

NOMBRE DEL TRABAJO

Eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas con macrófitas flotantes en el restaurante

AUTOR

Angela Grace De la Cruz Villa

RECUENTO DE PALABRAS

10949 Words

RECUENTO DE CARACTERES

63589 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

62 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.9MB

FECHA DE ENTREGA

May 17, 2024 12:22 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 17, 2024 12:24 PM GMT-5

● 18% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 18% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS**
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.untehs.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- 1). TESIS (X) 2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL ()

DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: <i>De la Cruz Villa Angela Grace</i>
D.N.I.: <i>75975751</i>
Otro Documento:
Nacionalidad: <i>Peruana</i>
Teléfono: <i>921 354 877</i>
e-mail: <i>angeladelacruzvilla@gmail.com</i>

DATOS ACADÉMICOS

Pregrado

Facultad: <i>Facultad de Ingeniería y Gestión</i>
Programa Académico: <i>Tesis</i>
Título Profesional otorgado: <i>Ingeniera Ambiental</i>

Postgrado

Universidad de Procedencia:
País:
Grado Académico otorgado:

Datos de trabajo de investigación

Título: <i>Eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas con macrofitas flotantes en el restaurante "La Benita", Lima 2023</i>
Fecha de Sustentación: <i>01 de diciembre del 2023</i>
Calificación: <i>Aprobado por Unanimidad</i>
Año de Publicación: <i>2024</i>



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA
A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo No autorizo

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	info:eu-repo/semantics/openAccess (Para documentos en acceso abierto)	<input checked="" type="checkbox"/>

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	info:eu-repo/semantics/restrictedAccess (Para documentos restringidos)	()
	info:eu-repo/semantics/embargoedAccess (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	()
	info:eu-repo/semantics/closedAccess (para documentos confidenciales)	()

(*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

Motivos de la elección del acceso restringido:

De la Cruz Villa Angela Grace

APELLIDOS Y NOMBRES

75975751

DNI

Angela Grace

Firma y huella:



Lima, 14 de junio del 20 24

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DOMÉSTICAS CON MACRÓFITAS FLOTANTES EN EL RESTAURANTE
“LA BENITA”, LIMA 2023”**

TESIS

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER

DE LA CRUZ VILLA, ANGELA GRACE

ORCID: 0009-0005-8077-0551

ASESOR

AQUIJE DAPOZZO, CARMEN LUISA

ORCID: 0000-0002-7622-4882

Villa El Salvador

2023



DECANATO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

En Villa El Salvador, siendo las 1:10 p.m. del día 01 de diciembre del 2023, en la Facultad de Ingeniería y Gestión, los miembros del Jurado Evaluador, integrado por:

PRESIDENTE: ROBERT RICHARD RAFAEL RUTTE DNI N° 20054374 C.I.P. N° 68273
SECRETARIO: JULIO CESAR BRACHO PEREZ DNI N° 43175931 C.Q.P. N°721
VOCAL : SOFIA VICTORIA MATA ESPINOZA DNI N° 45096186 C.I.P. N° 137333
ASESOR : CARMEN LUISA AQUIJE DAPOZZO DNI N° 22271730 C.B.P. N°03499

Designados mediante Resolución de Decanato N° 368-2023-UNTELS-R-D de fecha 15 de agosto del 2023 quienes dan inicio a la Sesión Pública de Sustentación y Evaluación de Tesis.

Acto seguido, el (la) aspirante al: Grado de Bachiller Título Profesional

Doña: ANGELA GRACE DE LA CRUZ VILLA identificado(a) con D.N.I. N° 75975751, procedió a la Sustentación de:

Trabajo de investigación Tesis Trabajo de suficiencia Artículo científico

Titulado: "EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS CON MACRÓFITAS FLOTANTES EN EL RESTAURANTE "LA BENITA", LIMA, 2023".

Aprobado mediante Resolución de Decanato N° 792-2023-UNTELS-R-D de fecha 23 de noviembre, de conformidad con las disposiciones del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales vigentes, sustentó y absolvió las interrogantes que le formularon los señores miembros del Jurado Evaluador.

Concluida la Sustentación se procedió a la evaluación y calificación correspondiente, resultando el aspirante APROBADO por Unanimidad con la nota de: Trece (letras)..... 13 (números), de acuerdo al Art. 65° del Reglamento General para optar el Título Profesional.

CALIFICACIÓN		CONDICIÓN	EQUIVALENCIA
NÚMERO	LETRAS		
13	Trece	Aprobado por unanimidad	Bueno

Siendo las 2:00 p.m. del día 01 de diciembre 2023, se dio por concluido el acto de sustentación, firmando el jurado evaluador el Acta de Sustentación, que obra en el Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión.


Dr. JULIO CESAR BRACHO PEREZ
SECRETARIO


Ph.D. ROBERT RICHARD RAFAEL RUTTE
PRESIDENTE


Mg. SOFIA VICTORIA MATA ESPINOZA
VOCAL


ANGELA GRACE DE LA CRUZ VILLA
BACHILLER

DEDICATORIA

A mi padre Leoncio, por haber sido y seguir siendo un gran apoyo en toda mi etapa universitaria, recordándome siempre la importancia que tiene el superarse a pesar de los inconvenientes que nos pone la vida.

A mi madre Angela, por motivarme a seguir avanzando en mi desarrollo profesional y su apoyo constante para enfrentar cualquier comienzo sin miedo.

A mi hermana Marcela y a mis hermanos Geanfranco y Giancarlo, brindándome su apoyo incondicional y por mantenernos siempre unidos a pesar de los desafíos que enfrentamos.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, porque sin ellos no hubiera sido posible culminar la tesis y por darme todo el apoyo incondicional durante esta etapa.

A mi asesora Carmen Aquije, por su valiosa colaboración e interés en mi investigación, guiándome en cada sesión brindada durante esta etapa de la elaboración de tesis.

Al restaurante La Benita de Lima, por permitirme realizar parte de mi investigación en sus instalaciones.

A la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, por brindarnos a todos los bachilleres la oportunidad de titularnos.

RESUMEN

El presente estudio de investigación tiene como objetivo evaluar la eficiencia del tratamiento en los parámetros físicos, químicos y microbiológico, de las aguas residuales domésticas de un restaurante empleando las especies de macrófitas flotantes Lenteja de Agua (*Lemna minor*) y Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*).

Para el desarrollo de la investigación se diseñó un reactor de material de vidrio de 30cm de alto, 30cm de ancho y 40cm de largo; la cual tuvo una capacidad de 36l. El tratamiento se realizó en 3 TRH (Tiempos de Retención Hidráulica) en los 0,10 y 20 días realizándose muestreos en cada TRH.

En cuanto a los resultados de porcentajes de reducción de los parámetros físicos como temperatura, sólidos totales en suspensión y aceites y grasas se obtuvo 15.3%, 96% y 99.5% respectivamente; mientras que, en los parámetros químicos como pH, DBO y DQO se obtuvieron 15.3%, 58.2% y 52.2% respectivamente y en el parámetro microbiológico de coliformes termotolerantes se obtuvo 95.6%. Siendo de esa manera los parámetros de sólidos totales en suspensión, aceites y grasas y coliformes termotolerantes fueron los que obtuvieron mejores resultados, por lo cual las macrófitas empleadas resultaron eficientes en el tratamiento.

Palabras clave: Macrófitas flotantes, Tiempo de Retención Hidráulica, Lenteja de Agua, Jacinto de Agua, agua residual doméstica.

ABSTRACT

The objective of this research study is to evaluate the efficiency of the treatment of the physical, chemical and microbiological parameters of the domestic wastewater of a restaurant using the floating macrophyte species Duckweed (*Lemna minor*) and Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*).

For the development of the research, a glass reactor of 30 cm high, 30 cm wide and 40 cm long was designed; it had a capacity of 36 liters. The treatment was carried out in 3 HRT (Hydraulic Retention Times) in 0, 10 and 20 days, with sampling in each HRT.

As for the results of reduction percentages of physical parameters such as temperature, total suspended solids and oils and fats, 15.3%, 96% and 99.5% were obtained, respectively; while for chemical parameters such as pH, BOD and COD, 15.3%, 58.2% and 52.2% were obtained, respectively, and for the microbiological parameter of thermotolerant coliforms, 95.6% was obtained. Thus, the parameters of total suspended solids, oils and fats and thermotolerant coliforms were the ones that obtained the best results, which is why the macrophytes used were efficient in the treatment.

Keywords: Floating macrophytes, Hydraulic Retention Time, Duckweed, Water Hyacinth, domestic wastewater.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT.....	V
ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
INTRODUCCIÓN	1
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Motivación	2
1.2. Estado del Arte.....	2
1.3. Descripción del problema.....	2
1.4. Formulación del problema	3
1.4.1. Problema general	3
1.4.2. Problemas específicos.....	3
1.5. Objetivos de la investigación	3
1.5.1. Objetivo general.....	3
1.5.2. Objetivos específicos	4
1.6. Justificación.....	4
II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	5
2.1.2. Antecedentes Nacionales	6
2.2. Bases Teóricas.....	9
III. VARIABLES E HIPÓTESIS.....	16

3.1.	Operacionalización de las variables	16
3.2.	Hipótesis de la investigación.....	18
3.2.1.	Hipótesis general.....	18
3.2.2.	Hipótesis específicas	18
IV.	METODOLOGÍA	19
4.1.	Descripción de la metodología.....	19
4.2.	Implementación de la investigación.....	21
4.2.1.	Pruebas realizadas	21
4.3.	Población y muestra	22
4.3.1.	Población.....	22
4.3.2.	Muestra	22
4.4.	Técnicas de recolección de datos	22
4.5.	Instrumentos de recolección de datos.....	22
4.5.1.	Validez	22
4.5.2.	Confiabilidad.....	22
4.6.	Resultados	23
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	32
VI.	CONCLUSIONES	34
VII.	RECOMENDACIONES.....	35
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
	ANEXOS	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación Taxonómica de Lemna minor</i>	11
Tabla 2 <i>Clasificación Taxonómica de Eichhornia crassipes</i>	13
Tabla 3 <i>Análisis Comparativo de las Especies Lenteja de Agua y Jacinto de Agua</i>	15
Tabla 4 <i>Operacionalización de las Variables</i>	16
Tabla 5 <i>Requisitos para Toma de Muestra de Agua Residual y Preservación de las Muestras para el Monitoreo</i>	20
Tabla 6 <i>Métodos de Análisis de Agua</i>	21
Tabla 7 <i>Características del crecimiento de las Macrófitas</i>	23
Tabla 8 <i>Resultados de los parámetros físicos</i>	24
Tabla 9 <i>Resultados de los parámetros químicos</i>	25
Tabla 10 <i>Resultado del parámetro microbiológico</i>	26
Tabla 11 <i>Porcentajes de reducción de los parámetros físicos</i>	27
Tabla 12 <i>Porcentajes de reducción de los parámetros químicos</i>	28
Tabla 13 <i>Porcentaje de reducción del parámetro microbiológico</i>	28
Tabla 14 <i>Prueba de Normalidad</i>	29
Tabla 15 <i>Prueba de muestras emparejadas</i>	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Clasificación de las Aguas Residuales</i>	9
Figura 2 <i>Morfología de las Macrófitas</i>	10
Figura 3 <i>Lenteja de Agua (Lemna minor)</i>	11
Figura 4 <i>Jacinto de Agua (Eichhornia crassipes)</i>	12
Figura 5 <i>Resultados de los parámetros físicos</i>	24
Figura 6 <i>Resultados de los parámetros químicos</i>	25
Figura 7 <i>Resultado del parámetro microbiológico</i>	26
Figura 8 <i>Métodos de Análisis de Parámetros de Agua</i>	42

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de las aguas residuales se dio en consecuencia de la contaminación de los cuerpos de agua y las enfermedades que se originaban; el tratamiento que se le daba anteriormente consistía en el vertimiento de las aguas al suelo, se vertían grandes volúmenes de aguas residuales por lo que los terrenos eran insuficientes para absorber esta cantidad de aguas residuales. El interés que se le daba para realizar el tratamiento de las aguas residuales era para contrarrestar los problemas que se tenía con la industria y la agricultura, teniendo en segundo plano los problemas que ocasionaba a la salud. En la actualidad los componentes importantes para el bienestar de la población y el grado en que se beneficien los países desarrollados son la implementación de métodos de provisión de agua y de saneamiento (Rojas, 2002).

El incremento de la población y el desarrollo de las actividades industriales ha ocasionado que uno de los principales problemas ambientales sea el vertimiento de las aguas contaminadas al medio ambiente; generándose contaminación orgánica y nutrientes, metales pesados y sustancias peligrosas en los mares, ríos y lagos. La contaminación por exceso de materia orgánica y nutrientes ocasiona la eutrofización, es decir se agota el oxígeno y aumenta la muerte de seres vivos; mientras que los metales pesados y las sustancias peligrosas ocasionan bioacumulación, es decir los seres vivos acumulan elevadas concentraciones de sustancias químicas. La contaminación de los cuerpos de agua elimina parte de la flora y fauna de la vida acuática, por lo que ocasiona un desequilibrio al ecosistema terrestre que dependen de estas masas de cuerpos de agua (Fernández *et al.*, 2001).

En la presente investigación se desarrollará el tratamiento de las aguas residuales domésticas de un restaurante, ubicado en el distrito de Lince; por lo que se utilizarán las especies de macrófitas flotantes Lenteja de Agua (*Lemna minor*) y Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*), para evaluar la eficiencia del tratamiento y analizar los porcentajes de reducción de los parámetros físicos, químicos y microbiológico de las aguas residuales.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Motivación

La elección de este tema es de gran importancia, debido al déficit de tratamientos que se implementan para la depuración de aguas residuales domésticas; generándose cada día mayores cantidades de aguas residuales domésticas que no se les da tratamiento y terminan en los cuerpos de aguas naturales afectando la calidad del agua y el ambiente. Por este motivo se implementará una alternativa innovadora y respetuosa con el ambiente, un sistema de depuración con macrófitas en flotación para la reducción de contaminantes de aguas residuales domésticas.

1.2. Estado del Arte

Según Porras y Silva (2022); en su trabajo de investigación sobre la *“Evaluación del tratamiento de aguas residuales de un restaurante, con un filtro de macrófitas en flotación a escala laboratorio”*, teniendo como objetivo la remoción de parámetros fisicoquímicos con un filtro de macrófitas en flotación utilizando el Jacinto de Agua y la Lenteja de Agua para el tratamiento de las aguas residuales del restaurante. La investigación la realizó en un reactor batch a escala laboratorio, implementando los Tiempos de Retención Hidráulica de 5, 10 y 15 días. Obteniendo como resultados que el Jacinto de Agua logró mejores resultados de remoción en los parámetros de turbidez de 94.97% en un TRH de 10 días y de DQO de 73.98% en un TRH de 15 días.

1.3. Descripción del problema

El tratamiento de las aguas residuales es una crisis mundial, la población no cuenta con el impacto que se genera al arrojar estas aguas y el recurso que diariamente es desaprovechado. Según la ONU, en un Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos; nos dice que el vertido de estas aguas residuales que no son tratadas provoca la contaminación de las aguas superficiales, aguas subterráneas y el suelo; cuando estas aguas residuales son vertidas a los cuerpos de aguas naturales se diluyen y estas aguas son transportadas aguas más abajo o llegan a infiltrarse en los acuíferos donde afectan la calidad de los suministros de aguas dulces, generándose así efectos a la salud humana, ambientales y económicos. (ONU, 2017)

Actualmente referirnos a contaminación del agua, es debido a unos de los principales problemas ambientales que son los vertimientos de aguas residuales por falta de implementación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales – PTAR; que son arrojadas directamente al alcantarillado sin previo tratamiento.

En el Perú, según un informe del SUNASS sobre el Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el ámbito de las Empresas Prestadoras; nos detalla que existen 50 EPS de las cuales son: 15 EP pequeñas, 15 EP medianas, 4 EP grandes 1, 15 EP grandes 2 y 1 EP mayor de 1 millón de habitantes. Las EPS brindan el servicio de agua y saneamiento solo al 63% de la población del país. (SUNASS, 2022)

Y el otro 37% de la población que no cuentan con tratamiento de aguas residuales, por lo que estas aguas son vertidas directamente a los cuerpos naturales de agua como: ríos, mares, canales o drenes, o se usan para el riego clandestino. (SUNASS, 2022)

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema general

- ¿Cuál es la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas con macrófitas flotantes Lenteja de Agua (*Lemna minor*) y Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) en el restaurante?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿En qué medida se logrará reducir los parámetros físicos de las aguas residuales domésticas del restaurante?
- ¿En qué medida se logrará reducir los parámetros químicos de las aguas residuales domésticas del restaurante?
- ¿En qué medida se logrará reducir el parámetro microbiológico de las aguas residuales domésticas del restaurante?

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

- Evaluar la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas con macrófitas flotantes Lenteja de Agua (*Lemna minor*) y Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) en el restaurante.

1.5.2. Objetivos específicos

- Analizar los porcentajes de reducción de los parámetros físicos de las aguas residuales domésticas del restaurante.
- Analizar los porcentajes de reducción de los parámetros químicos de las aguas residuales domésticas del restaurante.
- Analizar el porcentaje de reducción del parámetro microbiológico de las aguas residuales domésticas del restaurante.

1.6. Justificación

En la necesidad de poder hallar alternativas eficientes para el tratamiento de las aguas residuales domésticas, es importante investigar y plantear técnicas de tratamiento para la depuración de estas aguas residuales, y que luego estas alternativas puedan implementarse para minimizarse los impactos ambientales que generan estas aguas residuales.

En la ley N°29338, Ley de Recursos Hídricos en su artículo 79° nos dice que la Autoridad Nacional del Agua es la que autoriza el vertimiento de las aguas residuales tratadas a un cuerpo natural continental o marino, y que en acuerdo con la Autoridad de la Salud nos indican el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP).

La investigación de este tema se da con el propósito de obtener información que aporte y genere nuevas referencias a los estudios ya existentes sobre el tratamiento de aguas residuales domésticas con el tipo de especies estudiadas, detallando alternativas accesibles y estas puedan incentivar en la generación de proyectos para minimizar el vertimiento de las aguas residuales domésticas sin tratamiento y evitar el impacto negativo que se genera al ambiente.

En la siguiente investigación se desarrollará el tratamiento de aguas residuales domésticas con macrófitas flotantes Lenteja de Agua (*Lemna minor*) y Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*); y llegar a reducir los parámetros físicos, químicos y microbiológico de las aguas residuales domésticas del restaurante La Benita y mejorar la calidad del agua del distrito de Lince.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Según Garavito, Ospina y Ospina (2020); en su artículo de investigación sobre la *“Evaluación de un sistema a escala laboratorio, de un filtro de macrófitas en flotación como tratamiento de aguas residuales de un autolavado”*, que tiene como objetivo la evaluación de la eficiencia del sistema de filtro con macrófitas de Jacinto de Agua y Lenteja de Agua en flotación para la remoción de materia orgánica y sólidos. Para el desarrollo de la investigación diseñaron el sistema con tres tanques de material de vidrio y PVC, colocándolas con una inclinación de 2%; en el primer tanque depositaron el agua residual recolectará, el segundo tanque lo dividieron en dos partes con las macrófitas de Lenteja de Agua y Jacinto de Agua y en el tercer tanque se recolectaba el agua residual tratada con las macrófitas. En dicha investigación implementaron el TRH de 10 días, realizaron el monitorio el 0, 10 y 21 días, detallaron que el sistema de tratamiento fue desarrollado con un caudal de 8l/día. Obteniendo como resultados de los parámetros controlados, con la macrófita Jacinto de Agua se obtuvo la reducción de DBO de 91.11%, DQO de 97.32%, y con la macrófita Lenteja de Agua se obtuvo en DBO de 97% y DQO de 83.67%.

Según Fernández y Noguera (2019); en su trabajo de investigación titulada *“Evaluación de la capacidad fitoremediadora del Jacinto de Agua (Eichhornia crassipes) en dos tiempos de retención hidráulica como alternativa para el tratamiento de Usenda, Silvia-Cauca”*, que tiene como objetivo poder evaluar la capacidad de fitorremediación del Jacinto de Agua para el mejoramiento de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua residual doméstica del Municipio de Silvia, Cauca. Para el desarrollo de la investigación detallaron 2 TRH, en los 6 y 12 días con un tiempo de duración de la investigación de 3 meses; y para el montaje del sistema de tratamiento utilizaron un tanque de 200l en la cual fue depositada el agua residual doméstica con la finalidad que el caudal sea continuo, y en el desarrollo de las unidades experimentales utilizaron 5 tanques de plástico con medidas de 50cm, 60cm y 40cm de largo, alto y ancho respectivamente, en dichos tanques se emplearon las plantas de Jacinto de Agua.

Obteniendo como resultado de remoción en el TRH de 6 días, del parámetro de DBO de 61% y fosfatos de 44%; y en el TRH de 12 días, DBO de 89% y fosfatos de 83%.

Según Liberio (2019); en su proyecto de investigación titulada “*Incidencia de Lombriz Roja Californiana (Eisenia Foetida) y Lenteja de Agua (Lemna Minor) en el tratamiento de aguas residuales urbanas en el Cantón Quevedo, año 2018*”, que tiene como objetivo evaluar un biofiltro compuesto de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y lenteja de agua (*Lemna minor*) para el tratamiento de aguas residuales urbana en el Río Quevedo. Para el desarrollo del proyecto se diseñaron 2 biofiltros: el biofiltro vertical fue construido con estructura de metal sellada con láminas de vidrio, en la cual se colocaron 15 cm de piedras redondas, 15 cm de grava y 20cm de aserrín combinadas con 5kg de lombrices y el biofiltro horizontal o humedal artificial fue construido con láminas de vidrio de 1m, en la cual se introdujo la lenteja de agua teniendo un tiempo de retención de 48 h. En la investigación realizo 3 tratamientos, el primero con la lombriz roja californiana, el segundo con la lenteja de agua y el tercero con la combinación de ambas, con utilización de los biofiltros. Obteniendo como resultados, que el tercer tratamiento fue el más eficiente obteniendo una disminución de los parámetros de DQO de 97.12%, DBO de 93.40%, sólidos suspendidos totales de 42% y coliformes fecales de 85.33%.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Según Chota (2022); en su trabajo de investigación sobre el “*Tratamiento de aguas residuales mediante la macrófita Lemna minor en los Pantanos de Villa-2022*”, teniendo como objetivo poder determinar la influencia de la macrófita en las aguas residuales de los Pantanos de Villa, y el cumplimiento de los ECAs. Para la investigación obtuvo una muestra de 60l de las aguas residuales del canal “Horticultores” que son vertidas a los Pantanos de Villa, desarrollo la investigación en 6 recipientes; 3 recipientes con 50g de mácrofitas y 3 recipientes con 100g de macrófitas rotulándolos de la siguiente manera: M1, M1-A, M1-B, M2, M2-A y M2-B. Realizó 7 muestras durante la investigación, la primer muestra del efluente considerado día 0 y el día 9, 18 y 27 días para el monitoreo de la evaluación e influencia de los tratamientos. Obteniendo que el tratamiento con 100g de macrófita presenta mejores resultados en los parámetros físicos, químicos y

microbiológicos; resaltando que con mayor dosis de macrófitas resulta ser más eficiente la reducción de materia orgánica.

Según Alvarez y Muñoz (2021); en su trabajo de investigación sobre “*Macrófitas flotantes (Lemna minor y Lemna gibba) para la remoción de materia orgánica y nutrientes de las aguas residuales domésticas del distrito de Independencia*”, teniendo como objetivo poder evaluar la eficiencia de las macrófitas en las aguas residuales domésticas recolectadas del tratamiento primario de la PTAR de la Municipalidad de Independencia. El desarrollo de la investigación se realizó en 7 reactores de vidrio; de las cuales 3 reactores principales, 3 reactores de réplicas y uno de control del agua residual; detallándose la aplicación de las especies de macrófitas *Lemna minor*, *Lemna gibba*, la combinación de estas y una de control. Para el análisis de los parámetros se tomaron las muestras el día 4, 7, 11 y 17 días. Obteniendo como resultados que la aplicación de la combinación de las macrófitas *Lemna minor* y *Lemna gibba* es más eficiente para la remoción de nitrógeno amoniacal con 67.72%, fósforo total con 70.19%, DQO con 86.39% y DBO con 80.85%.

Según Torres (2020); en su trabajo de investigación sobre el “*Tratamiento de aguas residual doméstica mediante sistemas de depuración con macrófitas (Lemna minor y Eleocharis palustris) en la Universidad Nacional de Ucayali octubre 2018-setiembre 2019*”, teniendo como objetivo determinar la influencia del sistema de depuración con macrófitas del efluente de las aguas residuales de la Universidad Nacional de Ucayali, y analizar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Para el desarrollo de la investigación construyó 3 estanques artificiales de concreto; cada uno de los estanques con dimensionamiento interno de 1m de alto, 1m de ancho y 1m de largo. En la cuales realizó 3 tipos de tratamiento con Lenteja de Agua, Junco de Agua y con grava, analizándolas semanalmente por 6 semanas. Logrando mejorar la calidad de las aguas residuales y la disminución de los parámetros de pH, conductividad, STD, OD, turbiedad, DBO, DQO, amonio y coliformes fecales.

Según Carranza y Romero (2020); en su trabajo de investigación sobre el “*Efecto de la concentración y tiempo de contacto de tres biomasas de Lemna minor en la biorremediación de aguas residuales domésticas*”, teniendo como objetivo describir los efectos de biorremediación de las aguas residuales del “Dren 2000”. Para el desarrollo de

la investigación construyeron 3 estanques, en cada estanque pusieron 30l de agua residual, las cuales fueron rotuladas de la siguiente manera: M1 con 100g, M2 con 200g y M3 con 300g de *Lemna minor*. Realizaron la toma de muestra cada 7 días para controlar la concentración de DBO, el tiempo que duró de tratamiento fue de 8 semanas. Obteniendo como resultados la disminución significativa de la concentración inicial de DBO; se obtuvo con el tratamiento M1, M2 y M3, un 53,8%, 51.5% y 47.5% respectivamente de disminución del contaminante.

Según Guerrero y Jibaja (2019); en su trabajo de investigación sobre el “*Tratamiento del afluente de la laguna de oxidación mediante fitorremediación del Eichhornia crassipes y Lemna minor; en Jaén-Cajamarca*”, teniendo como objetivo poder evaluar el rendimiento de las macrófitas para la depuración del agua residual doméstica previamente tratada. Para el desarrollo de la investigación utilizó 3 estanques para cada sistema de tratamiento; el primer estanque con la macrófita *Eichhornia crassipes*, el segundo estanque con la macrófita *Lemna minor* y el tercer estanque de testigo. El desarrollo de la evaluación de los 3 tratamientos se dio en 1 mes, en las cuales realizó 4 muestras de monitoreo de los parámetros. Obteniendo como resultado que la macrófita *Eichhornia crassipes* es más eficiente en la depuración de las aguas residuales.

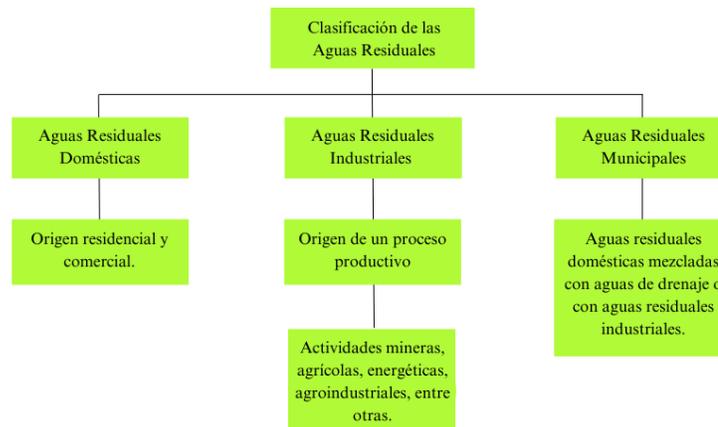
2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Aguas residuales

Las aguas residuales se clasifican en tres: aguas residuales domésticas, industriales y municipales.

Figura 1

Clasificación de las Aguas Residuales



Nota. Adaptado de *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. Fuente: OEFA, 2014.

2.2.2. Aguas residuales domésticas

Son aquellas aguas provenientes de las diferentes actividades que desarrolla el hombre en su rutina diaria, y estas son recolectadas en el sistema de alcantarillado o vertidas al ambiente. (Castañeda & Flores, 2014, como se citó en Osorio *et al.*, 2021)

Las aguas residuales domésticas están compuestas por aguas fecales, de lavado y limpieza; por lo que estas contienen gérmenes, patógeno, materia orgánica, sólidos, detergente, nitrógeno y fósforo, y otros, pero en baja proporción. (Arellano, 2009, como se citó en Osorio *et al.*, 2021)

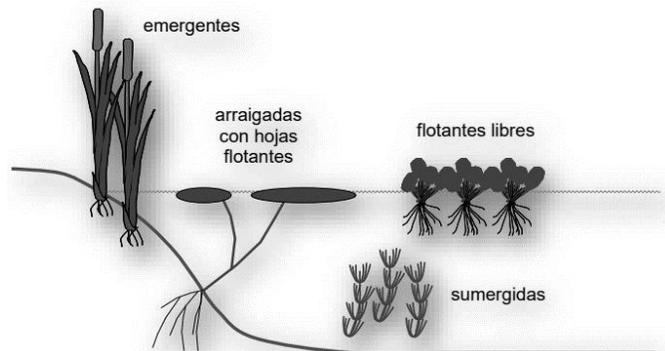
2.2.3. Macrófitas

Se les conoce también como hidrófitos, macrófitos, macrófitos vasculares, limnófitos y malezas acuáticas. (Vila *et al.*, 2006)

Las macrófitas forman asociaciones en el interior de los lagos, estas asociaciones corresponden a zonas de colonización que tienen relación con el nivel de agua y su topografía; por lo cual según su morfología se pueden clasificar en: emergentes, flotantes libres, sumergidas o arraigadas con hojas flotantes. Las macrófitas emergentes pueden aguantar períodos de sequía e inundación, debido a que se desarrollan en los bordes de los diferentes cuerpos de agua. Las macrófitas de hojas flotantes se encuentran arraigadas en el fondo y sus hojas foliares flotan en la superficie del agua, y estas se desarrollan en zonas mucho más profundas. Las macrófitas flotantes libres, este tipo de macrófitas habitan en cualquier parte del cuerpo de agua y pueden ser desplazadas por el viento o la corriente. Las macrófitas sumergidas se desarrollan bajo el agua, pero en ocasiones pueden mostrar algunas partes aéreas sobre el agua como sus flores. (Alarcón *et al*, 2018)

Figura 2

Morfología de las Macrófitas



Nota. Adaptado del *Esquema que representa las diferentes formas de vida de las macrófitas* (p. 35). Fuente: Alarcón *et al.*, 2018.

El principal componente biológico de los humedales de tratamiento son las macrófitas; ya que estos asimilarán los contaminantes en sus tejidos, también influirán en la biogeoquímica de los sedimentos actuando como un catalizador en la purificación, así desarrollará sus raíces favoreciendo en la mejora de reacciones químicas y aumentará la diversidad del ambiente. (Jenssen *et al.*, 1993, como se citó en Alarcón *et al.*, 2018)

2.2.4. Lenteja de Agua (*Lemna minor*)

Es una planta angiosperma, monocotiledónea, perteneciente a la familia Lemnaceae, su cuerpo vegetativo corresponde a una forma taloide, es decir, en la que no

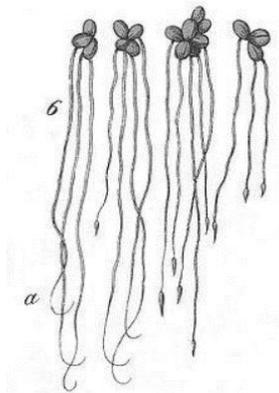
se diferencian el tallo y las hojas; consiste en una estructura plana y verde y una sola raíz delgada de color blanco. (Arroyave, 2004, p. 34)

Su tamaño es reducido, teniendo entre 2mm a 4mm de longitud y 2mm de ancho, siendo una de las especies más pequeñas. Este tipo de plantas puede desarrollarse en temperaturas que varían entre los 5° y 30°C, y su crecimiento óptimo se da entre los 15° y 18°C; se adapta fácilmente a diferentes condiciones de iluminación. (Arroyave, 2004)

La macrófita *Lemna minor* cumple con las siguientes características para el eficaz tratamiento de aguas residuales: alta eficiencia de remoción de contaminantes y nutrientes, alta productividad, alta adaptabilidad en condiciones naturales y facilidad de cosecha. (Olguin y Hernández, 1998, como se citó en Arroyave, 2004)

Figura 3

Lenteja de Agua (Lemna minor)



Nota. Adaptado de la *Ilustración de cuerpo vegetativo y raíces de la lenteja de agua (Lemna minor)* de Tache, 2021. Fuente: Landolt, E. (1986)

2.2.4.1. Taxonomía, crecimiento y desarrollo de la Lenteja de Agua

El género *Lemna* comprende un género de plantas acuáticas flotantes de la subfamilia *Lemnoideae*, forman parte de la familia *Araceae* y perteneciente a las monocotiledóneas. (Cross, 2006, como se citó en Tache, 2021)

Tabla 1

Clasificación Taxonómica de Lemna minor

Clasificación taxonómica

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Fanerógama Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Orden	<i>Alismatales</i>
Familia	<i>Araceae</i>
Subfamilia	<i>Lemnoideae</i>
Tribu	<i>Lemneae</i>
Género	<i>Lemna</i>
Especie	<i>Lemna minor</i> (Griffith; 1851)

Nota. Fuente: Hasar, 2002; Tache, 2021.

Las lentejas de agua se caracterizan por su crecimiento rápido, en buenas condiciones de luz, temperatura y disponibilidad de nutrientes, cada 48 a 72 horas pueden duplicar su peso; cuando existen concentraciones de fósforo y nitrógeno en los cuerpos de agua. (Roldan & Alvarez, 2002, como se citó en Tache, 2021)

2.2.5. Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*)

El Jacinto de Agua es una planta acuática de libre flotación con hojas en forma de rosetas, soportadas por pecíolos que pueden ser cortos y abultados o largos y delgados, que se desarrollan desde el ápice de un tallo pequeño y vertical llamado rizoma. Cuando estas se encuentran en aguas poco profundas y oxigenadas, presentan hojas muy pequeñas que alcanzan 8cm de largo; y cuando se encuentran con alta oxigenación en aguas de flujo continuo, las hojas alcanzan 125cm de largo. (Lagos, 2005, p. 24)

Figura 4

*Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*)*



Nota. Fuente: Rojas, J. y Acevedo, P. (2022)

2.2.5.1. Taxonomía, crecimiento y desarrollo del Jacinto de Agua

El género *Eichhornia* comprende un género de plantas acuáticas flotantes de la familia Pontederiaceae y perteneciente a las monocotiledóneas.

Tabla 2

Clasificación Taxonómica de Eichhornia crassipes

Clasificación taxonómica	
Reino	<i>Plantae</i>
Filo	<i>Espermatofita</i>
Subfilo	<i>Angiospermas</i>
Clase	<i>Monocotiledóneas</i>
Orden	<i>Pontederiales</i>
Familia	<i>Pontederiaceae</i>
Género	<i>Eichhornia</i>
Especie	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms, 1883

Nota. Fuente: Rojas, J. y Acevedo, P. (2022)

La temperatura es una limitación para el crecimiento del Jacinto de Agua, este tipo de macrófitas no aguanta en temperaturas frías provocando la reducción de su peso que ocasionará que el rizoma emerja a la superficie. Las temperaturas óptimas para el crecimiento varían entre 25° a 27°C, también se puede observar crecimiento a temperatura de 10°C. (Peña, 1993, como se citó en Lagos, 2005)

Las raíces del Jacinto de Agua suelen tener entre 20 a 60 cm de largo y logran extenderse hasta los 300cm, estas raíces crecen en la base de cada hoja de la macrófita. (Rojas, J. y Acevedo, P., 2022)

2.2.6. Parámetros del Agua Residual

2.2.6.1. Temperatura

Es una característica particular en las aguas residuales porque presentan mayor temperatura que las aguas no contaminadas, se debe a la actividad bioquímica de los microorganismos siendo este factor que aumente la temperatura. (Ruiz *et al.*, 2016, como se citó en Osorio *et al.*, 2021)

2.2.6.2. Sólidos Totales en Suspensión

Son los compuestos por partículas orgánicas o inorgánicas que son fácilmente separables del líquido por sedimentación, filtración o centrifugación. (Rojas, 2002)

2.2.6.3. Potencial de Hidrógeno

Es el grado de alcalinidad o acidez que posee el agua, dependiendo a la proporción de iones de hidrógeno y los valores de pH se encuentran en una escala de 0 a 14 siendo 7 es estado neutro; esta característica nos muestra el grado de acidificación de las aguas residuales. (Amaya *et al.*, 2004, como se citó en Osorio *et al.*, 2021)

2.2.6.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno

Es la cantidad de materia orgánica biodegradable durante 5 días y a temperatura de 20°C, que corresponde a la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar biológicamente la materia orgánica. (Rojas, 2002)

2.2.6.5. Demanda Química de Oxígeno

Es la cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación química de la materia orgánica, este parámetro nos proporciona un medio indirecto de la concentración de materia orgánica en el agua residual. (Rojas, 2002)

2.2.6.6. Coliformes Termotolerantes

Son denominados así por su resistencia a altas temperaturas, comprendiendo un número reducido de microorganismos, las cuales nos indican la calidad por su origen. (Sotil, 2017)

2.2.7. Análisis comparativo de las especies Lenteja de Agua y Jacinto de Agua

Tabla 3

Análisis Comparativo de las Especies Lenteja de Agua y Jacinto de Agua

Nombre Común	Nombre Científico	Rango		Remoción de Contaminantes					Profundidad Radical	Comentario	Referencias
		T°	Ph	DBO	DQO	SST	Metales Pesados	Otros			
Lenteja de Agua	<i>Lemna minor</i>	5°C - 30°C	4,5 - 7,0	97,1%	0%	90%	Si	Cadmio, Selenio, Cobre	10mm	Puede ser usado como complemento alimenticio para ganado.	(Malaver, 2013) (Gualán, 2016) (Roig, 2016)
Jacinto de Agua	<i>Eichhornia crassipes</i>	15°C - 30°C Por debajo de los 10°C las plantas mueren	6,5 - 8,5	70 - 86%	50%	0%	Si	Fosfato, Plomo, Cromo	0,2m	Hace parte de las 100 especies exóticas invasoras del mundo que puede ocasionar eutrofización. Sirve como hospedero de larvas de mosquito. Crea problemas de navegabilidad.	(Quispe et al., 2017) (Roig, 2016)

Nota. Las eficiencias mostradas en el cuadro fueron las obtenidas en las referencias, no se pueden comparar directamente entre sí por que el tiempo de retención, temperatura y tipo de humedal artificial varían en cada estudio, pero si dan una referencia del posible potencial. Fuente: Granados, 2018.

III. VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1. Operacionalización de las variables

Tabla 4

Operacionalización de las Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES 1	INDICADORES 2
Variable Independiente: Macrófitas flotantes	La macrófita Lenteja de Agua (<i>Lemna minor</i>), presenta una alta eficiencia en la extracción de metales pesados, materia orgánica y sólidos suspendidos de las aguas residuales. (Daud et al., 2018, como se citó en Garavito et al., 2020)	La variable independiente se detallará su medición en el tratamiento de acuerdo con la cantidad de especies y el tiempo de retención hidráulico implementado.	Lenteja de Agua (<i>Lemna minor</i>)	Cantidad de especies	g
	Tiempo de Retención Hidráulica			días	
	La macrófita Jacinto de Agua (<i>Eichhornia crassipes</i>), presento una gran eficiencia en cuanto a la remoción de los parámetros microbiológica; a su vez pueden asimilar grandes cargas de nutrientes para su crecimiento. (Fernández et al., 2019)		Jacinto de Agua (<i>Eichhornia crassipes</i>)	Cantidad de especies	unidad
				Tiempo de Retención Hidráulica	días

			T°	°C	
Variable Dependiente: Tratamiento de aguas residuales domésticas	En el mundo, se estima que aproximadamente el 80% de las aguas residuales son vertidas sin ningún tratamiento. En los países con ingresos altos se tratan el 70%, en los países medios-altos un 38%, en los países medios-bajos un 28% y en los países con ingresos bajos un 8% solo recibe tratamiento de aguas. (WWAP, 2017)	La variable dependiente se detallará su medición antes y después del tratamiento; dando los porcentajes óptimos de remoción de los parámetros físicos, químicos y microbiológico.	Parámetros físicos	Sólidos Totales en Suspensión	mL/L
				Aceites y Grasas	mg/L
				Ph	Und. pH
			Parámetros químicos	DBO	mg/L
				DQO	mg/L
			Parámetro microbiológico	Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL

Nota. Fuente: Propia.

3.2. Hipótesis de la investigación

3.2.1. Hipótesis general

- Las macrófitas flotantes Lenteja de Agua (*Lemna minor*) y Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) son eficientes en el tratamiento de las aguas residuales domésticas del restaurante.

3.2.2. Hipótesis específicas

- Los porcentajes de reducción tienen un efecto significativo en los parámetros físicos de las aguas residuales domésticas del restaurante.
- Los porcentajes de reducción tienen un efecto significativo en los parámetros químicos de las aguas residuales domésticas del restaurante.
- El porcentaje de reducción tiene un efecto significativo en el parámetro microbiológico de las aguas residuales domésticas del restaurante.

IV. METODOLOGÍA

4.1. Descripción de la metodología

La investigación es de tipo aplicada, ya que mediante esta aplicación de tratamiento en aguas residuales domésticas se obtuvo resultados de reducción de los parámetros físicos, químicos y microbiológico aplicando estas dos especies de macrófitas. Se desarrolló de manera descriptiva, ya que se describirán las características de las variables durante el desarrollo de la investigación y de análisis inferencial, ya que se interpretarán los resultados de la relación entre las variables.

4.1.1. Etapas del desarrollo de la tesis

ETAPA 1: Acondicionamiento de las macrófitas

Las macrófitas Lentejas de Agua (*Lemna minor*) y Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) fueron compradas de un acuario “Aquarium Aero Fish”. Y para la adaptación de estas especies pasaron por un tiempo de acondicionamiento de 2 semanas en contacto con agua limpia reposada, para así evitar errores durante la prueba con las aguas residuales.

ETAPA 2: Diseño y construcción de los reactores

Se considero como referencia el diseño de Filtros de Macrófitas en Flotación (FMF) siendo un sistema muy destacado; y los que desarrollaron este modelo son el Grupo de Agroenergética del Departamento de Producción Vegetal, Botánica de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad Politécnica de Madrid. (Martelo y Lara, 2012)

Para el desarrollo de la investigación se construyó un reactor; en cual se depositó el agua residual doméstica recolectada para el tratamiento.

El reactor fue diseñado de material de vidrio, con las siguientes medidas: 30cm de alto, 30cm de ancho y 40cm de largo; por lo cual el reactor solo será llenado 25cm de alto.

ETAPA 3: Recolección de la muestra

Para la recolección de la muestra se hizo uso del “Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales” aprobado con la Resolución Ministerial N°273-2013-VIVIENDA.

ETAPA 4: Colocación de las macrófitas en el reactor

Para el desarrollo de la investigación se añadió al reactor 20gr de Lenteja de Agua (*Lemna minor*) y 4 unidades de Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*).

ETAPA 5: Tratamiento en Tiempo de Retención Hidráulica

Según Romero (2004) nos detalla los criterios de diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales crudas con jacinto de agua, y especifica 10 días para el tiempo de retención. (Martelo y Borrero, 2012)

Por tal motivo se realizó la toma de muestra en 3 tiempos de retención hidráulica, en los 0, 10 y 20 días.

ETAPA 6: Análisis de las muestras

Las muestras recolectadas en los días de tiempos de retención hidráulica especificados serán llevadas al laboratorio “Labeco Análisis Ambientales S.C.R.L”; para el análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológico, teniendo en consideración los requisitos y la preservación de las muestras detalladas en la Tabla 5.

Tabla 5

Requisitos para Toma de Muestra de Agua Residual y Preservación de las Muestras para el Monitoreo

Determinación/ Parámetro	Recipiente	Volumen mínimo de muestra	Preservación y concentración	Tiempo máximo de duración
Fisicoquímico				
Temperatura	P, V	1000 ml	No es posible	15 min
pH		50 ml	No es posible	15 min
DBO	P, V	1000 ml	Refrigerar a 4°C	48 horas
DQO	P, V	100 ml	Analizar lo más pronto posible, o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2; refrigerar a 4°C	28 días
Aceites y grasas	V, ámbar boca ancha calibrado	1000 ml	Agregar HCl hasta pH<2, refrigerar a 4°C	28 días

Sólidos Suspendidos Totales (SST)	P, V	100 ml	Refrigerar a 4°C	7 días
Microbiológico				
Coliformes termotolerantes (NMP)	V, esterilizado	250 ml	Refrigerar a 4°C, agregar tiosulfato en plantas con cloración	6 horas

Nota. Se detalla que P representa frasco de plástico o equivalente y V representa frasco de vidrio.
Fuente: Ministerio de Vivienda, 2013.

4.2. Implementación de la investigación

4.2.1. Pruebas realizadas

Para los análisis de datos se utilizaron las siguientes metodologías de análisis, como se detalla en el Tabla 6.

Tabla 6
Métodos de Análisis de Agua

Métodos de Análisis de Agua				
Parámetro	Unidad	Metodología de análisis	Norma de Referencia	
T°	°C	Método de laboratorio y de campo	APHA 2550	
Sólidos Totales en Suspensión (SST)	mL/L	Sólidos Totales en Suspensión secados a 103°C-105°C	AHPA 2540 D	
Aceites y Grasas	mg/L	Método de Partición-Gravimétrica	APHA 5520 B	
Ph	Und. pH	Método Electrométrico	APHA 4500-H+B	
DBO	mg/L	Prueba de DBO de 05 días	APHA 5210 B	
DQO	mg/L	Reflujo cerrado, método Titrimétrico	APHA 5220 C, D	
Coliformes Termotolerantes (CF)	NMP/100mL	Método de Fermentación en tubo múltiple	APHA 9221 E	

Nota. Se detalla los métodos de análisis de acuerdo con el laboratorio. Fuente: Propia.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

La población de la investigación son las aguas residuales domésticas del Restaurante “La Benita”.

4.3.2. Muestra

La muestra utilizada en la investigación fue de tipo probabilístico, fue tomada de las aguas residuales doméstica proveniente de las actividades del restaurante antes que llegué a la red de alcantarillado. Se recolecto 30 litros de agua residual para el desarrollo del tratamiento, y 4 litros que fueron trasladados al laboratorio para su análisis inicial.

4.4. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas aplicadas para la recolección de datos, siendo de diseño de investigación experimental en la cual se lleva el control del proceso de tratamiento hasta que lleguen a laboratorio para la medición de los parámetros físicos, químicos y microbiológico.

4.5. Instrumentos de recolección de datos

Para el desarrollo experimental en los diferentes tiempos de retención se emplearon como instrumento de recolección la Cadena de Custodia de la Calidad del Agua, para el control de las muestras proporcionadas al laboratorio para su debido análisis. Y los Métodos de Análisis de Agua detallados en la Tabla 6.

4.5.1. Validez

La validez del trabajo de investigación se refiere al instrumento de medición de las variables, siendo confiable ya que se realizaron en un laboratorio acreditado; como se detallan los resultados en el Anexo 3.

4.5.2. Confiabilidad

La confiabilidad del trabajo de investigación se refiere a la estabilidad de los resultados obtenidos del laboratorio, dados en diferentes tiempos en las mismas condiciones.

4.6. Resultados

4.6.1. Crecimiento de las macrófitas Lenteja de Agua (*Lemna minor*) y Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*)

Tabla 7
Características del crecimiento de las Macrófitas

Macrófitas	Características	Días	
		Día 0	Día 20
Lenteja de Agua (<i>Lemna minor</i>)	Nº de hojas	3	3
	Tamaño de la raíz	1.5 cm	3.5 cm
	Color	Verde	Verde/Blanco
	Nº de hojas	5	11
Jacinto de Agua (<i>Eichhornia crassipes</i>)	Tamaño de la raíz	3 cm	15 cm
	Color	Verde	Verde

Nota. Fuente: Propia.

En la Tabla 7, se detalla las características del crecimiento de las macrófitas desde el inicio del tratamiento (día 0) hasta el final del tratamiento (día 20); la Lenteja de Agua (*Lemna minor*) durante el tratamiento se observó que el número de hojas continuaba siendo 3, mientras que el tamaño de la raíz aumento de 1.5cm a 3.5cm y estas mismas al finalizar el tratamiento una parte de estas especies se tornaron levemente de color blanco. Y en cuanto al Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) se observó un notable crecimiento; como el número de hojas de 5 a 11 hojas y el aumento del tamaño de las raíces de 3cm a 15cm, estas mismas continuaron teniendo un color verde que las representa, pero durante el tratamiento se observó una mínima cantidad de hojas muertas.

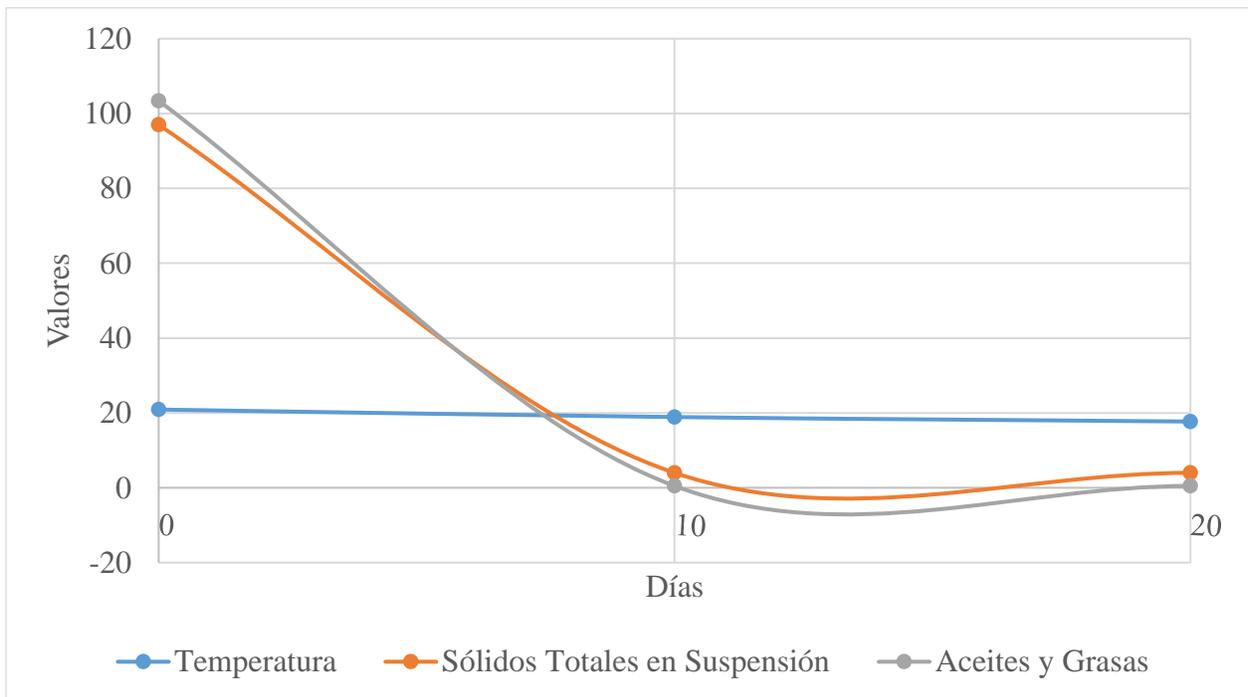
4.6.2. Resultados de las concentraciones de los parámetros físicos en el tratamiento con macrófitas Lenteja de Agua (*Lemna minor*) y Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*)

Tabla 8
Resultados de los parámetros físicos

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS		
		Día 0	Día 10	Día 20
Temperatura	°C	20.9	18.9	17.7
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	97	4	4
Aceites y Grasas	mg/L	103.4	0.5	0.5

Nota. Fuente: Propia.

Figura 5
Resultados de los parámetros físicos



Nota. Fuente: Propia.

4.6.3. Resultados de las concentraciones de los parámetros químicos en el tratamiento con macrófitas Lenteja de Agua (*Lemna minor*) y Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*)

Tabla 9

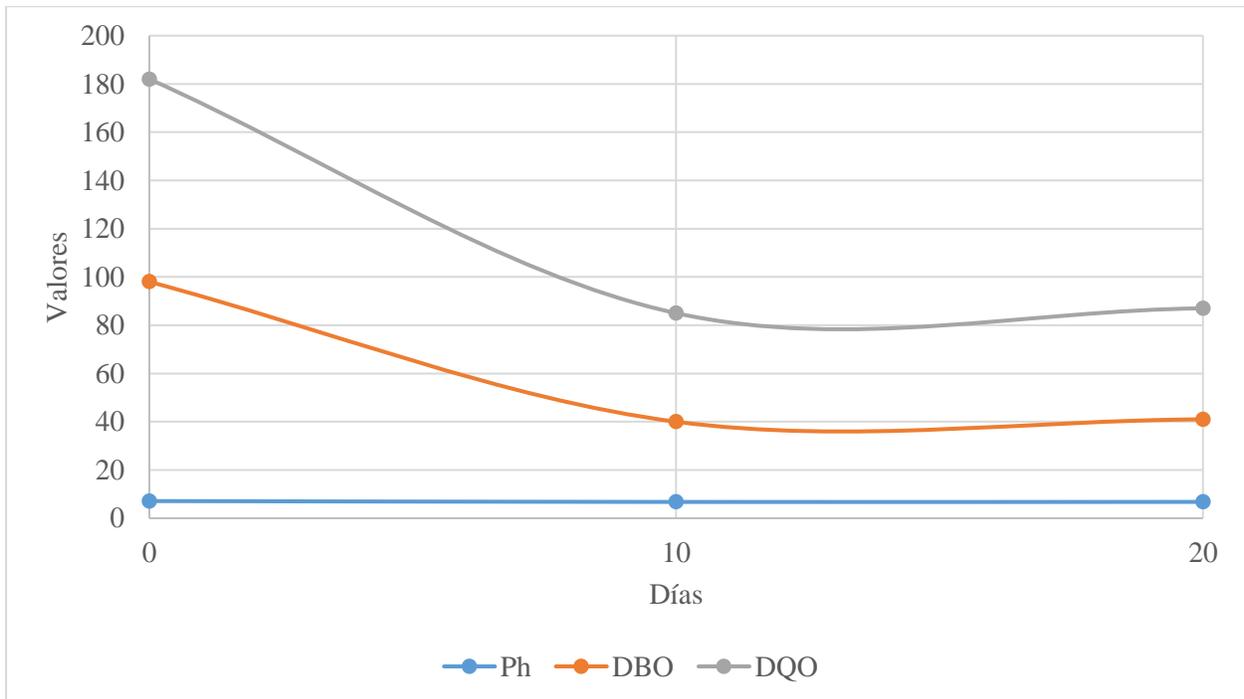
Resultados de los parámetros químicos

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS		
		Día 0	Día 10	Día 20
Ph	Und. ph	7.12	6.75	6.78
DBO	mg/L	98	40	41
DQO	mg/L	182	85	87

Nota. Fuente: Propia.

Figura 6

Resultados de los parámetros químicos



Nota. Fuente: Propia.

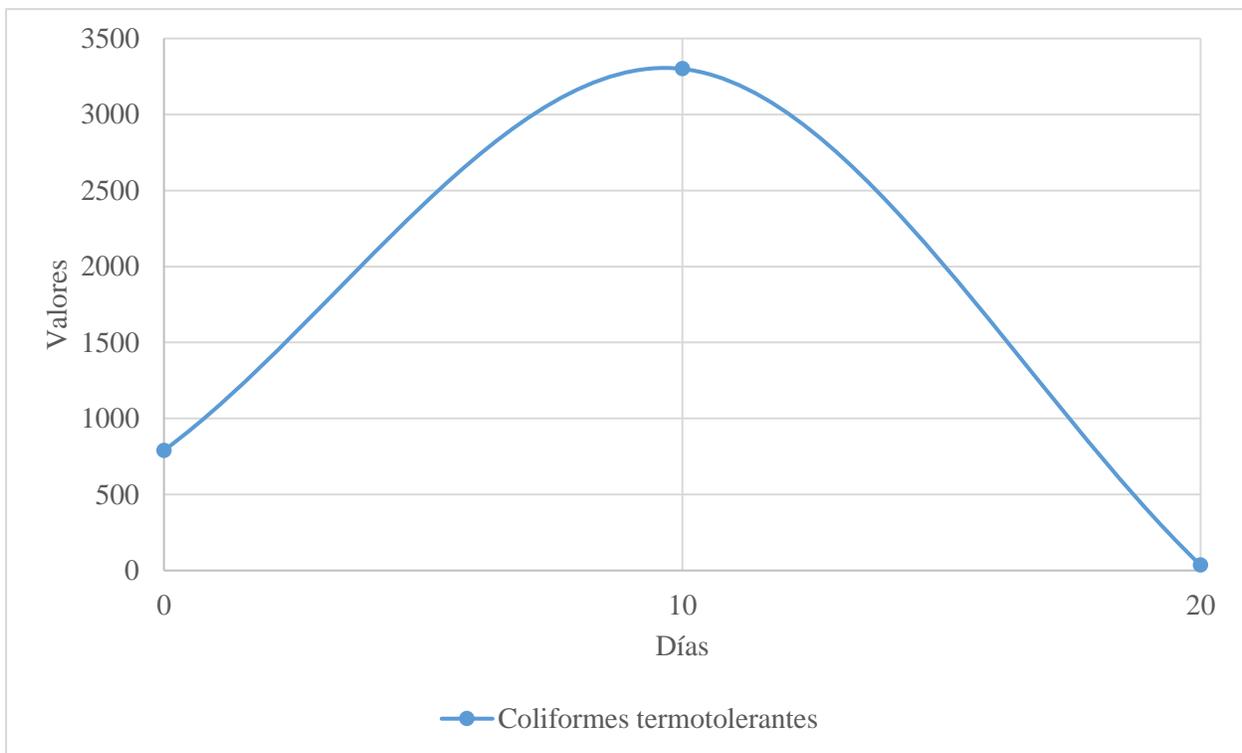
4.6.4. Resultado de la concentración del parámetro microbiológico en el tratamiento con macrófitas Lenteja de Agua (*Lemna minor*) y Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*)

Tabla 10
Resultado del parámetro microbiológico

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS		
		Día 0	Día 10	Día 20
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	790	3300	35

Nota. Fuente: Propia.

Figura 7
Resultado del parámetro microbiológico



Nota. Fuente: Propia.

4.6.5. Eficiencia de reducción de los parámetros contaminantes mediante el tratamiento con las macrófitas Lenteja de Agua (*Lemna minor*) y Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*)

Para calcular la eficiencia de reducción y determinar el rendimiento de las especies de macrófitas en el tratamiento, se aplicará la siguiente expresión matemática:

$$\%R = \frac{\text{Concentración Inicial} - \text{Concentración Final}}{\text{Concentración Inicial}} * 100$$

- Eficiencia de reducción de los parámetros físicos

Tabla 11

Porcentajes de reducción de los parámetros físicos

PARÁMETROS	UNIDAD	TRH			EFICIENCIA (%)	
		Día 0	Día 10	Día 20	Día 10	Día 20
Temperatura	°C	20.9	18.9	17.7	9.6%	15.3%
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	97	4	4	96%	96%
Aceites y Grasas	mg/L	103.4	0.5	0.5	99.5%	99.5%

Nota. Fuente: Propia.

En la Tabla 11, se detalla los porcentajes de reducción de los parámetros físicos mediante el tratamiento con macrófitas; como se puede observar la temperatura se mantuvo en un rango constante obteniendo en el TRH de 20 días un 15.3% de reducción, y el parámetro de SST teniendo un cambio significativo obtuvo un 96% de reducción en los dos TRH, mientras el que obtuvo mayor porcentaje de reducción fue el parámetro de aceites y grasas con un 99.5% en los TRH. Siendo así, que el rendimiento de las dos especies de macrófitas resultaron favorables para el tratamiento.

- **Eficiencia de reducción de los parámetros químicos**

Tabla 12

Porcentajes de reducción de los parámetros químicos

PARÁMETROS	UNIDAD	TRH			EFICIENCIA (%)	
		Día 0	Día 10	Día 20	Día 10	Día 20
Ph	Und. ph	7.12	6.75	6.78	15.3%	15.3%
DBO	mg/L	98	40	41	59.2%	58.2%
DQO	mg/L	182	85	87	53.3%	52.2%

Nota. Fuente: Propia.

En la Tabla 12, se detalla los porcentajes de reducción de los parámetros químicos mediante el tratamiento con macrófitas; en la cual se puede observar que el Ph obtuvo una reducción leve obteniendo un 15.3%, lo cual el rango favorable del ph es entre 6.5 a 8.5; en cuanto al parámetro DBO y DQO para el TRH de 20 días se elevaron levemente las concentraciones, sin embargo, para el TRH de 10 días el DBO obtuvo 59.2% y DQO obtuvo 53.3%.

- **Eficiencia de reducción del parámetro microbiológico**

Tabla 13

Porcentaje de reducción del parámetro microbiológico

PARÁMETROS	UNIDAD	TRH			EFICIENCIA (%)	
		Día 0	Día 10	Día 20	Día 10	Día 20
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	790	3300	35	0%	95.6%

Nota. Fuente: Propia.

En Tabla 13, se detalla el porcentaje de reducción del parámetro microbiológico mediante el tratamiento con macrófitas; en la cual el parámetro de coliformes termotolerantes en el TRH de 10 días se obtuvo una concentración muy elevada sobrepasando la concentración inicial, mientras que para el TRH de 20 días se dio una reducción significativa obteniendo un 95.6% de reducción.

4.6.6. Análisis estadístico

4.6.6.1. Análisis inferencial

En el análisis inferencial se realizó la Prueba de Normalidad mediante el programa SPSS. Debido a que los datos son menores que 50, se utilizó la Prueba de Shapiro Wilk, esta prueba nos permitió reconocer si la estadística es de distribución normal o no normal y nos da el valor de p, que es el valor de la probabilidad.

- **Prueba de Normalidad**

Ho: La distribución es normal

Ha: La distribución no es normal

- **Nivel de significancia**

$\alpha = 0.05$ (5%)

confianza = 0.95 (95%)

En la cual se aplicará el criterio de toma de decisión:

Sig (p valor) $> \alpha$: Acepta la Ho y rechaza la Ha, entonces es distribución normal.

Sig (p valor) $< \alpha$: Rechaza la Ho y acepta la Ha, entonces es distribución no normal.

Tabla 14

Prueba de Normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig
Eficiencia en el TRH10	0.895	7	0.299
Eficiencia en el TRH20	0.845	7	0.110

Nota. Fuente: Propia.

- **Conclusión**

En la Tabla 14, se puede observar que el valor de $p > 0.05$ en los valores de eficiencia en el TRH10 y la eficiencia en el TRH20, es decir acepta la Ho y rechaza la Ha; por lo tanto, se detalla como una distribución normal. En este caso se hará uso de

pruebas paramétricas como t-student de muestras emparejadas en la prueba de hipótesis.

4.6.6.2. Análisis estadístico de la hipótesis

- **Prueba de Normalidad**

Ho: Las macrófitas flotantes Lenteja de Agua (*Lemna minor*) y Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) no resultaron eficientes en el tratamiento de las aguas residuales domésticas del restaurante.

Ha: Las macrófitas flotantes Lenteja de Agua (*Lemna minor*) y Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) resultaron eficientes en el tratamiento de las aguas residuales domésticas del restaurante.

- **Nivel de significancia**

$$\alpha = 0.05 (5\%)$$

$$\text{confianza} = 0.95 (95\%)$$

- **Prueba estadística**

Se empleará el programa de SPSS, con la Prueba de t-student, para determinar las diferencias de las medias de las muestras emparejadas en un solo grupo.

Tabla 15
Prueba de muestras emparejadas

Prueba de muestras emparejadas									
Diferencias emparejadas									
		Media	Desv. estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Porcentaje Final - Porcentaje Inicial	61.72857	36.88485	13.94116	27.61577	95.84137	4.428	6	0.004

Nota. Fuente: Propia.

- **Conclusión**

En la Tabla 15, se puede observar que el valor de p es 0.004 siendo menor que 0.01 ($p < 0.01$); esto quiere decir que las muestras presentan diferencias muy significativas en los casos de porcentaje inicial, siendo este representativo del TRH0 y porcentaje final, siendo este representativo del TRH20. Por lo que se puede denotar que nuestro intervalo de confianza para el promedio de porcentaje de reducción de los parámetros físicos, químicos y microbiológico estará entre 27.61 y 95.84, siendo así que desde el principio del tratamiento con las macrófitas se identificaron los cambios en la muestra de agua.

Por lo que se obtuvieron valores muy significativos y se deduce que el uso de este tipo de especies de macrófitas para el tratamiento de aguas residuales, resulta recomendable su aplicación para la reducción de contaminantes.

Por lo que se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , concluyendo que las macrófitas flotantes Lenteja de Agua (*Lemna minor*) y Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) resultaron muy eficientes en el tratamiento de las aguas residuales domésticas del restaurante.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La investigación sobre la implementación del tratamiento de aguas residuales domésticas con las macrófitas Lenteja de Agua (*Lemna minor*) y Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*); el trabajo en conjunto de estas dos especies resultó ser eficiente en la reducción de los diferentes parámetros físicos, químicos y microbiológico.

El agua residual doméstica al inicio del tratamiento presento una temperatura de 20.9°C y para el final del tratamiento en el TRH de 20 días obtuvo 17.7°C; mientras que Guerrero (2019) en un mes de tratamiento con Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) resultó de 25.20°C a 23.63°C debido a que este tipo de especie presenta hojas más anchas y le brindo mayor cobertura al estanque por lo cual disminuyo la temperatura. Según Torres (2020) nos detalla que las especies de macrófitas se pueden desarrollar en climas templados en un rango de 15°C a 30°C.

Por lo que se diferencia la reducción de este parámetro en la investigación es debido a que se utilizó las dos especies juntas y se desarrolló la cobertura total del reactor ocasionando que se disminuya la temperatura, encontrándose por debajo del valor considerado para las condiciones adecuadas de vertido de efluentes.

En cuanto al parámetro del pH se inició con 7.12 y al final del tratamiento resulto con 6.78; siendo el pH óptimo entre 6.5 y 8.5. Según Ekperusi (2019, como se citó en Porras, 2022) nos especifica que diferentes autores han referenciado que la especie Jacinto y Lenteja de Agua tienen mejores resultados en los rangos de 6 a 8; y Guerrero (2019) 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.

En la presente investigación se diferencia ya que debido a la capacidad que tienen estas especies en el tratamiento; no afecto en los valores y se mantuvo en el rango óptimo, debido a que las especies están interactuando entre sí en el mismo reactor.

En cuanto al parámetro de DBO y DQO se obtuvo al inicio del tratamiento 98mg/L y 182mg/L y al final del tratamiento se obtuvo 41mg/L y 87mg/L respectivamente; obteniendo así un porcentaje de reducción de 58.2% y 52.2%. Para Garavito (2020) nos detalla que en porcentajes de remoción de DBO en aguas residuales de un autolavado en TRH de 32 días obtuvo con Jacinto de Agua un 86.69% y Lenteja de Agua un 79.56%; mientras que Porras (2022), nos detalla que en

su investigación en aguas residuales domésticas de restaurante obtuvo en el parámetro de DQO con el uso de Jacinto de Agua en el TRH de 15 días un 73.98% de remoción y con el uso de Lenteja de Agua en un TRH de 5 días un 36%; el Jacinto de Agua oportó material biodegradable debido a las hojas muertas y la Lenteja de Agua no llegó a valores óptimos porque fue una especie sensible.

Esto nos detalla que en la presente investigación los porcentajes de reducción obtenidos de estos parámetros según García (2012, como se citó en Guerrero, 2019) se debe a las raíces densas de estas especies de macrófitas que sirven como adhesión para los grupos bacterianos degradadores de materia orgánica y éstas actúan como filtro de material particulado.

Los Sólidos Totales en Suspensión inicialmente obtuvo 97ml/L y finalmente obtuvo 4ml/L, con un porcentaje de reducción de 96%. Según Garavito (2020), en su investigación obtuvo con la Lenteja de Agua un 69.23% y con Jacinto de Agua un 84.62% de remoción; la macrófita Jacinto de Agua obtuvo mayor porcentaje ya que las raíces de esta especie son más largas a comparación con la Lenteja de Agua.

En la presente investigación resultó ser un porcentaje significativo debido a que las especies de macrófitas tuvieron un buen crecimiento, como las raíces del Jacinto de Agua llegaron a crecer hasta 15 cm y las Lentejas de Agua crecieron hasta 3.5 cm y aumentaron en volumen abarcando gran parte del reactor donde se desarrolló el tratamiento.

En el caso de Aceites y Grasas, en el inicio del tratamiento obtuvo un 103.4mg/L y al finalizar el tratamiento obtuvo un 0.5mg/L, dando así un porcentaje de reducción de 99.5%. En la investigación de Porras (2022) logró resultados mayores al 90% con la utilización de Lenteja y Jacinto de Agua. Según Herrera (2017, como se citó en Porras, 2022) se detalla que debido a que las grasas por ser de menor densidad que el agua estas pueden flotar en la superficie o quedarse adheridas en el material vegetal, esto quiere decir que no se debe a un proceso de degradación sino al mismo efecto físico.

Finalmente, los coliformes termotolerantes al inicio se obtuvo 790NMP/100ml y al finalizar el tratamiento se obtuvo 35NMP/100ml con un porcentaje de reducción de 95.6%. Para Chota (2022), con el uso de la Lenteja de Agua consiguió una reducción en el TRH de 18 días de 78% y para el TRH de 27 días se elevó los niveles de concentración debido al tipo de macrófita que se encontraba sin vida.

VI. CONCLUSIONES

- Se evaluó la eficiencia del tratamiento con macrófitas Lenteja de Agua (*Lemna minor*) y Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) empleado en el mismo reactor, demostró un crecimiento ascendente siendo favorable en la investigación; por lo que se presentaron porcentajes óptimos de reducción.
- Se analizó los porcentajes de reducción de los parámetros físicos de Temperatura, Sólidos Totales en Suspensión y Aceites y Grasas; obteniendo como resultado un 15.3%, 96% y 99.5% respectivamente.
- Se analizó los porcentajes de reducción de los parámetros químicos de pH, DBO y DQO; obteniendo como resultado un 15.3%, 58.25 y 52.2% respectivamente.
- Se analizó el porcentaje de reducción del parámetro microbiológico de Coliformes termotolerantes; obteniendo como resultado un 95.6%.
- Los porcentajes de reducción que obtuvieron mejores resultados fueron los parámetros de Sólidos Totales en Suspensión, Aceites y Grasas y Coliformes termotolerantes.
- La implementación del tratamiento con estas dos macrófitas resultaron eficientes, ya que con el parámetro de pH mantuvo un rango constante evitando así la neutralización o alcalinización del agua residual.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que en futuros estudios de investigación se desarrolle la aplicación del tratamiento, con dos tipos de especies de macrófitas.
- Se recomienda que en otras investigaciones se desarrolle el tratamiento con un número mayor de reactores y diferentes cantidades de macrófitas.
- Se recomienda que para la aplicación del tratamiento con macrófitas, se de en tiempos de retención hidráulica más extensos, para detallar el comportamiento de las macrófitas en el tratamiento del agua residual.
- Se recomienda que se estudie con otros parámetros o contaminantes, para verificar la eficiencia de las macrófitas.
- Se recomienda que las macrófitas para que se adapten mejor tengan su etapa de acondicionamiento antes de su implementación, para evitar errores en la investigación.
- Se recomienda realizar investigaciones de reducción en diferentes aguas residuales, aplicando en el tratamiento con otras especies de macrófitas y así verificar el comportamiento que tienen entre sí.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, M., Zurita, F., Lara, J. y Vidal, G. (2018). *Humedales de tratamiento: alternativa de saneamiento de aguas residuales aplicable en América Latina*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Alvarez, K. y Muñoz, J. (2021). *Macrófitas flotantes (Lemna minor y Lemna gibba) para la remoción de materia orgánica y nutrientes de las aguas residuales domésticas del distrito de Independencia*. [Tesis de Titulación, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.12952/6397>
- Arroyave, M. (2004). La Lenteja de Agua (*Lemna minor* L.): Una planta acuática promisoriosa. *Revista EIA*, (1), 33-38. <https://repository.eia.edu.co/handle/11190/523>
- Carranza, J. y Romero, W. (2020). *Efecto de la concentración y tiempo de contacto de tres biomásas de Lemna minor en la biorremediación de aguas residuales domésticas*. [Tesis de Titulación, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8766>
- Chota, R. (2022). *Tratamiento de aguas residuales mediante la macrofita Lemna minor en los Pantanos de Villa-2002*. [Tesis de Titulación, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/10875>
- Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L. y Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Nelson Antequera Durán.
- Fernández, J., Beascochea, E., Muñoz, J. y Fernández, M. (2001). *Manual de Fitodepuración. Filtros de macrofitas en flotación*.
- Fernández, M. y Noguera, W. (2019). *Evaluación de la capacidad fitoremediadora del Jacinto de Agua (Eichhornia crassipes) en dos tiempos de retención hidráulica como alternativa para el tratamiento de aguas residuales domésticas en el corregimiento de Usenda, Silvia-Cauca*. [Trabajo de grado, Fundación Universitaria de Popayán]. Repositorio Institucional.
- Garavito, G., Ospina, L. y Ospina, D. (2020). Evaluación de un sistema a escala laboratorio, de un filtro de macrófitas en flotación como tratamiento de aguas residuales de un autolavado.

- Granados, M. (2018). *Estudio de Factibilidad de la Implementación de Humedales Artificiales para el Tratamiento de Aguas Residuales en Ecosistema de Alta Montaña en Toquilla*. [Trabajo de grado, Universidad Libre]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/10901/11576>
- Guerrero, J. y Jibaja, F. (2019). *Tratamiento del afluente de la laguna de oxidación mediante fitorremediación del *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor*; en Jaén-Cajamarca*. [Tesis de Titulación, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/156>
- Hoffmann, H., Platzer, C., Winker, M. y Von Muench, E. (2011). Revisión Técnica de Humedales Artificiales de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas grises y aguas domésticas. *Eschborn, Alemania: Agencia de Cooperación Internacional de Alemania, GIZ Programa de Saneamiento Sostenible ECOSAN*.
- Lagos, C. (2005). *Utilización del jacinto acuñatico *Eichhornia crassipes* ((Mart) Solms 1883) como sistema de tratamiento para la eliminación de materia orgánica y color en efluente de celulosa Kraft*. [Tesis de grado, Universidad Católica de la Santísima Concepción].
- Liberio Acosta, F. (2019). *Incidencia de Lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*) y Lenteja de Agua (*Lemna Minor*) en el Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas en el Cantón Quevedo, año 2018*. [Proyecto de investigación, Universidad Técnica Estatal de Quevedo Unidad de Posgrado].
- Martelo, J. y Lara, J. (2012). *Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte*. *Ingeniería y Ciencia*, 8(15), 221-243.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*.
- Osorio, M., Carrillo, W., Loor, X., Negrete, J. y Riera, E. (2021). *La calidad de las aguas residuales domésticas*. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 6(3), 228-245. DOI: 10.23857/pc.v6i3.2360

- Porras, D. y Silva, A. (2022). *Evaluación del tratamiento de aguas residuales de un restaurante, con un filtro de macrófitas en flotación a escala laboratorio*. [Trabajo de grado, Universidad Libre]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/10901/23675>
- Rojas, J. y Acevedo, P. (2022). *Eichhornia crassipes (jacinto de agua)*. Compendio CABI. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.2054>
- Rojas, R. (2002). *Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Gestión Integral de Tratamiento de Aguas Residuales, 1(1), 8-15.
- Sotil, H. (2017). *Análisis de Indicadores de Contaminación Bacteriológica (Coliformes Totales y Termotolerantes) en el Lago de Moronacocha*. [Tesis de Titulación, Universidad Científica del Perú]. Repositorio Institucional.
- SUNASS (2022). *Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en el ámbito de las Empresas Prestadoras 2022*. Dirección de Fiscalización. [Archivo PDF]. https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2022/06/Informe-de-diagnostico-de-las-Plantas-de-Tratamiento-de-Aguas-Residuales-PTAR_VdigitalConcomentario.pdf
- Tache, K. (2021). *Lenteja de Agua (Lemna minor); una promisorio planta con potencial en el cuidado ambiental y alimentario para seres humanos y animales*. [Tesis de Titulación, Universidad del Sinú]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unisinucartagena.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/241>
- Torres, A. (2020). *Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante sistemas de depuración con macrófitas (Lemna minor y Eleocharis palustris) en la Universidad Nacional de Ucayali octubre 2018-setiembre 2019*. [Tesis de Titulación, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2394>
- Torres, J., Magno, J., Pineda, R. y Cruz, M. (2017). Evaluación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para riego mediante humedales Artificiales de flujo libre superficial (FLS) con las especies *Cyperus Papyrus* y *Phragmites Austral* en Carapongo-Lurigancho. Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo 3(1), 48- 64. <http://dx.doi.org/10.17162/rictd.v1i2.954>

Vila, I., Veloso, A., Schlatter, R. y Ramírez, C. (2006). *Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile*. Editorial Universitaria.

WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas). 2017. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas Residuales: El recurso desaprovechado. París, UNESCO.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Título: Eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas con macrófitas flotantes en el restaurante “La Benita”, Lima 2023.

PROBLEMÁTICA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Dimensión 1	1	2	
¿Cuál es la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas con macrófitas flotantes Lenteja de Agua (<i>Lemna minor</i>) y Jacinto de Agua (<i>Eichhornia crassipes</i>) en el restaurante?	Evaluar la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas con macrófitas flotantes Lenteja de Agua (<i>Lemna minor</i>) y Jacinto de Agua (<i>Eichhornia crassipes</i>) en el restaurante.	Las macrófitas flotantes Lenteja de Agua (<i>Lemna minor</i>) y Jacinto de Agua (<i>Eichhornia crassipes</i>) son eficientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas del restaurante.	Macrófitas flotantes	Lenteja de Agua (<i>Lemna minor</i>)	Cantidad de especies	g	Tipo de investigación: Aplicada Nivel de investigación: Descriptivo e inferencial Diseño de investigación: Experimental
					Tiempo de Retención Hidráulica	días	
				Jacinto de Agua (<i>Eichhornia crassipes</i>)	Cantidad de especies	unidad	
					Tiempo de Retención Hidráulica	días	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos	Variable Dependiente	Dimensión 2	INDICADORES 1	INDICADORES 2	
¿En qué medida se logrará reducir los parámetros físicos de las aguas residuales domésticas del restaurante?	Analizar los porcentajes de reducción de los parámetros físicos de las aguas residuales domésticas del restaurante.	Los porcentajes de reducción tienen un efecto significativo en los parámetros físicos de las aguas residuales domésticas del restaurante.	Tratamiento de aguas residuales domésticas	Parámetros físicos	T°	°C	Enfoque de investigación: Cuantitativa Técnica de Recolección: Experimental Instrumentos: Análisis de Agua
					Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	
					Aceites y Grasas	mg/L	

<p>¿En qué medida se logrará reducir los parámetros químicos de las aguas residuales domésticas del restaurante?</p>	<p>Analizar los porcentajes de reducción de los parámetros químicos de las aguas residuales domésticas del restaurante.</p>	<p>Los porcentajes de reducción tienen un efecto significativo en los parámetros químicos de las aguas residuales domésticas del restaurante.</p>	<p>Parámetros químicos</p>	<p>Ph</p>	<p>Und. pH</p>	<p>Población: Aguas residuales domésticas del Restaurante “La Benita”</p> <p>Muestra: Probabilística</p> <p>Métodos de Análisis de Datos: Método de laboratorio y de campo</p>
<p>¿En qué medida se logrará reducir el parámetro microbiológico de las aguas residuales domésticas del restaurante?</p>	<p>Analizar el porcentaje de reducción del parámetro microbiológico de las aguas residuales domésticas del restaurante.</p>	<p>El porcentaje de reducción tiene un efecto significativo en el parámetro microbiológico de las aguas residuales domésticas del restaurante.</p>		<p>DBO</p>	<p>mg/L</p>	
				<p>DQO</p>	<p>mg/L</p>	
<p>¿En qué medida se logrará reducir el parámetro microbiológico de las aguas residuales domésticas del restaurante?</p>	<p>Analizar el porcentaje de reducción del parámetro microbiológico de las aguas residuales domésticas del restaurante.</p>	<p>El porcentaje de reducción tiene un efecto significativo en el parámetro microbiológico de las aguas residuales domésticas del restaurante.</p>	<p>Parámetro microbiológico</p>	<p>Coliformes Termotolerantes</p>	<p>NMP/100mL</p>	

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos

Figura 8

Métodos de Análisis de Parámetros de Agua

A. CALIDAD DE AGUA

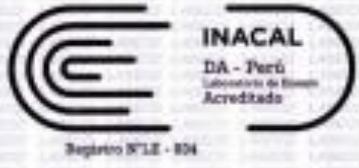
Item	Parámetros	Método de Análisis	Medición	Norma de Referencia
01	pH*	Método Electrométrico	Und. pH	APHA 4500-H+B
02	Sólidos Totales Suspendidos (TSS)*	Sólidos Totales en Suspensión secados a 103°C - 105°C	mg/L	AHPA 2540 D
03	Aceites y Grasas*	Método de Partición – Gravimétrica	mg/L	APHA 5520 B
04	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)*	Prueba de DBO de 05 días	mg/L	APHA 5210 B
05	Demanda Química de Oxígeno (DQO)*	Reflujo cerrado, método Titrimétrico	mg/L	APHA 5220 C, D
06	Coliformes Termotolerantes*	Método de Fermentación en tubo múltiple	NMP/100ml	APHA 9221 E

(*)Ensayo Acreditado

Nota. Fuente: Labeco Análisis Ambientales S.C.R.L., 2023.

Anexo 3. Formato de Validación de expertos





Registro N° LE - 034

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 034

INFORME DE ENSAYO N° 0299-23

Solicitante	: ANGELA DE LA CRUZ VILLA
Dirección del Solicitante	: Mz.52 Ll.12 AHM- CESAR VALLEJO - Villa María de Triunfo.
Atención	: ANGELA DE LA CRUZ VILLA
Proyecto	: Eficiencia del tratamiento de Aguas Residuales Domésticas con Macrófitas en el Restaurante "LA BENITA"
Lugar de Muestreo	: Av. Prolongación Iquitos N° 204 - Lince.
Tipo de Muestra	: Agua Residual (Doméstica)
Fecha de Muestreo	: 09/09/23
Fecha de Recepción de Muestra	: 09/09/23
Fecha de Inicio de Análisis	: 09/09/23
Fecha de Término de Análisis	: 15/09/23
Fecha de Emisión	: 15/09/23

MEDICIONES IN SITU

Código de Cliente	Descripción	COORDENADAS UTM	
		Norte	Este
E-01	MUESTRA DE AGUA RESIDUAL	8663018	0279154

CALIDAD DE AGUA

Código de Laboratorio	0299-1	Límite Detección	Unidad
Código de Cliente	E-01		
Parámetro de Campo (In Situ. Datos tomados en campo.)			
Temperatura	20.9	0.1	°C
pH	7.12	LC = 0.01	Unid. pH
Parámetros Fisicoquímicos			
Aceites y Grasas	103.4	0.5	mg/L
DQO	162	1	mg/L
DBO ₅	98	1	mg/L
TSS	97	4	mg/L
Parámetros Microbiológicos			
Coliformes Termotolerantes	7,9 x 10 ⁴	<1,8	NMP/100ml

- Muestreo por el área de monitoreo según procedimiento LB-P-07: Ejecución de Muestreo de Agua.
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el área de monitoreo.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: indicado en el acta.
- Condición y Estado de la muestra ensayada: Las muestras llegaron refrigeradas.
- El cliente renuncia al derecho de la demanda.

LB-F-38

Av. Victor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico
Surquillo - Lima
Teléfonos: 242-2096 / 444-8967
web: www.labecoperu.com
e-mail: labeco@labecoperu.com, labecoperu@gmail.com

1 de 2

Revisión: 12

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N.º LE - 034**

Método de Análisis:

Temperatura: APHA AWWA W07 2550 B 23rd Edition 2017, Temperature, Laboratory and Field Methods
pH: APHA AWWA W07 Part 4508 m-B, 23rd Edition 2017, pH Value, Electrode Method
Análisis y Oloror: APHA AWWA W07 Part 5202 B, 23rd Edition 2017 Oil and Grease, Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
DOO: APHA AWWA W07 Part 5220 C, D 23rd Edition 2017, Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux Colorimetric Method
BOD₅: APHA AWWA W07 Part 5218 B, 23rd Edition 2017 Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
TS: APHA AWWA W07 Part 2540 D, 23rd Edition 2017 Solids, Total Suspended Solids Dried at 100-105 °C
Cultivos Fecales: APHA AWWA W07 Part 9221 E, 23rd Edition, 2017 Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure



Quim. Ellen Liliana Deza Montoya
CQP N.º 1528
Director Técnico



Lima, 15 de setiembre de 2023.

Nota 1: El presente documento solo es válido para la(s) muestra(s) de la referencia.
Nota 2: Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos "a menos certificado del sistema de Calidad de la entidad que lo produce".
Nota 3: Labo muestra (s) y contramuestra se mantendrán por un periodo de siete (7) días de emitido el presente Informe de Ensayo.
Nota 4: Toda corrección e ampliación física al presente Informe de Ensayo será emitida con "un nuevo informe que haga referencia al correo".
Nota 5: Está prohibido la reproducción total o parcial del presente informe, salvo autorización escrita por LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L.
Nota 6: Se adjunta el SI-F-12: Cadena de Vigilancia correspondiente a este sistema.
Nota 7: "Para los parámetros in situ, en matriz agua, se realizan las mediciones por duplicado y se reporta el promedio de las mediciones".
Nota 8: LC indica "Límite de Cuantificación".
Anexo 1: Conclusiones de resultado.

—oooOoo—

LD-F-38

2 de 2
Revisión: 12

Ax. Víctor Alzamora 348, Urb. Barrío Médico
Surquillo - Lima
Teléfono: 242-2696 / 444-8987
web: www.labecoperu.com
e-mail: labeco@labecoperu.com, labecoperu@gmail.com

TEL USO INCORRECTO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO sancionable CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

INFORME DE ENSAYO N° 0302-23I

Solicitante : ANGELA DE LA CRUZ VILLA
Dirección del Solicitante : Mz 52 Lt 12 AHM César Vallejo - Villa María del Triunfo
Atención : ANGELA DE LA CRUZ VILLA
Proyecto : Eficiencia del tratamiento de Aguas Residuales Domésticas con Macrófitas en el Restaurante "LA BENTA"
Lugar de Muestreo : Av. Prolongación Iquitos N° 264 - Lince
Tipo de Muestra : Agua Residual (Industrial)
Fecha de Muestreo : 19/09/23
Fecha de Recepción de Muestra : 19/09/23
Fecha de Inicio de Análisis : 19/09/23
Fecha de Término de Análisis : 25/09/23
Fecha de Emisión : 26/09/23

MEDICIONES IN SITU

Código de Cliente	Descripción	COORDENADAS UTM	
		Norte	Este
E-01	MUESTRA DE AGUA RESIDUAL	8863018	0279154

CALIDAD DE AGUA

Código de Laboratorio	0302-1	Límite Detección	Unidad
Código de Cliente	E-01		
Parámetro de Campo (In Situ: Datos tomados en campo.)			
Temperatura	18,9	0,1	°C
pH	6,75	LC = 0,01	Unid. pH
Parámetros Físicoquímicos			
Aceites y Grasas	<0,5	0,5	mg/L
DOO	85	1	mg/L
DBO ₅	40	1	mg/L
TSS	<4	4	mg/L
Parámetros Microbiológicos			
Coliformas Termotolerantes	3,3 x 10 ⁴	<1,8	NMP/100mL

- Muestra tomada por el cliente.
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el área de muestreo.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado en el acta.
- Condición y Estado de la muestra ensayada: Las muestras llegaron refrigeradas.
- El cliente renuncia al derecho de la discrepancia.

1 de 2
Revisión: 23

LB-F-14

Av. Victor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico
Surquillo - Lima
Teléfonos: 242-2996 / 444-8987
web: www.labecoperu.com
e-mail: labeco@labecoperu.com, labecoperu@gmail.com

Método de Análisis:

Temperature: APHA AWWA-WF 2550 B 23rd Edition 2017, Temperature: Laboratory and Field Methods
pH: APHA AWWA-WF Part 4500-H+ B, 23rd Edition 2017, pH Value: Electrode Method
Acidez y Alcalinidad: APHA AWWA-WF Part 920 B, 23rd Edition 2017 Oil and Grease: Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
ODD: APHA AWWA-WF Part 5210 B, 23rd Edition 2017 Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD Test
COD: APHA AWWA-WF Part 5200 C, 23rd Edition 2017, Chemical Oxygen Demand: Closed Reflux Colorimetric Method
TS: APHA AWWA-WF Part 2540 C, 23rd Edition 2017 Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C
Coliformes Termotolerantes: APHA AWWA-WF Part 9221 E, 23rd Edition, 2017 Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group: Facal Coliform Procedure.

Quim. Ellen Liliana Deza Montoya

OQP N° 1328

Director Técnico



Lima, 26 de setiembre de 2023.

Nota 1: El presente documento sólo es válido para los(los) muestra(s) de la referencia.

Nota 2: Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos "o como certificado del sistema de Calidad de la entidad que lo produce".

Nota 3: Los(los) muestra(s) y correspondientes se mantendrán por un periodo de seis (6) días de emitido el presente Informe de Ensayo.

Nota 4: Toda corrección o enmienda hasta el presente Informe de Ensayo será emitida con "un nuevo informe que haga referencia al corregido".

Nota 5: Está prohibido la reproducción total y/o parcial del presente informe, salvo autorización escrita por LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L.

Nota 6: Se adjunta el LB-F-13: Sistema de Vigilancia correspondiente a este Informe.

Nota 7: El superíndice "T" perteneciente al título de Informe de Ensayo se está considerando para los parámetros que no están dentro del Alcance de Acreditación Anexo 1. Condiciones de excepción.

---000000---

18-F-14

2 de 2
Revisión: 23

Ax. Victor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico
Surquillo - Lima
Teléfonos: 242-2696 / 444-8967
web: www.labecoperu.com
e-mail: labeco@labecoperu.com, labecoperu@gmail.com

INFORME DE ENSAYO N° 0316-23

Solicitante	: ANGELA DE LA CRUZ VILLA
Dirección del Solicitante	: Mz 52 Lt.12 AHM: César Vallejo - Villa María del Triunfo
Atención	: ANGELA DE LA CRUZ VILLA
Proyecto	: Eficiencia del tratamiento de Aguas Residuales Domésticas con Macrofitas en el Restaurante "LA BENITA"
Lugar de Muestreo	: Av. Prolongación Iquitos N° 264 - Lince
Tipo de Muestra	: Agua Residual (Industrial)
Fecha de Muestreo	: 29/09/23
Fecha de Recepción de Muestra	: 29/09/23
Fecha de Inicio de Análisis	: 29/09/23
Fecha de Término de Análisis	: 05/10/23
Fecha de Emisión	: 10/10/23

CALIDAD DE AGUA

Código de Laboratorio	0316-1	Límite Detección	Unidad
Código de Cliente	E-01		
Parámetro de Campo (in Situ. Datos tomados en campo.)			
Temperatura	17,7	0,1	°C
pH	6,78	LC=0,01	Unid. pH
Parámetros Fisicoquímicos			
Acidos y Grasas	<0,5	0,5	mg/L
DOO	87	1	mg/L
DBO ₅	41	1	mg/L
TSS	<4	4	mg/L
Parámetros Microbiológicos			
Coliformes Termotolerantes	3,5 x 10	<1,8	NMP/100mL

- Muestreado por el área de monitoreo según procedimiento LB-P-07: Ejecución de Muestreo de Agua
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el área de monitoreo.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado en el acta.
- Condición y Estado de la muestra ensayada: Las muestras se guardan refrigeradas.
- El cliente renuncia al derecho de la discrepancia.

Método de Análisis:

Temperatura: APHA/AWWA WEF 2550 B 23rd Edition 2017, Temperature, Laboratory and Field Methods.
pH: APHA/AWWA WEF Part 4000-H+H, 23rd Edition 2017, pH Value, Electrode Method.
Acidos y Grasas: APHA/AWWA WEF Part 920 B, 23rd Edition 2017 Oil and Grease, Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method.
DOO: APHA/AWWA WEF Part 9210 B, 23rd Edition 2017 Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test.
DBO₅: APHA/AWWA WEF Part 5220 C, 23rd Edition 2017, Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux Colorimetric Method.
TSS: APHA/AWWA WEF Part 2540 D, 23rd Edition 2017 Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C.
Coliformes Termotolerantes: APHA/AWWA WEF Part 9221 E, 23rd Edition, 2017 Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Genus *Escherichia*.

LB-F-34

1 de 2
Revisión: 23

Ax. Victor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico
Sunguillo - Lima
Teléfonos: 242-2096 / 444-8367
web: www.labecoperu.com
e-mail: labeco@labecoperu.com, labecoperu@gmail.com

LABECO

ANALISIS AMBIENTALES S.C.R.L.



Quím. Ellen Liliana Déza Montoya
CQP N° 1328
Director Técnico

Lima, 10 de octubre de 2023.

Nota 1: El presente documento solo es válido para la(s) muestra(s) de la referencia.

Nota 2: Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos "o como certificado del sistema de Calidad de la entidad que lo produce".

Nota 3: Las muestra(s) (N) y contramuestras se mantendrán por un periodo de siete (7) días de emitido el presente Informe de Ensayo.

Nota 4: Toda corrección o enmienda física al presente Informe de Ensayo será emitida con "un nuevo informe que haga referencia al corregido".

Nota 5: Está prohibido la reproducción total y/o parcial del presente Informe, salvo autorización escrita por LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L.

Nota 6: Se adjunta el US-F-13: Cálculo de Vigilancia correspondiente a este Informe.

Nota 7: "Pese los parámetros in situ, en matriz agua, se realizan las mediciones por duplicado y se reporta el promedio de las mediciones".

Nota 8: LQ indica "Límite de Cuantificación".

Anexo 1: Condiciones de recepción.

—ooo0ooo—

LB-F-14

2 de 2
Revisión: 23

Av. Victor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico
Surquillo - Lima
Teléfonos: 242-2696 / 444-8987
web: www.labecoperu.com
e-mail: labeco@labecoperu.com, labecoperu@gmail.com

“EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”.

Anexo 4. Glosario de términos

TRH. - Tiempo de Retención Hidráulica

EPA. - Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental)

INACAL. - Instituto Nacional de Calidad

SUNASS. - Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento

Fitorremediación. - Aprovecha la capacidad de las plantas para absorber los contaminantes en el agua.

Depuración. - Proceso en el que se somete al agua, en diferentes series de tratamiento para eliminar las impurezas.

Anexo 5. Material fotográfico

Fotografía 1. La Lenteja de Agua en su etapa de acondicionamiento.



Fotografía 2. El Jacinto de Agua en su etapa de acondicionamiento.



Fotografía 3. Recolección de la muestra de agua residual.



Fotografía 4. Colocación de las macrófitas.



Fotografía 5. Recolección de muestras del TRH de 10 días.



Fotografía 6. Recolección de muestra en el TRH de 20 días.



Fotografía 7. Las Lenteja de Agua y Jacinto de Agua al final del tratamiento.



Fotografía 8. Crecimiento de las raíces de las macrófitas.

