanto a los resultados obtenidos del segundo muestreo de 36 días observamos un aumento de los parámetros que habían sido reducidos, como es el caso de los coliformes termotolerantes que en de la cruz (2023) muestra que se elevaron los niveles de concentración debido a que las macrófitas que se encontraban sin vida. No obstante, la turbidez se mantiene relativamente constante en ambos tratamientos.

En relación con el objetivo específico describir los parámetros fisicoquímicos antes y después de la fitorremediación del binomio *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* a diferentes concentraciones, no se logró observar cambios significativos en el pH y temperatura en relación con Leonor et al. (2024). El efecto fitorremediador de *Lemna minor* y *Eichhornia crassipes* en los parámetros físicos y químicos de aguas residuales domésticas reveló que, durante la duración del experimento, los parámetros físicos no mostraron variaciones significativas. La temperatura se mantuvo estable entre 28.3 °C y el pH se situó en 7.3., no obstante, el aumento de los parámetros de conductividad y STD están relacionados según refiere Guerrero y Jibaja (2019). La conductividad es un indicador que proporciona una estimación cercana del contenido mineral del agua. Además, la conductividad eléctrica se emplea como una medida indirecta de la concentración de sólidos disueltos. Existe una relación directa entre la conductividad y la cantidad total de sólidos disueltos., así también Leonor et al. (2024), los sólidos disueltos totales pueden influir en los cuerpos de agua, lo que a su vez puede ocasionar alteraciones fisiológicas en los organismos que los consumen. Es importante resaltar, la turbidez, que cambió positivamente teniendo una notable reducción en ambas concentraciones.

En relación con el objetivo específico describir los parámetros microbiológicos antes y después de la fitorremediación del binomio *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* a diferentes concentraciones, se notaron variaciones positivas en ambas concentraciones de este modo los parámetros coliformes termotolerantes y coliformes totales fueron los que mostraron mejores resultados, tal como lo menciona Silupu (2022) y De la Cruz (2023) en sus respectivos estudios. Cabe indicar que el tratamiento óptimo fue la concentración 1: *Eichhornia Crassipes* (300 g) y *Lemna Minor* (200 g), siendo el tratamiento que más efecto tuvo para disminuir los parámetros coliformes termotolerantes 48 NMP/100ml > 23 NMP/100ml, coliformes totales 84 NMP/100ml > 36.3 NMP/100ml y turbidez 7 > 0.4.

CONCLUSIONES

- Se concluye que los parámetros que presentaron una reducción fueron los coliformes termotolerantes, coliformes y turbidez, además, el pH y temperatura se mantuvieron constantes. No obstante, los parámetros de conductividad y STD presentaron un aumento elevado, en ambas concentraciones, aunque estas discrepancias no resultaron ser estadísticamente relevantes por encontrarse dentro de los parámetros establecidos en referencia a los límites máximos permisibles (LMP) DECRETO SUPREMO N.º 004-2017-MINAM, con respecto a la categoría 1: Poblacional y Recreacional, subcategoría B, para Aguas superficiales destinadas para recreación.
- Se concluye que ambos grupos mostraron comportamientos semejantes respecto al tratamiento del agua superficial, siendo la concentración 1: Eichhornia crassipes (300 g) y Lemna minor (200 g) que tuvo más eficacia en reducir los parámetros coliformes termotolerantes, coliformes y turbidez.
- En resumen, aunque se llegó a visualizar diferencias en ambos grupos respecto a las concentraciones estudiadas entre las muestras, estas no fueron estadísticamente relevantes. Sin embargo, cabe resaltar que el aumento de la conductividad y STD tuvo que ver con diversos factores y variables. Esto recalca la importancia de discurrir en futuras investigaciones para lograr una comprensión más profunda de la capacidad de fitorremediación de aguas superficiales utilizando Eichhornia crassipes y Lemna minor propuestas en un tratamiento de manera conjunta.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda determinar la concentración óptima de plantación adecuada para cada especie por litro de agua, además, el tamaño del sistema debe ser proporcional al volumen de agua a tratar considerando factores como la disponibilidad de nutrientes, la luz solar y el espacio disponible. Una concentración excesiva puede limitar el crecimiento y la eficacia de la fitorremediación.
- Se recomienda valorar la influencia de la temperatura en la absorción de contaminantes, ya que, influye en el crecimiento y la tasa metabólica de las plantas y, por lo tanto, en su capacidad de fitorremediación por lo que se debe realizar las instalaciones donde las especies perciban mayor iluminación.
- Se recomienda la remoción de biomasa de las plantas (hojas y tallos marchitos), deben ser periódicamente, ya que, la descomposición de estas puede liberar compuestos alcalinos al agua aumentando el pH, asimismo, la disposición final de dichas plantas debe ser en ambientes controlados para así evitar contaminar otros ecosistemas con plagas y enfermedades.
- Para futuras investigaciones, se sugiere utilizar el sistema de fitorremediación que incluye *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* durante un periodo máximo de 18 días. Este enfoque ha demostrado ser más efectivo en la reducción de nutrientes contaminantes, lo que facilitará el cumplimiento de los parámetros establecidos en el D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Sub Categoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación.
- Se recomienda realizar estudios con la incorporación de peces en los métodos de fitorremediación con *Eichhornia Crassipes* y *Lemna Minor*, ya que esta combinación sinérgica puede optimizar el proceso de tratamiento del agua, aprovechando las capacidades de ambos

organismos. No obstante, requiere una planificación cuidadosa y un monitoreo constante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Autoridad Nacional del Agua. (2017). Clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales. Lugar de la publicación: Portal de la Autoridad Nacional del Agua. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/clasificacion_de_cuerpos_de_agua_continental_parte_1.pdf
- Agudelo, L., Mazo, K., y Suarez, A. (2005). La fitorremediación: la alternativa para absorber metales. *Revista Lasallista*, 2(1). <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520110.pdf>
- Armstrong, W. (2005). Lenteja de agua. Internet Scout. <https://www.palomar.edu/users/warmstrong/.htm>
- Aguilar Romo, M. (2001). *Análisis de agua - determinación de cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba (cancela a la nmx-aa-073-1981)*. MÉXICO D.F., A: secretaría de economía.
- Ali, & Col. (2020). Aplicación de plantas acuáticas flotantes en la fitorremediación de aguas contaminadas con metales pesados: una revisión. *BIODIVERSITAS*.
- Apolo. (2013). *Observaciones de lemna*. Obtenido de <https://ecuador.inaturalist.org/observations/lemna>
- Azqueta, D. (1999). Valoración económica de la calidad ambiental. Madrid: Madrid: Mac Graw Hill.
- Balcazar Renteria, E., & Vines Olaya, N. (2023). *Evaluación de macrófitas flotantes en remoción de sustancias*. Tumbes. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/114537/Balcazar_RER-Vines_ONA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Betancourt A, Tartabull, T., Labaut, Y., & Ferradaz, R. (2019). *Principales procesos que impactan la calidad del agua para el riego en pozos costeros del centro sur cubano*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/370/37066256002/37066256002>.
- Cáceres. (2018). *Estrategia para la lucha contra la especie invasora Eichhornia crassipes en la cuenca del Guadiana*. confederación hidrográfica del guadiana. Obtenido de <http://www.invasep.eu/B220CIFUENTES20camalote.pdf>
- Carbotecnia. (2022). pH ¿Qué es y como afecta en el agua? Obtenido de <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/que-es-el-ph-del-agua/>
- Caviedes Rubio, D., Ricardo Delgado, D., & Olaya Amaya, A. (2016). Remoción de metales pesados comunes generados por la actividad industrial, empleando macrofitas neotropicales. *Producción Limpia*, 61(2), 126-149.
- Cristaldi, & Col. (2017). *Fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados y hidrocarburos aromáticos policíclicos. Una breve reseña*. Colombia. Obtenido de <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/12584/42.0283.IB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chapra, S. (1997). *Superficie Calidad del agua Modelado*.
- Cordova, & Egocheada. (2012). *Nivel de Seguridad Alimentaria y la Pobreza*. Lima.
- De La Cruz (2023). “eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas con macrófitas flotantes en el restaurante “la benita”, lima 2023”. Lima.
- Diccionario de la lengua española obra de referencia de la Academia DRAE. (2014).

Dueñas, J. (2015). *Evaluación de la capacidad fitorremediadora de Inga edulis*. Universidad Nacional Amazónica, Perú.

Frers, C. (2008). utilización de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales. puesto de observación del medio ambiental,3(11).<https://go.gale.com/ps/i.do?id=7CA233503104&IFME&=GroupName=7E6ecd762c>

Galindo, A., & Montesillo, L. (1998). *Economía Ambiental*. España.

Gomez, & La Serna. (2005). *Acceso a alimentos en el Perú*.

Gong , X., Huang, D., Liu, Y., Zou, D., Xi Hu, Zhou, L.,. Xiao, Z. (2021). El hierro cerovalente a nanoescala, los nanotubos de carbono y el biocarbón facilitaron la fitorremediación de sedimentos contaminados con cadmio al cambiar las fracciones de cadmio, las propiedades de los sedimentos y la estructura de la comunidad bacter. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 208. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111510>

Greenpeace. (2018). *Plásticos en los océanos*. Obtenido de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2017/10/del-oceano-al-grifo-la-contaminacion-del-agua-nos-afecta-todos>

Grillo, L. (2018). *Después de la coca: Iniciativas estatales en materia de lucha*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.

Grupo Banco Mundial. (2023). *Perú, Acciones Estratégicas para la Seguridad Hídrica*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/publication/peru-strategic-actions-toward-water-security>

Guerra, J. (2018). *Recuperación de suelos degradados en ex cicales y su*. Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Guerrero, J., & Jibaja, F. (2019). *TRATAMIENTO DEL AFLUENTE DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN MEDIANTE FITORREMEDIACIÓN DEL*

Eichhornia crassipes Y *Lemna minor*; EN JAÉN CAJAMARCA.
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN, Cajamarca.

Gutierrez Miranda, D., & Zapata Morante, A. (2023). *Análisis de la capacidad de fitorremediación de las especies macrófitas: Eichhornia crassipes, Lemna minor, Typha latifolia, Phragmites australis y Scirpus californicus en el tratamiento de efluentes con metales pesados, 2022*. Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/33925>

Hernández Sampieri, R. (2016). Metodología de la Investigación. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Hernandez, F., & Traslaniña, O. (2013). *Evaluación de los impactos ambientales generados por el vertimiento de aguas residuales del municipio de Oiba Santander, en la quebrada las flores, en el Sector Casita Paisa*. Universidad Tecnológica de Santander.

Hernandez, R., Fernandez, C., & Batista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. M. Graw Editores Interamericanos S.A.

Ivorra, L., Cardoso, P., Chan, S., Cruzeiro, C., & Tagulao, K. (2021). ¿Pueden funcionar los manglares, Como herramienta eficaz de fitorremediación para la contaminación por pesticidas? Un interconectado análisis entre aguas superficiales, sedimentos y biota. *Revista de Producción Más Limpia*, 295. Obtenido de <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/12584/42.0283.IB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Jaramillo, M. (2005). Evaluación de la seguridad alimentaria con una visión integral Proyecto piloto: vereda Los Medios, municipio de Sonsón (Antioquia). Antioquia.

Londoño, L., & Marín, C. (2009). Evaluación de la eficiencia de remoción de materia orgánica en humedales artificiales de flujo horizontal

subsuperficial alimentados con agua residual sintetica. Universida Tecnologica de Pereira, Pereira, Colombia.

Mena Ayala , A. (2022). Eficiencia del sistema de humedales artificiales, en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/18006>

MINAM. (2017). DECRETO SUPREMO N.º 004-2017-MINAM. Peru. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016). Agua y Saneamiento. Obtenido de https://ww3.vivienda.gob.pe/ejes/agua_saneamiento/agua_y_saneamiento.html

Ministerio del Ambiente. (2014). Guía para la elaboración de planes de descontaminación de suelos.

Morales, Y. (2015). Diagnóstico y seguimiento de vertimientos de aguas residuales *no domésticas al alcantarillado urbano de Duitama, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.* Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia.

Muñoz, A. (2017). Gestión y conservación de aguas y suelos. España: UNED.

Naciones Unidas (2023). Naciones Unidas. Obtenido de [https://www.un.org/es/globalissues/water#:~:text=Unas%20mejores%20condiciones%20de%20agua,\(OMS%20FUNICEF%202023\).](https://www.un.org/es/globalissues/water#:~:text=Unas%20mejores%20condiciones%20de%20agua,(OMS%20FUNICEF%202023).)

Nelson. (1976). Prueba de clasificación de cartas modificada de Nelson. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/43496589_Nelson's_1976_Modified_Card_Sorting_Test_A_review

- Niquen, M., & Vasquez, A. (2021). Impactos ambientales generados por vertimiento de aguas residuales urbanas de la ciudad de Tumbes - Perú. Peru. doi:[https://doi.org/10.26820/reciamuc/5.\(3\).agosto.2021.222-232](https://doi.org/10.26820/reciamuc/5.(3).agosto.2021.222-232)
- OEFA. (2014). Aguas Residuales. Obtenido de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- OEFA. (2015). Aprueban el Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental – PLANEFA del OEFA correspondiente al Año 2016. Obtenido de <https://www.oefa.gob.pe/2015/>
- Ortiz. (2014). Duración y gravedad de la Inseguridad Alimentaria.
- Pearce, D. (1995). Economía de los Recursos.
- Perez, B., & Rivera, Y. (2017). Evaluación del Impacto de Vertimiento de Aguas Residuales de Una Industria Papelera a Un Tramo Del Río Rimac. Peru.
- Pillaca, M. (2017). . Evaluar la seguridad alimentaria y nutricional en familias del distrito Los Morochucos en Ayacucho, Perú. Lima.
- RAE. (2001). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de <https://www.rae.es/drae2001/>
- Ramón Candia, R. (2011). MANUAL DE TECNOLOGIAS DE REMEDIACION DE SITIOS CONTAMINADOS. Chile. Obtenido de https://fch.cl/wp-content/uploads/2019/10/manual-de-tecnologias-de-remediacion-de-sitios-contaminados_baja-1.pdf
- Reyes Montoya, D. (1985). Jacinto de agua. Santiago de Cuba: Editorial Oriente. Obtenido de https://www.ecured.cu/Jacinto_de_agua
- Robalino Camacho, D. M. (2020). Fitorremediación usando Eichhornia crassipes (JACINTO DE AGUA), en la planta de tratamiento de aguas residuales del recinto Pita, Caluma - Bolívar. Guayaquil. Obtenido de

https://biblioteca.semisud.org/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=292497

Rivera, L., Rivera , H., Gálvez, P., Lauro, J., & Rodríguez, I. (2024). Efecto fitorremediador de Lemna minor y Eichhornia crassipes en parámetros. Ecuador . doi:10.46932/sfjdv5n2-021

Rojas, & Flores, M. (2007). Resultados de un programa de seguridad alimentaria en la reducción de la desnutrición .

Salud, O. M. (2021). Agua para consumo humano. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Seema, P. (2012). Amenazas, manejo y usos previstos de la maleza acuática Eichhornia crassipes: una descripción general. Ciencias Ambientales y Bio/Tecnología,11(3).

Supo, J. (2014). Cómo probar una hipótesis. El ritual de la significancia estadística. Arequipa: Bioestadístico EIRL.

Supo, J., & Zacarias, H. (2020). Metodología de la Investigacion Cientifica. Bioestatica EEDU EIRL.

Torres, A. (2020). Tratamiento de aguas residual doméstica mediante sistemas de depuración con macrófitas (lemna minor y eleocharis)

Vega, R. (2012). Recursos Naturales. Pontificia Universidad Catolica de Chile. Obtenido de <https://www.grn.cl/recursos-naturales.htm>

Velás. (2009). Efectividad de programas de reducción de la pobreza en la nutrición infantil y los determinantes económicos.

Volke Sepúlveda, T., & Antonio Velasco, J. (2002). Tecnologías de remediación para suelos contaminados. Obtenido de <http://www.ecopuerto.com/bicentenario/informes/TecnologiasRemediacion.pdf>

yamatho. (2017). TURBIDEZ: DESCRIPCION, IMPACTO EN LA CALIDAD DEL AGUA, FUENTES Y MEDICION. OBTENIDO DE

<https://www.yamathosupply.com/blogs/news/turbidez-descripcion-impacto-en-la-calidad-del-agua-fuentes-y-medicion>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Lopez Sangama, M. (2025). *Comparación de la eficacia de fitorremediación del binomio Eichhornia crassipes y Lemna minor a diferentes concentraciones para mejorar la calidad de aguas superficiales destinadas para recreación, Huánuco, 2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESULTADOS DE LABORATORIO



DIRECCIÓN REGIONAL
DE SALUD

LABORATORIO REGIONAL
DE SALUD PÚBLICA



REG-064-2024-LMAA-LRRSHCO



LABORATORIO DE AGUAS Y ALIMENTOS

NOMBRE DEL PROYECTO : "COMPARACION DE LA EFICACIA DE FITORREMEDIACION DEL BINOMIO *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* A DIFERENTES CONCENTRACIONES PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES DESTINADAS PARA RECREACIÓN, HUÁNUCO, 2024"

SOLICITANTE : MARIA DEL CARMEN LOPEZ SANGAMA

FECHA DE MUESTREO: 03-06-2024 **HORA:** 10:00 am **FECHA DE ANÁLISIS:** 22-04-2024 **HORA:** 15:30 PM.
MUESTRA TOMADA: INTERESADO **CANTIDAD DE MUESTRA:** frascos de plástico x 1000 ml.
MUESTRA ADITADA: SI () NO (X) **PRODUCTO:** Agua superficial **PUNTO DE MUESTREO:** LAGUNA DE LOS MILAGROS – TINGO MARIA

RESULTADOS DE PARAMETROS FISICO, QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICO

ANÁLISIS FISICO SENSORIALES

DESCRIPCIÓN	PARAMETROS LMP	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO
OLOR	Aceptable	-	-	-
SABOR	Aceptable	-	-	-

ANÁLISIS FISICOQUIMICO

DESCRIPCIÓN	PARAMETROS LMP - ECA	RESULTADO 22/04/24	RESULTADO A ₁ 03/06/2024	RESULTADO A ₂ 03/06/2024	RESULTADO A ₃ 03/06/2024	
pH	6,5 a 8,5	6,6	6,9	6,7	6,7	-
CONDUCTIVIDAD umho/cm	1500 uS/cm	44	146	144	140	-
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (TDS) mg/L	1 000 mg/L	22	71	72	70	-
TURBIDEZ	>6 mg/L	7	0,5	0,5	0,6	-
TEMPERATURA °C	°C	23	23	23	23	-

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

DESCRIPCIÓN	PARAMETROS LMP	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	50 NMP/100ml	48	36	43	46	-
COLIFORMES TOTALES	20 NMP/100ml	84	58	55	49	-

Criterios basados en el D.S. N° 004 – 2017 MINAN – Categoría 1 Subcategoría B

HUÁNUCO, 11 de octubre de 2024

GOBIERNO REGIONAL HUÁNUCO
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD
LABORATORIO REGIONAL DE SALUD PÚBLICA

Blga M^gsc. María Regina Cárdenas Mitoja
(CIP 4943)
Hasta: Área de Microbiología de Aguas y Alimentos

Jr. Dámaso Berán 1017 - Huánuco
Teléfono: (042) 590200
Página web: www.diresahuano.gob.pe

Nuestro compromiso es contigo

Scanned with ACE Scanner

REG-063-2024-LMAA-LRRSHCO

LABORATORIO DE AGUAS Y ALIMENTOS

NOMBRE DEL PROYECTO : "COMPARACION DE LA EFICACIA DE FITORREMEDIACION DEL BINOMIO *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* A DIFERENTES CONCENTRACIONES PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES DESTINADAS PARA RECREACION, HUÁNUCO, 2024"

SOLICITANTE : MARIA DEL CARMEN LOPEZ SANGAMA

FECHA DE MUESTREO: 13-05-2024 **HORA** 10:00 am **FECHA DE ANÁLISIS:** 13-05-2024 **HORA:** 15:30 PM.

MUESTRA TOMADA: INTERESADO **CANTIDAD DE MUESTRA:** frascos de plástico x 1000 ml.

MUESTRA ADITADA: SI () NO (X) **PRODUCTO:** Agua superficial **PUNTO DE MUESTREO:** LAGUNA DE LOS MILAGROS – TINGO MARIA

RESULTADOS DE PARAMETROS FISICO, QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICO

ANÁLISIS FISICO SENSORIALES

DESCRIPCIÓN	PARAMETROS LMP	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO
OLOR	Aceptable	-	-	-
SABOR	Aceptable	-	-	-

ANÁLISIS FISICOQUIMICO

DESCRIPCIÓN	PARAMETROS LMP - ECA	RESULTADO 22/4/24	RESULTADO A ₁ 13/05/2024	RESULTADO A ₂ 13/05/2024	RESULTADO A ₃ 13/05/2024	
pH	6,5 a 8,5	6,6	6,6	6,5	6,6	-
CONDUCTIVIDAD umho/cm	1500 uS/cm	44	121	128	122	-
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (TDS) mg/L	1 000 mg/L	22	60	64	61	-
TURBIDEZ	>6 mg/L	7	0,4	0,4	0,4	-
TEMPERATURA °C	°C	22	22	22	22	-

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

DESCRIPCIÓN	PARAMETROS LMP	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	50 NMP/100ml	48	26	21	22	-
COLIFORMES TOTALES	20 NMP/100ml	84	39	32	38	-

Criterios basados en el D.S N° 004 – 2017 MINAN – Categoría 1 Subcategoría B

HUÁNUCO, 11 de octubre de 2024

GOBIERNO REGIONAL HUÁNUCO
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD HUÁNUCO
LABORATORIO REGIONAL DE SALUD PÚBLICA

Maria del Carmen Lopez Sangama
COTR-0513
Firma: Maria del Carmen Lopez Sangama y Representante

REG-062-2024-LMAA-LRRSHCO

LABORATORIO DE AGUAS Y ALIMENTOS

NOMBRE DEL PROYECTO : "COMPARACION DE LA EFICACIA DE FITORREMEDIACION DEL BINOMIO *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* A DIFERENTES CONCENTRACIONES PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES DESTINADAS PARA RECREACIÓN, HUÁNUCO, 2024"

SOLICITANTE : MARIA DEL CARMEN LOPEZ SANGAMA

FECHA DE MUESTREO: 13- 05-2024 **HORA** 09:45 am **FECHA DE ANÁLISIS:** 13-05-2024 **HORA:** 15:30 PM.
MUESTRA TOMADA: INTERESADO **CANTIDAD DE MUESTRA** frascos de plástico x 1000 ml.
MUESTRA ADITADA SI () NO (X) **PRODUCTO:** Agua superficial **PUNTO DE MUESTREO:** LAGUNA DE LOS MILAGROS – TINGO MARIA

RESULTADOS DE PARAMETROS FISICO, QUIMICOS Y MICROBIOLOGICO

ANÁLISIS FISICO SENSORIALES

DESCRIPCIÓN	PARAMETROS LMP	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO
OLOR	Aceptable	-	-	-
SABOR	Aceptable	-	-	-

ANÁLISIS FISICOQUIMICO

DESCRIPCIÓN	PARAMETROS LMP - ECA	RESULTADO 22/04/24	RESULTADO B ₁ 13/05/2024	RESULTADO B ₂ 13/05/2024	RESULTADO B ₃ 13/05/2024	
pH	6,5 a 8,5	6,6	6,7	6,5	7,0	-
CONDUCTIVIDAD umholcm	1500 uS/cm	44	155	160	170	-
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (TDS) mg/L	1 000 mg/L	22	78	80	85	-
TURBIDEZ	>6 mg/L	7	0,5	0,6	0,8	-
TEMPERATURA °C	°C	22	23	22	22	-

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

DESCRIPCIÓN	PARAMETROS LMP	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	50 NMP/100ml	48	34	33	31	-
COLIFORMES TOTALES	20 NMP/100ml	84	47	46	43	-

Criterios basados en el D.S. N° 004 – 2017 MINAN – Categoría 1 – Subcategoría B

HUÁNUCO, 11 de octubre de 2024

SECRETARÍA REGIONAL DE SALUD
LABORATORIO REGIONAL DE AGUAS Y ALIMENTOS

Alcaldía, Alvaro Páez Córdova Sáenz
LMP-0143
Hno. Páez es Secretario de Aguas y Alimentos

Jr. Cármaso Berain 1017 - Huánuco.
Teléfono: (062) 590200
Página web: www.diresaahuano.gov.pe

Nuestro compromiso es contigo

REG-065-2024-LMAA-LRRSHCO



LABORATORIO DE AGUAS Y ALIMENTOS

NOMBRE DEL PROYECTO: "COMPARACION DE LA EFICACIA DE FITORREMEDIACION DEL BINOMIO *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* A DIFERENTES CONCENTRACIONES PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES DESTINADAS PARA RECREACIÓN, HUÁNUCO, 2024"

SOLICITANTE: MARIA DEL CARMEN LOPEZ SANGAMA

FECHA DE MUESTREO: 03-06-2024 **HORA:** 09:45 am **FECHA DE ANÁLISIS:** 03-06-2024 **HORA:** 15:30 PM.
MUESTRA TOMADA: INTERESADO **CANTIDAD DE MUESTRA:** frascos de plástico x 1000 ml.
MUESTRA ADITADA: SI () NO (X) **PRODUCTO:** Agua superficial **PUNTO DE MUESTREO:** LAGUNA DE LOS MILAGROS - TINGO MARIA

RESULTADOS DE PARAMETROS FISICO, QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICO

ANÁLISIS FISICO SENSORIALES

DESCRIPCIÓN	PARAMETROS LMP	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO
OLOR	Aceptable	-	-	-
SABOR	Aceptable	-	-	-

ANÁLISIS FISICOQUIMICO

DESCRIPCIÓN	PARAMETROS LMP - ECA	RESULTADO 22/04/24	RESULTADO B ₁ 03/06/2024	RESULTADO B ₂ 03/06/2024	RESULTADO B ₃ 03/06/2024	
pH	6,5 a 8,5	6,5	7,0	7,2	7,1	-
CONDUCTIVIDAD umhol/cm	1500 uS/cm	44	168	171	169	-
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (TDS) mg/L	1 000 mg/L	22	84	86	85	-
TURBIDEZ	>4 mg/L	7	0,9	1,0	0,9	-
TEMPERATURA °C	°C	22	23	23	23	-

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

DESCRIPCIÓN	PARAMETROS LMP	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	50 NMP/100ml	48	44	48	41	-
COLIFORMES TOTALES	20 NMP/100ml	84	56	70	58	-

Criterios basados en el D.S. N° 004 - 2017 MINAN - Categoría 1 - Subcategoría B

HUÁNUCO, 11 de octubre de 2024

GOBIERNO REGIONAL HUÁNUCO
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD HUÁNUCO
LABORATORIO REGIONAL HUÁNUCO

Diana Milgosa, María Regina Gálvez de Milgosa
C.I.P. 4547
Jefa del Laboratorio de Aguas y Alimentos

ANEXO 2

MATRIZ DE CONSISTENCIA

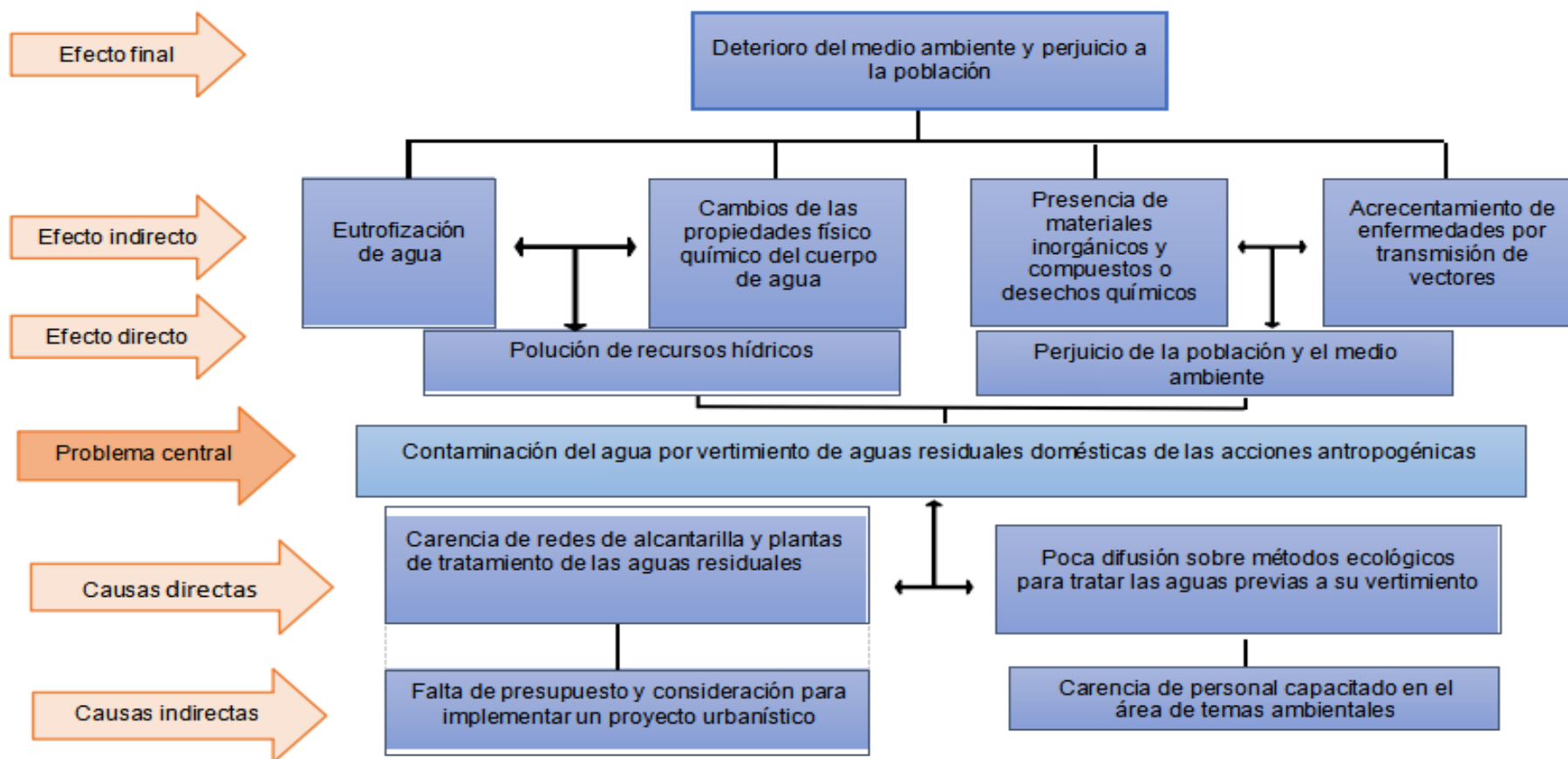
Título: Comparación de la eficacia de fitorremediación del binomio *Eichhornia crassipes* y *Lemna* minor a diferentes concentraciones para mejorar la calidad de aguas superficiales destinadas para recreación, Huánuco, 2024.

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables /Indicadores	Método s
¿Existe diferencia en la eficacia de fitorremediación del binomio <i>Eichhornia crassipes</i> y <i>Lemna minor</i> a diferentes concentraciones para mejorar la calidad de aguas superficiales destinadas para recreación, Huánuco, 2024?	Comparar la eficacia de fitorremediación del binomio <i>Eichhornia crassipes</i> y <i>Lemna minor</i> a diferentes concentraciones para mejorar la calidad de aguas superficiales destinadas para recreación, Huánuco, 2024	H1: La eficacia de remediación del binomio <i>Eichhornia crassipes</i> y <i>Lemna minor</i> a diferentes concentraciones es distinta, al	Remediación: Especies fitorremediadoras (<i>Eichhornia crassipes</i> y <i>Lemna minor</i>) Calidad del agua superficial Parámetros	Tipo Prospectivo con intervención, analítico y longitudinal. Nivel Aplicativo Enfoque Cuantitativo Diseño Esquema
Problemas Específicos	Objetivos Específicos			

¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales destinadas para recreación antes y después de la fitorremediación del binomio <i>Eichhornia crassipes</i> y <i>Lemna minor</i> a diferentes concentraciones?	Describir los parámetros fisicoquímicos de aguas superficiales destinadas para recreación antes y después de la fitorremediación del binomio <i>Eichhornia crassipes</i> y <i>Lemna minor</i> a diferentes concentraciones.	mejorar la calidad de aguas superficiales destinadas para recreación. HO: La eficacia de remediación del binomio <i>Eichhornia crassipes</i> y <i>Lemna minor</i> a diferentes concentraciones no es distinta al mejorar la calidad de aguas superficiales destinadas para recreación.	fisicoquímicos • Conductividad eléctrica • pH • Solidos totales disueltos (TDS) • Turbidez • Temperatura Parámetros bacteriológicos • Coliformes totales (CT) • Coliformes termotolerantes	GE: GE1: O1 X1 O2 GE2: O1 X2 O2 • GE: Grupo experimental • O1: Observación inicial • O2: Observación final con intervención • X: Con intervención • GE1: Grupo experimental que considera la combinación de eichhornia crassipes al 200 gr y lemna minor al 300 gr • GE2: Grupo experimental que considera la combinación de eichhornia crassipes al 300 gr y lemna minor al 200 gr Población Aguas de la laguna de Los Milagros, caserío Los Milagros, distrito José Crespo y Castillo, provincia Leoncio Prado, Huánuco. Muestra 120 litros de agua superficial
---	---	--	---	--

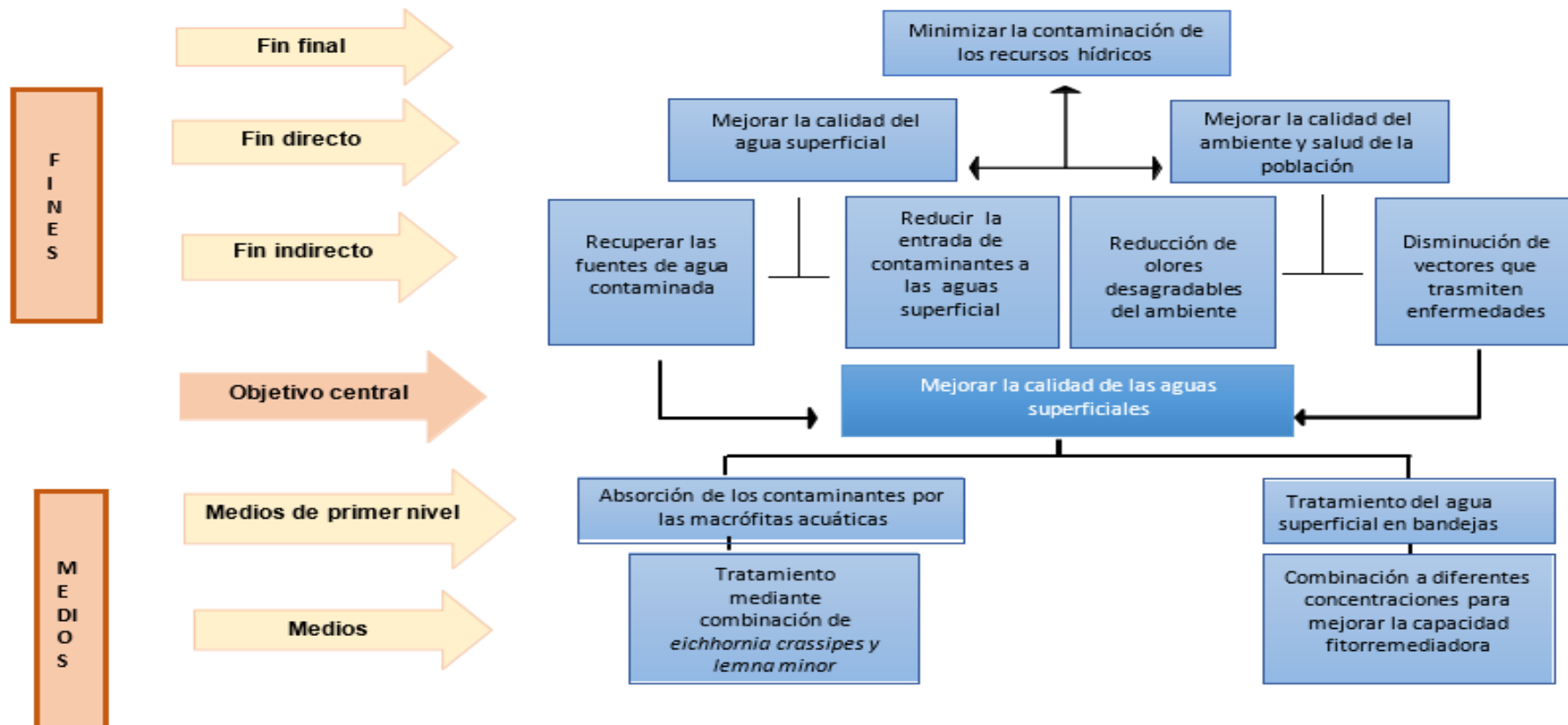
ANEXO 3

ÁRBOL DE CAUSAS Y EFECTOS

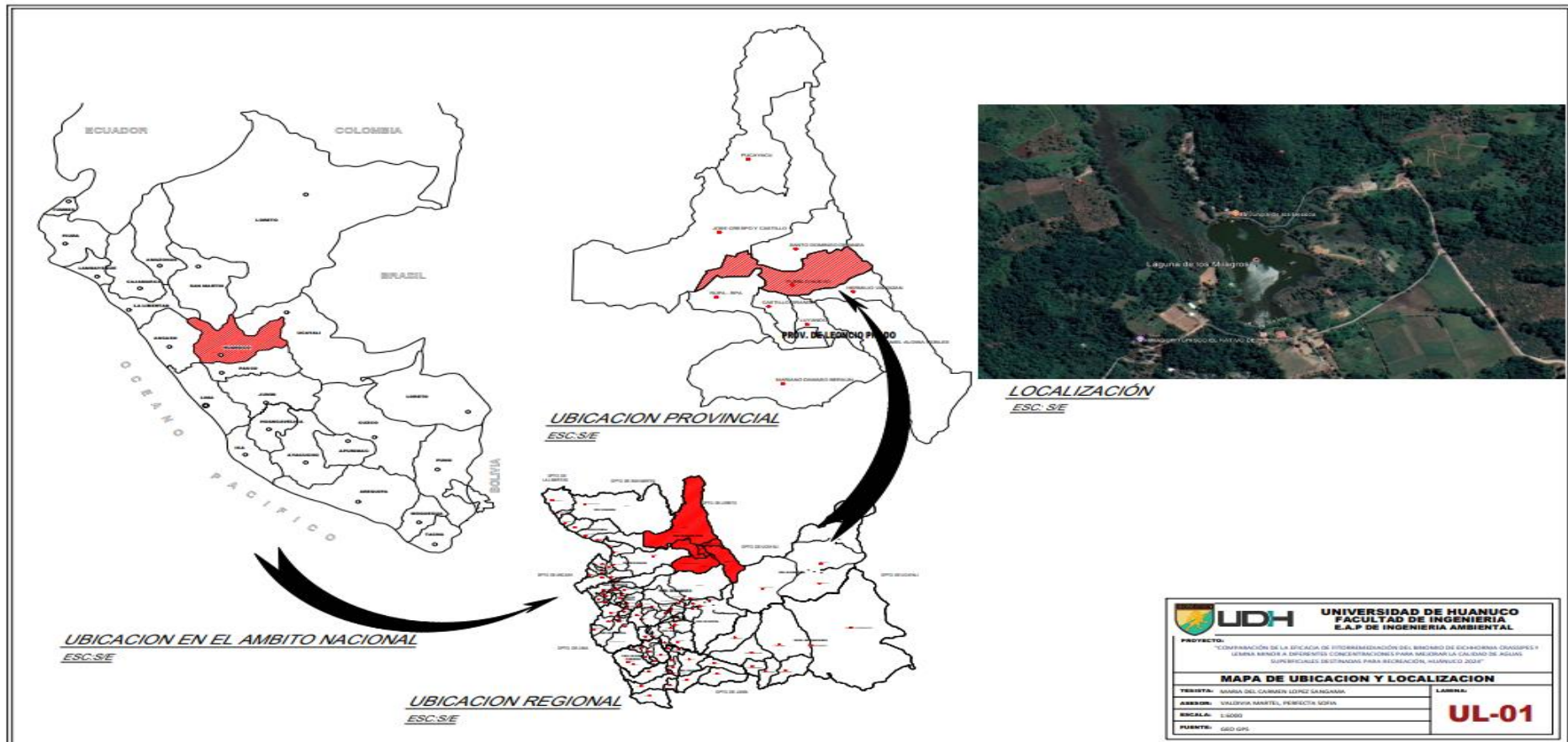


ANEXO 4

ÁRBOL DE MEDIOS Y FINES



ANEXO 5 PLANO DE UBICACIÓN



ANEXO 6
PANEL FOTOGRÁFICO



Reconocimiento del área de estudio - Laguna de Los Milagros



Identificación del punto de monitoreo para la toma de muestra



Toma de muestra del agua superficial – Laguna de Los Milagros



Pesado y medición de las concentraciones para el tratamiento



Etiquetado de los grupos muestrales



Tratamiento del agua superficial – Laguna de Los Milagros



Tratamiento del agua superficial a los 18 días GE1 - GE2



Visita del jurado Mg. Jorge Antonio Romero Estacio al punto del tratamiento