

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

ESCUELA DE POSGRADO

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
Y DE RECURSOS NATURALES**



**“PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN CON MACRÓFITAS
FLOTANTES EN LA REMOCIÓN DE CADMIO DEL AGUA DE LA
LAGUNA DE RICURICOCHA, TARAPOTO – SAN MARTÍN”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

AUTOR: LEYA ISABEL, POMA BUENDIA

ASESOR: PILCO NUÑEZ, ALEX WILLY

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: CIENCIAS DE LA TIERRA Y MEDIO
AMBIENTE**

Callao, 2023

PERÚ

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD: INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN: DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

TÍTULO:

“PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN CON MACRÓFITAS FLOTANTES EN
LA REMOCIÓN DE CADMIO DEL AGUA DE LA LAGUNA DE
RICURICOCHA, TARAPOTO – SAN MARTÍN”.

AUTOR:

POMA BUENDIA, LEYA ISABEL, CODIDO ORCID: 0000-0001-8026-5700, DNI:
73062771

ASESOR:

PILCO NUÑEZ, ALEX WILLY, CODIGO ORCID: 0000-0002-3911-6428, DNI:
10291118

LUGAR DE EJECUCIÓN:

LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR SERVICIO NACIONAL
DE ACREDITACIÓN CON REGISTRO N° LE – 97, “ANALYTICAL
LABORATORY E.I.R.L.”

TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

APLICADA / CUANTITATIVO / EXPERIMENTAL

UNIDADES DE ANÁLISIS:

CONCENTRACIÓN DE CADMIO DEL AGUA DE LA LAGUNA
RICURICOCHA, TARAPOTO – SAN MARTÍN

TEMA OCDE:

1.05.08 CIENCIAS DE MEDIO AMBIENTE

HOJA DE REFERENCIA Y JURADO

Dr. EDUARDO VALDEMAR TRUJILLO FLORES: PRESIDENTE

Mtro. CARLOS ODORICO TOME RAMOS: SECRETARIO

Dr. ENRIQUE GUSTAVO GARCÍA TALLEDO : VOCAL

Mg. LUIS ENRIQUE LOZANO VIEYTES : VOCAL

Mg. ALEX WILLY PILCO NUÑEZ : ASESOR

ACTA N° 013-2023-ICTT/UPG-FIARN-UNAC

LIBRO: 01

FOLIO: 20

FECHA DE SUSTENTACIÓN 24 de setiembre del 2023

Document Information

Analyzed document	POMA BUENDIA, Laya Isabel - MAESTRIA-2023.pdf [D175264774]
Submitted	2023-08-30 20:16:00
Submitted by	
Submitter email	flam.pozgrado@unac.edu.pe
Similarity	11%
Analysis address	flam.pozgrado.unac@analysis.ukund.com

Sources included in the report

SA	1_EFTTITESIS_ALVARADO_RAMIREZ_ANDREA_VELIZ_DE_LA_CRUZ_JENNIFER.docx Document:1_EFTTITESIS_ALVARADO_RAMIREZ_ANDREA_VELIZ_DE_LA_CRUZ_JENNIFER.docx [D151898830]	2
W	URL: http://repositorio.utp.edu.co/handle/71d54344-8d8c-40e9-a974-53855ab27731 Fetched: 2023-08-30 20:17:00	2
W	URL: http://www.prensa libre.com/guatemala/comunitario/ta-alarmando-contaminacion-en-los-rios-y-lag- Fetched: 2023-08-30 20:18:00	1
W	URL: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12880/77157/HuamANC3NA1n_5W-RNC3NADn_AC_ Fetched: 2023-08-30 20:17:00	1
W	URL: http://andina.pe/agencia/noticia-fiestas-paitas-visite-san-martin-y-disfrute-sus-maravillosa_ Fetched: 2023-08-30 20:17:00	2
W	URL: http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/14140 Fetched: 2023-08-30 20:19:00	4
SA	Benites_M_Guilape_C_EF_REVISION_SISTEMATICA.docx Document:Benites_M_Guilape_C_EF_REVISION_SISTEMATICA.docx [D641808942]	4
W	URL: http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4111241 Fetched: 2023-08-30 20:18:00	1
SA	Articulo_Uso de plantas vasculares en la fitoremediación de aguas residuales en América Latina.doc Document:Articulo_Uso de plantas vasculares en la fitoremediación de aguas residuales en América Latina.doc [D643088938]	3
W	URL: http://hdl.handle.net/20.500.14076/5086 Fetched: 2023-08-30 20:17:00	3
SA	Final_Taller de Teatro1_Obeso Mejía y García Pajuelo.docx Document:Final_Taller de Teatro1_Obeso Mejía y García Pajuelo.docx [D151596095]	4

DEDICATORIA

Dedico el resultado de este trabajo a toda mi familia, quienes han sido mi fuente de inspiración y apoyo incondicional. En particular a mi padre, cuya partida física no ha disminuido su influencia en mi vida. Sus enseñanzas desde el cielo continúan guiando cada uno de mis pasos, convirtiéndose en una brújula para mi vida.

A mi madre, quiero expresar mi gratitud infinita. Su amor inmenso y sabiduría incansable me han acompañado a lo largo de todo este proceso. Su presencia a mi lado ha sido una verdadera bendición, y no puedo imaginar haber realizado este camino sin su apoyo constante y aliento inquebrantable.

AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento a la Universidad Nacional del Callao, en especial a la Facultad de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales, institución que me ha brindado un acompañamiento cercano y los conocimientos necesario para poder realizar exitosamente la presente tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	7
INDICE DE TABLAS	9
INDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	11
RESUMEN.....	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN.....	14
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1. Descripción de la realidad problemática	15
1.2. Formulación del problema	16
1.3. Objetivos	16
1.4. Justificación.....	17
1.5. Delimitantes de la investigación	18
II. MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes	20
2.2. Bases Teóricas.....	24
2.3. Marco conceptual.....	26
2.4. Definición de términos básicos	28
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	30
3.1. Hipótesis.....	30
IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO	32
4.1. Diseño metodológico.....	32
4.2. Método de investigación	32
4.3. Población y muestra	33
4.4. Lugar del estudio	33
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	36
4.6. Análisis y procedimientos de datos	37
4.7. Aspectos éticos de la investigación	38
V. RESULTADOS.....	39
5.1. Resultados descriptivos.....	39
5.2. Resultados inferenciales.....	41

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	49
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis de los resultados	49
6.2. Contratación de resultados con otros estudios similares	51
6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes	52
VII. CONCLUSIONES	53
VIII. RECOMENDACIONES.....	54
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
ANEXOS	62
Anexo 1. Matriz de consistencia	62
Anexo 2. Base de Datos en SPSS.....	63
Anexo 3. Certificación de acreditación del laboratorio	64
Anexo 4. Resultados de ensayos de laboratorio	65
Anexo 5. Resultados de ensayos de laboratorio a 7 días	69
Anexo 6. Resultados de ensayos de laboratorio 15 días	73
Anexo 7. Panel fotográfico.....	77

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de operacionalización de variables	31
Tabla 2 Caracterización del agua en el tratamiento control	39
Tabla 3 Caracterización del agua en los tratamientos con <i>Lemna minor</i>	40
Tabla 4 Caracterización del agua en los tratamientos con <i>Eichhornia crassipes</i>	40
Tabla 5 Resultados de la concentración de Cadmio de acuerdo a la interacción de los factores y niveles.....	41
Tabla 6 Prueba de Normalidad	42
Tabla 7 Análisis de varianza (ANOVA).....	43
Tabla 8 Medias marginales estimadas para el factor Tiempo	44
Tabla 9 Medias marginales estimadas para el factor Especie	45
Tabla 10 Medias marginales estimadas para el factor Masa	46
Tabla 11 Análisis de media y desviación de los factores e interacciones	47
Tabla 12 Prueba de Dunnett	48
Tabla 13 Matriz de consistencia.....	62

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación de la laguna Ricuricocha	34
Figura 2 Mapa de ubicación donde se realizará el humedal artificial.....	35
Figura 3 Modelo de Tanque	36
Figura 4 Gráfica de concentración de cadmio	43

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ANA: Autoridad Nacional del Agua.

ANOVA: Análisis de la Varianza

DAF: Sistema de flotación por aire disuelto

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno

DQO: Demanda Química de Oxígeno

ECA: Estándares de Calidad Ambiental

MINAM: Ministerio del Ambiente

pH: Potencial de Hidrógeno

PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

UNAC: Universidad Nacional del Callao

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

RESUMEN

El presente trabajo se ha realizado con el propósito de aplicar el proceso de fitorremediación para la eliminación de cadmio en el agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín. Para este trabajo de investigación se realizó el proceso de fitorremediación mediante el uso de humedales artificiales con macrófitas flotantes (Lenteja de agua y Jacinto de agua).

La metodología empleada en el presente trabajo de investigación fue de tipo aplicada, enfoque cuantitativo, diseño explicativo. El agua utilizada en los humedales se obtuvo del agua superficial de la laguna Ricuricocha. Se utilizaron un total de 5 tanques, divididos en 5 grupos con 3 repeticiones cada uno. Cada tanque se llenó con 50 litros de agua. El primer grupo sirvió como muestra de control del experimento, sin ninguna siembra de plantas macrófitas. En el segundo grupo se sembraron 100 g de Lemna minor, en el tercer grupo se sembraron 300 g de Lemna minor, en el cuarto grupo se sembraron 100 g de Eichhornia crassipes y en el quinto grupo se sembraron 300 g de Eichhornia crassipes.

Para la caracterización fisicoquímica del agua, se ha medido los parámetros a los 0, 7 y 15 días. El parámetro medido y analizado fue de la concentración de Cadmio disuelto en el agua, se realizó siguiendo los procedimientos establecidos en el método 2540-B del libro *Standar Methods For The Examination Of Water And Wastewater 23rd Edition*. Los resultados obtenidos fueron las concentraciones promedios de cadmio disuelto de 0.00084, 0.00069 y 0.00030 mg/L, para los días 0, 7 y 15 respectivamente.

Se concluye que, con la aplicación del proceso de fitorremediación con macrófitas flotantes se puede lograr una remoción de hasta 16% de cadmio con Jacinto de agua y de 14% con Lenteja de agua.

Palabras claves: Fitorremediación, Macrófitas, cadmio, agua

ABSTRACT

The present work has been carried out with the purpose of applying the phytoremediation process for the elimination of cadmium in the water of the Ricuricocha lagoon, Tarapoto - San Martin. For this research, phytoremediation was carried out using artificial wetlands with floating macrophytes (duckweed and water hyacinth).

The methodology used in the research was applied, quantitative approach, explanatory design. The water used in the wetlands was obtained from the surface water of the Ricuricocha lagoon. A total of 5 tanks were used, divided into 5 groups with 3 replications each. Each tank was filled with 50 liters of water. The first group served as a control sample of the experiment, without any macrophyte planting. In the second group 100 g of Lemna minor were sown, in the third group 300 g of Lemna minor were sown, in the fourth group 100 g of Eichhornia crassipes were sown and in the fifth group 300 g of Eichhornia crassipes were sown.

For the physicochemical characterization of the water, the parameters were measured at 0, 7 and 15 days. The parameter measured and analyzed was the concentration of dissolved Cadmium in the water, following the procedures established in method 2540-B of the book Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater 23rd Edition. The results obtained were average dissolved cadmium concentrations of 0.00084, 0.00069 and 0.00030 mg/L, for 0, 7 and 15 days, respectively.

It is concluded that, with the application of the phytoremediation process with floating macrophytes, a removal of up to 16% of cadmium can be achieved with water hyacinth and 14% with duckweed.

Key words: Phytoremediation, macrophytes, cadmium, water.

INTRODUCCIÓN

El tratamiento del agua dulce es fundamental en todo el mundo ya que se trata de un recurso vital para el desarrollo económico, industrial, agrícola y, por supuesto, para la vida humana. Sin embargo, la contaminación del agua puede ser muy perjudicial para la salud pública, especialmente cuando se superan ciertos niveles de contaminación (Lugo et al., 2019). Una alternativa para recuperar el agua contaminada son los humedales artificiales construidos, los cuales utilizan procesos físicos, químicos y biológicos para remover contaminantes. Estos humedales son muy efectivos en la eliminación de materia orgánica, nutrientes y patógenos, a través de la sedimentación, precipitación, adsorción a partículas del suelo, asimilación por el tejido vegetal y transformaciones microbiológicas (Coronel Castro, 2011).

Los humedales construidos son una alternativa natural a los métodos técnicos de tratamiento de aguas de desecho (Alarcon et al., 2018). Estos sistemas remueven contaminantes del agua por medio de un conjunto de procesos químicos, físicos y biológicos, depurando las aguas a una mejor calidad, pudiendo ser reutilizada en otros procesos dependiendo de sus contenidos (Delgadillo et al., 2010). A pesar de su bajo costo, estos sistemas no se han implementado en los países de América Latina, aunque se han encontrado investigaciones de estas macrófitas aplicadas para otras finalidades como el uso agrícola en Brasil (Mazzeo,2020). En cambio, su desarrollo se ha encontrado principalmente en países ricos debido a su buen desempeño de purificación; además, las plantas macrófitas son cosechadas en los sistemas de tratamiento para ser utilizadas en la alimentación animal y/o en la producción de biogás (García, 2012).

En este contexto, la investigación desarrollada tiene como objetivo determinar en qué medida el proceso de fitorremediación influye en el tratamiento de las aguas de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

El agua es un recurso escaso en el mundo, por lo que su tratamiento se ha vuelto cada vez más necesario para eliminar o reducir la contaminación (Acciona, 2023). Uno de los factores limitantes en el crecimiento económico del siglo XXI, será la contaminación de las fuentes de agua dulce (Celis et al., 2015). Esta falta de tratamiento está afectando seriamente los lagos y humedales en todo el mundo, provocando más de la mitad de las enfermedades infecciosas conocidas, también se han visto casos como el de Guatemala en donde al menos 25 lagunas han desaparecido en los últimos 80 años, debido al avance de la urbanización y la contaminación (López, 2016).

En el Perú, sólo el 24% de las aguas residuales domésticas son tratadas, y se desconoce el porcentaje de las aguas industriales (Autoridad Nacional del Agua, 2015). La región San Martín, no es ajena a esta realidad ya que la contaminación del agua es uno de los problemas más graves que la afectan (Gobierno Regional de San Martín, 2017). En esta región está ubicada la laguna Ricuricocha, rodeada de actividades agropecuarias, que contaminan el cuerpo de agua (Aranda, 2020). Además, debido a la expansión urbana, y el cambio de uso de suelo para construir complejos turísticos y complejos habitacionales próximos a la faja marginal de la laguna, se viene deteriorando más las condiciones iniciales de la laguna Ricuricocha (Huamán y Ríos, 2021).

En este contexto, los humedales artificiales con plantas acuáticas flotantes son una alternativa eficiente de tratamiento de aguas, debido a su capacidad para remover materia orgánica, nutrientes y patógenos (Vásquez Chingay, 2019). De esta manera, se pueden remover los contaminantes, produciendo un agua de mejor calidad que puede ser reutilizada (Ortiz et al., 2015).

Finalmente, el propósito del presente estudio fue plantear una alternativa de solución con el fin de mejorar la calidad del agua de la laguna Ricuricocha. Por tal motivo, se desarrolló el presente trabajo de investigación para determinar en qué medida el proceso de fitorremediación con macrófitas flotantes influye en la calidad del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿En qué medida el proceso de fitorremediación con macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿En qué medida la especie de macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín?
- ¿En qué medida la masa de las macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín?
- ¿En qué medida el tiempo de retención de las macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar en qué medida el proceso de fitorremediación con macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar en qué medida la especie de macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín.
- Determinar en qué medida la masa de las macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín.
- Determinar en qué medida el tiempo de retención de las macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín.

1.4. Justificación

1.4.1. Teórica:

Se justifica este trabajo de investigación desde el punto de vista teórico porque aporta un nuevo conocimiento en el proceso de fitorremediación para la remoción del cadmio en el agua. Se abordó en el estudio la consideración de dos plantas acuáticas (Lenteja de agua y Jacinto de agua) en la remoción de contaminantes presentes en la laguna Ricuricocha.

1.4.2. Metodológica:

Se justifica este trabajo de investigación desde el punto de vista metodológico, dado que se caracterizó la calidad del agua de la laguna Ricuricocha, luego se utilizó el proceso para la remoción de cadmio, considerando un diseño experimental del tipo factorial, para conocer bajo que condición del proceso se obtiene la mayor remoción.

1.4.3. Social:

Se justifica este trabajo de investigación desde el punto de vista social, dado que la laguna Ricuricocha es un cuerpo de agua importante para la comunidad local, que se ve afectada por la contaminación generada por diversas actividades antropogénicas,

como la ganadería, agricultura y recreación. El proceso de fitorremediación puede mejorar la calidad del agua, lo que tiene un impacto positivo en la salud de la comunidad, así como en la sostenibilidad de las actividades económicas antes mencionadas.

1.4.4. Ambiental:

Se justifica este trabajo de investigación desde el punto de vista ambiental, porque aborda un problema real de contaminación en un cuerpo de agua dulce y se propone una alternativa para su tratamiento. El proceso de fitorremediación es respetuoso con el medio ambiente y puede reducir la cantidad de contaminantes presentes en la laguna Ricuricocha, lo que contribuirá con su futura recuperación y conservación.

1.5. Delimitantes de la investigación

1.5.1. Teórica

Este estudio se centró en investigar la aplicación de la fitorremediación sobre muestras de agua de la Laguna Ricurococha, que se encuentra contaminada. No se abordó la aplicación de la fitorremediación en toda el agua de la laguna, ya que se trata de un piloto; ni en las posibles fuentes contaminación del agua de la laguna.

1.5.2. Temporal

La presente investigación se realizó entre los meses de mayo y junio con un periodo de 15 días de observación, con muestras del agua de la laguna. Siendo posiblemente considerado un período muy corto para una solución significativa para el problema de cadmio en la laguna.

1.5.3. Espacial

La presente investigación se realizó y desarrolló en la Región y Provincia de San Martín y distrito de Tarapoto, encontrándose en clima tropical y sub. tropical, siendo la temperatura media anual máxima es de 29 C (84°F) y la mínima de 18 C (64 F) (Agencia Peruana de Noticias Andina, 2023), con presencia de lluvias repentinas, que dificultaron la toma de muestra de la laguna Ricuricocha.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Ramos y Gualán (2016), realizaron una investigación titulada “Evaluación del Pasto Alemán (*Echinochloa Polystachya*) y Lenteja De Agua (*Lemna minor*) como especies fitorremediadoras para el tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Chicaña, provincia de Zamora Chinchipe”, con el objetivo de determinar el porcentaje de incidencia de las especies en las muestras de agua residual, para así aportar a la solución de una de las problemáticas que presenta la cabecera parroquial de Chicaña como es el vertido directo de aguas residuales. Obteniendo como resultado que el porcentaje máximo de descontaminación de la lenteja de agua con 81% se da a los 21 días (p.2).

Malaver (2013), realizó una investigación titulada “Evaluación de un Humedal artificial de flujo superficial empleando lenteja de agua (*Lemna minor*) para el tratamiento de aguas residuales generadas por la industria de curtiembres”, con el objetivo de implementar humedales de flujo superficial inoculados con lenteja de agua para el tratamiento de aguas residuales de la industria de curtiembre de pieles. La metodología planteada consistió en conformar cuatro humedales de igual capacidad, cada uno construido para un tiempo de retención de 18 horas en cada etapa. Cada etapa fue cargada con 300 g (base húmeda) de lenteja de agua y 4300 g de grava. Se construyó un sistema testigo o blanco, este no contenía lenteja de agua, las demás características fueron idénticas a las del humedal cargado con material vegetal. Los resultados de la investigación muestran el humedal plantado con lenteja de agua presenta una mayor remoción que el humedal testigo (p.10).

Martelo y Lara (2012), realizaron una investigación cuyo título fue “Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte”, con el objetivo de determinar que un manejo inadecuado de las Macrófitas cosechada puede representar un problema. Dado que la acumulación de bacterias en las raíces de las Macrófitas puede convertirlas en una fuente de contaminación, en cuyo caso se requiere un manejo cuidadoso de la cosecha. Teniendo como resultado que su importancia radica en su aptitud para ser empleados en núcleos rurales debido a su bajo consumo de energía convencional y la practicidad en el montaje y operación de los sistemas de tratamiento. Aun así, todavía no se han esclarecido rigurosamente los procesos que tienen lugar en la depuración de aguas residuales con macrófitas flotantes (p.221).

Vizcaino y Fuentes (2016), realizaron una investigación titulada “Efectos de *Eisenia Foetida* y *Eichhornia crassipes* en la Remoción de Materia Orgánica, Nutrientes y Coliformes en efluentes Domésticos”; con el objetivo de conocer la capacidad depuradora de un sistema biológico potencialmente aplicable como alternativa para la reducción de la carga contaminante de efluentes residuales domésticos del municipio de San Juan del Cesar. Teniendo como resultados que existe una relevante influencia del tamaño de la planta y de su sistema radicular en la remoción de los contaminantes (p.1).

Carreño (2014), realizó una investigación titulada “Tratamientos de Aguas Industriales con Metales Pesados a través de Zeolitas y Sistemas de Biorremediación”, con el objetivo de explorar diferentes oportunidades de utilizar un material natural para la remoción y retención de metales pesados de aguas contaminadas por los residuos de diferentes procesos, para lo cual se abordó como uno de los sistemas investigativos, la Biorremediación a través de algas, algunas bacterias y sobre todo plantas acuáticas como el *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua). Obteniendo como resultado que la creación de tecnologías de tratamiento a través de zeolitas y plantas

acuáticas es una opción viable en las industrias que vierten a los cuerpos de agua metales pesados (p.70).

2.1.2. Nacionales

Gómez (2017), realizó una investigación titulada: “Evaluación de la Eficiencia de Humedales Artificiales Verticales empleando *Cyperus Alternifolius* y *Chrysopogon Zizanioides* para el Tratamiento de Aguas Servidas”, con el objetivo de evaluar el desarrollo de las plantas en dos periodos, uno 30 días después de la siembra y el otro después del corte de mantenimiento, en el primer periodo la temperatura promedio tuvo un comportamiento descendente, mientras que en el segundo se registró un comportamiento ascendente, obteniendo como resultado de la caracterización del agua tratada por ambos humedales que en ambos casos pueden ser vertidas en cuerpos de agua, con restricción en el parámetro microbiológico, coliformes fecales (p.108).

Chacon (2015), realizó una investigación titulada “Implementación de Wetlands para mejorar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria procesadora agropecuaria Esmeralda S.A. Universidad Nacional de Ingeniería”, con el objetivo de realizar el tratamiento de aguas residuales del efluente más contaminante proveniente del camal a la salida del sistema DAF (componente del sistema de tratamiento) y de evaluar los resultados que obtenidos en el monitoreo realizado en las instalaciones del laboratorio de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - PTAR. Para lo cual se trabajó con caudal constante de 0.12 m³/d al ingreso del wetland acondicionado con aireación mecánica y un caudal constante de 0.15 m³/d al ingreso del wetland sin aireación. Obteniendo como resultado que la carga orgánica en términos de DBO varía aproximadamente entre 1500 mg/l a 2500 mg/l al ingreso de los wetlands, y a la salida de la unidad de tratamiento tiene un valor mínimo de 15 mg/l y valor máximo de 780 mg/l (p.11).

Flores (2014), realizaron una investigación titulada “Evaluación de las especies *Lemna minor* ("Lenteja de agua") y *Eichhornia crassipes* ("Jacinto de agua") en remoción de materia orgánica biodegradable en efluentes de piscigranjas de la empresa acuícola Alto Mayo, provincia de Moyobamba-2014”, con el objetivo de utilizar las plantas acuáticas flotantes para remover la materia orgánica biodegradable en efluentes de piscigranjas teniendo una planta piloto con dos sistemas de tratamiento: Un sistema por Tandas y un sistema continuo. Obteniendo como resultado que el sistema continuo es mucho más eficiente en la remoción de materia orgánica al 50% que el sistema por tandas, siendo el más eficiente el reactor con plantas acuáticas *Lemna minor* y *Eichhornia crassipes* ya que sus raíces tienen la capacidad de remover los sólidos suspendidos totales del efluente de aguas de las piscigranjas y logrando reproducirse las plantas al 100% del espacio de los reactores (p.9).

Núñez (2016), realizó una investigación titulada “Tratamiento de aguas residuales domésticas a nivel familiar, con Humedales Artificiales de flujo subsuperficial Horizontal, mediante la especie macrófita emergente *Cyperus Papyrus* (Papiro)”, con el objetivo de determinar la eficiencia de remoción de contaminantes de las aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal. Obteniendo como resultado que la eficiencia de remoción de contaminantes en las aguas residuales domésticas es positiva y significativa, demostrando así que dichas aguas se encuentran dentro de lo establecido por el Decreto Supremo N° 002-2008- MINAM y su modificatoria y son aptas para ser utilizadas en el regadío de pastizales (p.8).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Aguas residuales

En 2017, la UNESCO informó que aproximadamente el 80% del agua residual es devuelta al medio ambiente sin haber recibido previamente tratamiento. Hay diferentes tipos de agua residual y su calidad suele verse negativamente afectada por la actividad humana (Zarza, 2017).

Las aguas residuales de origen doméstico consisten en residuos generados en los hogares, que incluyen residuos generados en la cocina, lavandería y baño, conocidos como aguas residuales domésticas negras. Si se mezclan con residuos líquidos de centros comerciales e industriales, se denominan aguas residuales municipales, que se suelen recolectar en un sistema de alcantarillado público. La cantidad de aguas residuales municipales se determina según el uso del agua, ya que se utiliza para el consumo humano, la producción industrial, el riego de áreas verdes y la limpieza de calles. No obstante, solamente una proporción que oscila entre el 70% y el 90% del agua que se suministra logra llegar a las alcantarillas (Henry y Heinke, 1999).

2.2.2. Tratamiento de aguas

El tratamiento de aguas implica llevar a cabo una serie de procesos y operaciones físicas, químicas y biológicas con el objetivo de descontaminar el agua y lograr que alcance una calidad adecuada para su disposición final o su reutilización. Para lograr esto, se llevan a cabo diferentes etapas de tratamiento que incluyen tratamientos preliminares, primarios, secundarios y, en ocasiones, terciarios (Sehircilik, 2009).

2.2.3. Fitorremediación

La fitorremediación es un concepto antiguo que implica el uso de la capacidad natural de las plantas para absorber contaminantes del agua, particularmente para la eliminación de metales pesados y plaguicidas. En la fitorremediación, las plantas utilizan procesos para reducir, minimizar o eliminar contaminantes del agua, suelos, lodos, y otros medios. Las plantas utilizadas en la fitorremediación capturan los contaminantes y los absorben mediante degradación o metabolización, transformando los contaminantes en sustancias menos tóxicas (Curasma y Sandoval, 2019).

2.2.4. Humedal Artificial

Los humedales artificiales son sistemas que utilizan plantas para depurar aguas residuales. Consisten en un lecho de grava impermeabilizado, sobre el cual crece un cultivo de plantas enraizadas. Estas plantas, a través de una serie de interacciones físicas, químicas y biológicas, contribuyen a la depuración del agua residual de manera gradual y progresiva (Cooper, 1996).

2.2.5. Determinación de la materia orgánica en el agua

La cantidad de materia orgánica presente en el agua puede ser determinada mediante el test de potabilidad, utilizando la Demanda Química de Oxígeno (DQO). Este proceso consiste en hervir una muestra de agua en medio ácido y bajo condiciones experimentales controladas, utilizando un agente químico oxidante. El consumo de agente oxidante se relaciona con la cantidad de oxígeno presente en la muestra, y el resultado se expresa en mg/L de O₂. En general, el contenido de materia orgánica en aguas potables suele oscilar entre 1 y 2 mg/L (Teledyne Tekmar, 2014).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. *Macrófitas flotantes*

Las macrófitas flotantes comprenden un amplio y variado grupo de plantas, entre las que se destacan el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), la salvinia (*Salvinia* Spp.), la redondita de agua (*Hydrocotyle ranunculoides*), y algunas especies de lentejas de agua (*Lemna minor*) (Chuquibala y Sánchez, 2017).

Para el presente proyecto de investigación se plantea usar las siguientes macrófitas:

- ***Lemna minor (Lenteja de agua)***

Es una planta angiosperma (plantas con flores), 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. El tallo ha sido interpretado de diversas maneras: un tallo modificado, una hoja o como parcialmente tallo y hoja. Otros autores considerando que el talo corresponde a una hoja modificada que cumple las funciones del tallo, la hoja y el eje florífero (Flores, 2014).

Su tamaño es muy reducido, alcanzando de 2 a 4 mm de longitud y 2 mm de ancho. Es una de las especies de angiospermas más pequeñas que existen en el reino de las plantas. En la misma familia de la lenteja de agua se encuentra *Wolffia*, reportada como la planta con flores de tamaño más reducida que existe en la Tierra; su cuerpo mide sólo 0.6 mm de largo y 0.2 mm de ancho, y su fruto, que es el más pequeño del planeta, mide sólo 0.3 mm de largo y pesa 70 mg (Flores, 2014).

- ***Eichhornia crassipes (Jacinto de agua)***

Pertenece a la familia Pontederiaceae, es una macrófitas acuática flotante no enraizada, herbácea perenne de agua dulce. Puede vivir en aguas dulces tranquilas o de ligero movimiento, como zanjas, canales, presas, arroyos, ríos y pantanos; es considerado como la maleza acuática. Se originó en la Amazonía, pero en la actualidad se distribuye en todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo. Tiene un crecimiento rápido en el entorno de 20 a 30 °C de temperaturas medias, pero se estancan en el intervalo de 8 a 15 °C.

Esta planta posee un sistema de raíces, que tienen microorganismos asociados a ella que favorece la acción depuradora de las plantas acuáticas, retienen en sus tejidos metales pesados (Cd, Hg, As). Además, remueve algunos compuestos orgánicos, tales como fenoles, colorantes y pesticidas, y disminuye niveles de demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos (Coronel Castro, 2011).

Las macrófitas flotantes son componentes esenciales de los ecosistemas acuáticos, desempeñando múltiples funciones y proporcionando importantes beneficios ambientales. Su capacidad para controlar la eutrofización, purificar el agua, estabilizar las orillas y promover la biodiversidad las convierte en aliadas valiosas para la conservación y restauración de los ecosistemas acuáticos. Además, su uso en aplicaciones prácticas como el tratamiento de aguas

2.3.2. Cadmio

El cadmio existe en forma de ión hidratado o como complejo iónico asociado a otras sustancias inorgánicas u orgánicas. Las formas de cadmio solubles se movilizan en el agua. Las formas insolubles son inmóviles y se depositarán en el sedimento donde serán adsorbidas (Malaver, 2013).

El cadmio se libera al medio ambiente en las aguas residuales, y los fertilizantes y la contaminación aérea local producen contaminación difusa. Al cadmio se le reconoce como uno de los metales pesados con mayor tendencia a acumularse en las plantas (Lazaro y Salazar, 2022).

Se ha descrito que el Cd afecta los riñones, pulmones, esqueleto, testículos y sistema nervioso central de los animales y humanos, generando hipocalcemia, diabetes, osteoporosis y cáncer. Por otro lado, en las plantas, este metal produce inhibición de crecimiento, clorosis, estrés oxidativo, peroxidación lipídica, inhibición de enzimas, oxidación de proteínas y daño al ADN (MERO et al.,2019).

El cadmio en el agua representa una amenaza significativa tanto para los ecosistemas acuáticos como para la salud humana. La adopción de medidas de prevención y mitigación, junto con una regulación adecuada, es crucial para minimizar la contaminación por cadmio.

2.4. Definición de términos básicos

- Remoción de contaminantes del agua contaminada: Es el proceso de tratamiento por el que pasa el agua para eliminar cualquier tipo de contaminante. Para poder lograr esto el recurso hídrico debe pasar por varias etapas para que pueda volver a ser utilizado (Curasma y Sandoval, 2019).
- Turbidez: Es una propiedad óptica que provoca que la luz se disperse y absorba, en lugar de ser transmitida. La dispersión de la luz que atraviesa un líquido es provocada principalmente por los sólidos suspendidos. A mayor turbidez, mayor será la luz dispersa (Paredes y Ñique, 2015).

- pH: Es la medida de la concentración del ion hidrógeno en el agua. Específicamente se usa para ver si el agua residual es ácida o alcalina. Se establece que si el pH es menor a 7 se denomina ácido y si es mayor a 7 se denomina alcalino o básico; y si toma el valor de 7 se denomina neutro. Respecto al valor de este parámetro, para ser descargado a un cuerpo de agua o se use con fines de reutilización esta debe tener un valor entre 6.5 y 8.5 (Nuñez, 2016)

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis General

El proceso de fitorremediación con macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín.

3.1.2. Hipótesis específica

- La especie de macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín.
- La masa de las macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín.
- El tiempo de retención de las macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín

3.1.3. Operacionalización de variables

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

TÍTULO: PROCESO DE FITORREMIEDIACIÓN CON MACRÓFITAS FLOTANTES EN LA REMOCIÓN DE CADMIO DEL AGUA DE LA LAGUNA DE RICURICOCHA, TARAPOTO – SAN MARTÍN.

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Valores e Índices	Método	Técnica	Instrumentos
Variable Independiente: PROCESO DE FITORREMIEDIACIÓN CON MACRÓFITAS FLOTANTES	La fitorremediación es un concepto antiguo que implica el uso de la capacidad natural de las plantas para absorber contaminantes del agua (Curasma y Sandoval, 2019).	Las condiciones de operación del proceso de fitorremediación con macrófitas flotantes (Vi) se evalúan tomando en cuenta la capacidad natural de las plantas y parámetros del proceso (D) de acuerdo con sus indicadores medibles y observables. (I), a través de las fichas de registro y la balanza analítica. (Inst)	Capacidad natural de las plantas Parámetro del proceso	Especie Masa Tiempo de retención	Lenteja de agua Jacinto de agua 100 g 300 g 7 días 15 días	Analítico Analítico	Observación Observación	Ficha de registro Balanza analítica Ficha de registro
Variable Dependiente: REMOCIÓN DE CADMIO DEL AGUA	El cadmio es un parámetro inorgánico que se le reconoce como uno de los metales pesados con mayor tendencia a acumularse en las plantas (Lazaro y Salazar, 2022).	Remoción de cadmio del agua (Vd) se evalúa tomando en cuenta los parámetros inorgánicos (D); de acuerdo con sus indicadores medibles. (I), a través de la ficha de registro. (Inst)	Parámetro inorgánico	Concentración de cadmio	Porcentaje de remoción: $\frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100\%$	Analítico	Observación	Ficha de Registro

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1 Diseño metodológico

Este trabajo de investigación constó de tres fases:

1. Recopilación de Información:

En esta primera fase se llevó a cabo el levantamiento de información sobre el estado de la caracterización del agua de la laguna Ricuricocha. Se recopilaron los datos sobre la calidad del agua, con énfasis en la concentración de cadmio. Para ello se realizó un análisis documental de los estudios previos que se hayan realizado en la zona y observación de la misma.

2. Análisis de datos

En la segunda fase se analizó los datos recopilados en la fase anterior con el uso del software SPSS. Se utilizó técnicas estadísticas y de modelado para analizar la información y evaluar la hipótesis.

3. Constatación de hipótesis

En la última fase se aplicó técnicas estadísticas de prueba de hipótesis para evaluar la hipótesis planteada. Se evaluó si la aplicación del proceso de fitorremediación con macrófitas efectivamente remueve el cadmio del agua de la laguna Ricuricocha.

4.2 Método de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada por que los conocimientos desarrollados van a ayudar a resolver un problema. Por su enfoque es cuantitativo, ya que toma en cuenta los principios teóricos y emplea métodos cuantitativos para la recolección de datos. Por su nivel es explicativo, debido a que se tiene una relación causal, recogiendo la información sobre las variables en estudio para describir las características y rasgos importantes de las mismas y encontrar las causas del mismo (Hernández Sampieri, 2014).

4.3 Población y muestra

4.3.1. Población

La población está compuesta por las aguas en la laguna Ricuricocha.

4.3.2. Muestra

Para la toma de muestra del agua, la Autoridad Nacional del Agua afirmó que la toma de muestra se realiza de tipo integrada, la cual consiste en la homogenización de muestras puntuales tomadas en diferentes puntos simultáneamente, con la finalidad de conocer las condiciones de calidad de agua promedio en los cuerpos de agua (ANA, 2016).

4.4 Lugar del estudio

El Departamento de San Martín está ubicado en la parte septentrional del territorio peruano, entre los paralelos 5°24' y 8°47' de latitud sur a partir del Ecuador y los meridianos 75°27' y 77°84' longitud oeste. Limita por el norte con el departamento de Loreto, por el oeste con los departamentos de Loreto y Huánuco y por el este con los departamentos de la Libertad y Amazonas, abarca territorios de Selva Alta y Baja.

Comprende políticamente 10 provincias y 77 distritos, siendo la capital la ciudad de Moyobamba (860 m.s.n.m.). El proyecto estará ubicado en la laguna de Ricuricocha dentro del distrito de Tarapoto, provincia y región de San Martín (Figura 1 y 2).

Figura 1

Mapa de ubicación de la laguna Ricuricocha.



Nota: Extraído de Google Earth con fecha 12 de mayo del 2023

Figura 2

Mapa de ubicación donde se realizará el humedal artificial.



Nota: Extraído de Google Earth con fecha 12 de mayo del 2023

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.

4.5.1. Técnicas

Observación directa: Se visitó la ubicación donde se creó el humedal y se realizó una inspección visual de la zona. Esta técnica ayudó a recopilar información sobre el uso del agua, posibles fuentes de contaminación, la flora y fauna del área, y otros factores importantes para el diseño del humedal.

Análisis de laboratorio: Para determinar la concentración de cadmio, en el agua que se desea descontaminar, se van a realizar análisis de laboratorio. Estos análisis proporcionarán datos precisos y confiables que son esenciales para medir la eficacia del humedal.

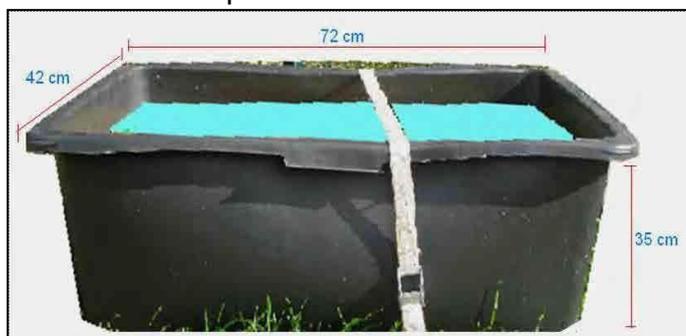
Experimentos en pequeña escala: Se realizó el experimento en pequeña escala para determinar la efectividad del humedal para descontaminar el agua.

4.5.2. Instrumentos

Construcción de humedales artificiales

García (2012) afirmó: “Los tanques serán de profundidad 35 cm, de ancho 72 cm y de largo 42 cm. Estos tanques servirán como base para el humedal artificial y se utilizarán al 87.5% de su altura total”.

Figura 3
Modelo de Tanque



Se manejó 5 grupos con 3 repeticiones cada uno, dando un total de 15 tanques que serán llenados con 50 litros de agua de la laguna de Ricuricocha, volumen que irá disminuyendo ya que se estaría extrayendo muestras para ser procesadas en el laboratorio. Todos los tanques serán ubicados en el mismo espacio (Flores, 2014).

- El primer grupo servirá como muestra de control del experimento, estará sin ninguna siembra de plantas macrófitas.
- En el segundo grupo se sembrará 100 g de *Lemna minor*.
- En el tercer grupo se sembrará 300 g de *Lemna minor*.
- En el cuarto grupo se sembrará 100 g *Eichhornia crassipes*
- En el quinto grupo se sembrará 300 g *Eichhornia crassipes*.

Medición de parámetros físico – químicos

Se llevó a cabo la medición de los parámetros físico-químicos del agua en tres momentos clave: al momento de la siembra 0 días, a los 7 días y a los 15 días de funcionamiento de los humedales. La concentración de Cadmio pesados fue enviado al laboratorio de ensayo Analytical laboratory E.I.R.L., acreditado por el organismo de acreditación INACAL-DA con registro N° LE – 097.

4.6 Análisis y procedimientos de datos

Para la presente investigación se utilizó el programa estadístico SPSS. Dado que se trata de un diseño experimental con cinco grupos y tres repeticiones cada uno, se realizó la prueba de normalidad y una vez comprobada la distribución normal, se utilizó el modelo estadístico de Análisis de Varianza para todos los grupos experimentales.

El ANOVA permitió determinar si existen diferencias significativas en la concentración de cadmio, entre los diferentes grupos de tratamientos. Además, al tener muestra control, se podrá evaluar la capacidad de remoción de cadmio del agua de la laguna por especie.

4.7 Aspectos éticos de la investigación

En la presente tesis titulada: “Proceso de fitorremediación con macrófitas flotantes en la remoción de cadmio del agua de la laguna de Ricuricocha, Tarapoto – San Martín”, la tesista señala que su responsabilidad, autenticidad y confiabilidad con respecto a la autoría de otros estudios, con el código de ética de investigación aprobado por RDU N° 210-2017-CU, así como con la directiva N° 004-2022-r, ambas establecidas por la Universidad Nacional del Callao.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

A continuación, se proceden a detallar los resultados obtenidos en los tratamientos:

5.1.1. Resultados del tratamiento control

La tabla 2 muestra los resultados de las mediciones de cadmio en el agua de la laguna, contenida en el tanque con grava y sin macrófitas flotantes. Se realizaron tres mediciones a los 0, 7 y 15 días.

Tabla 2

Caracterización del agua en el tratamiento control

Parámetro	Unid.	Resultados		
		0 días	7 días	15 días
Cadmio	mg/L	0.00086	0.00076	0.00062
		0.00080	0.00072	0.00065
		0.00085	0.00075	0.00067

5.1.2. Resultados del tratamiento con *Lemna minor*

La tabla 3 muestra los resultados de las mediciones de cadmio en el agua de la laguna, contenida en el tanque con grava y *Lemna minor*. Se realizaron tres mediciones a los 0, 7 y 15 días.

Tabla 3Caracterización del agua en los tratamientos con *Lemna minor*

Parámetro	Unid.	Masa de especie	Resultados		
			0 días	7 días	15 días
Cadmio	mg/L	100 g	0.00080	0.00072	0.00032
			0.00085	0.00076	0.00028
			0.00085	0.00078	0.00028
		300 g	0.00075	0.00060	0.00018
			0.00084	0.00069	0.00017
			0.00089	0.00072	0.00014

5.1.2. Resultados del tratamiento con *Eichhornia crassipes*:

La tabla 4 muestra los resultados de las mediciones de cadmio en el agua de la laguna, contenida en el tanque con grava y *Eichhornia crassipes*. Se realizaron tres mediciones a los 0, 7 y 15 días.

Tabla 4Caracterización del agua en los tratamientos con *Eichhornia crassipes*

Parámetro	Unid.	Masa de especie	Resultados		
			0 días	7 días	15 días
Cadmio	mg/L	100 g	0.00082	0.00065	0.00022
			0.00085	0.00066	0.00026
			0.00078	0.00068	0.00025
		300 g	0.00089	0.00066	0.00014
			0.00087	0.00068	0.00015
			0.00086	0.00068	0.00012

5.1.3 Procesamiento de los resultados obtenido

Los resultados obtenidos en la parte experimental han sido procesados utilizando el programa SPSS. En la tabla 5 se muestra los resultados de la concentración de cadmio obtenidos de acuerdo con la interacción de los 3 factores y sus niveles.

Tabla 5

Resultados de la concentración de Cadmio de acuerdo a la interacción de los factores y niveles

		C: Masa			
		0: Sin Masa	1: 100 g	2: 300 g	
		B: Especie			
A:	0: Sin Especie	1: Lenteja	2: Jacinto	1: Lenteja	2: Jacinto
Tiempo		de agua	de agua	de agua	de agua
0 días	0.00086	0.00080	0.00082	0.00075	0.00089
	0.00080	0.00085	0.00085	0.00084	0.00087
	0.00085	0.00085	0.00078	0.00089	0.00086
7 días	0.00076	0.00072	0.00065	0.00060	0.00066
	0.00072	0.00076	0.00066	0.00069	0.00068
	0.00066	0.00078	0.00068	0.00072	0.00068
15 días	0.00062	0.00032	0.00022	0.00018	0.00014
	0.00065	0.00028	0.00026	0.00017	0.00015
	0.00067	0.00028	0.00025	0.00014	0.00012

5.2. Resultados inferenciales

5.2.1 Prueba de Normalidad

A continuación, se presentará la prueba de normalidad según Shapiro-Wilk, dado que son 45 muestras para las variables y sus dimensiones; esto debido a que la prueba de hipótesis de la relación entre ambas variables requiere el tipo de distribución de los datos.

Tabla 6

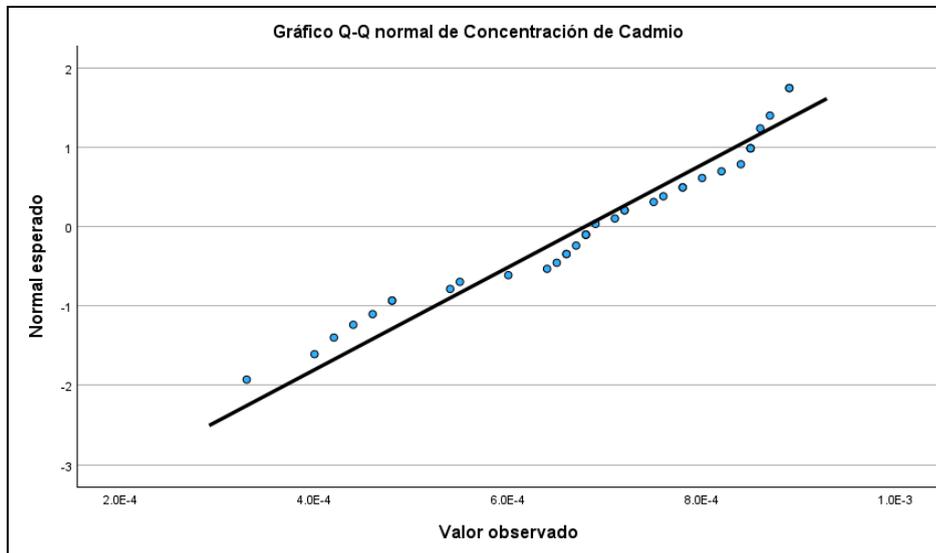
Prueba de Normalidad

Especie	Tiempo (días)	Masa (g)		Pruebas de normalidad		
				Shapiro-Wilk	Estadístico	gl
Jacinto de agua	0	100	Cadmio (mg/L)	0.993	3	0.843
		300	Cadmio (mg/L)	0.964	3	0.637
	7	100	Cadmio (mg/L)	0.964	3	0.637
		300	Cadmio (mg/L)	0.750	3	0.642
	15	100	Cadmio (mg/L)	0.923	3	0.463
		300	Cadmio (mg/L)	0.964	3	0.637
Lenteja de agua	0	100	Cadmio (mg/L)	0.750	3	0.643
		300	Cadmio (mg/L)	0.974	3	0.688
	7	100	Cadmio (mg/L)	0.964	3	0.637
		300	Cadmio (mg/L)	0.923	3	0.463
	15	100	Cadmio (mg/L)	0.75	3	0.642
		300	Cadmio (mg/L)	0.923	3	0.463

En la Tabla 6, se aprecia que, para la concentración de cadmio, el estadístico de Shapiro Wilk, tiene un valor un valor de p (Sig.) >0.05 ; lo que indica que la distribución de los datos en esta variable sigue una distribución normal y se tiene que utilizar pruebas paramétricas.

La distribución normal, se confirma con la siguiente figura:

Figura 4
Gráfica de concentración de cadmio



Utilizando el SPSS se calcula la tabla de Análisis de varianza (ANOVA) para los tres factores y su interacción.

Tabla 7
Análisis de varianza (ANOVA)

Variable dependiente: Concentración de cadmio

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2.905E-6 ^a	14	2.08E-07	193.7365	0.0000
Intersección	1.65E-05	1	1.65E-05	15374.9	0.0000
Especie	4.44E-09	1	4.44E-09	4.149378	0.0506
Tiempo	2.38E-06	2	1.19E-06	1109.77	0.0000
Masa	1.69E-08	1	1.69E-08	15.77801	0.0004
Especie * Tiempo * Masa	3.17E-07	9	3.52E-08	32.88313	0.0000
Error	3.21E-08	30	1.07E-09		

Total 1.98E-05 45

Medias marginales

Tabla 8

Medias marginales estimadas para el factor Tiempo

Variable dependiente: Concentración de Cadmio

Factor		Media	Desv. Error
	0	0.00084	0.0000
Tiempo	7	0.00069	0.0000
	15	0.00030	0.0000

Hipótesis 1 Factor A: Tiempo

Ho: No existe diferencia significativa entre los promedios de concentración de cadmio debido al tiempo de medición (0, 7 y 15 días).

H1: Sí existe diferencia significativa entre los promedios de concentración de cadmio debido al tiempo de medición (0, 7 y 15 días).

- **Interpretación:** Al ser el valor de p (Sig.) igual a 0.000 (Tabla 8) valor < 0.05, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (H1). Es decir, sí existe diferencia significativa entre los promedios de la concentración de cadmio debido al tiempo de medición en tres niveles (0, 7 y 15 días).
- **Resultado:** Con un nivel de significancia de 5% los datos recopilados nos dan evidencia de que sí existe diferencia significativa entre los promedios de concentración de cadmio, debido al tiempo de medición (0, 7 y 15 días). El promedio de concentración de cadmio al día 0 es 0.00084, al día 7 es 0.00069 y al día 15 es 0.00030.

Tabla 9

Medias marginales estimadas para el factor Especie

Variable dependiente: Concentración de Cadmio

Factor		Media	Desv. Error
Especie	Lenteja de agua	0.00059	0.0506
	Jacinto de agua	0.00056	0.0506

Hipótesis 2 Factor B: Especie

Ho: No existe diferencia significativa entre los promedios de concentración de cadmio debido a la especie a utilizar (Lenteja de agua y Jacinto de agua).

H1: Sí existe diferencia significativa entre los promedios de concentración de cadmio debido a la especie a utilizar (Lenteja de agua y Jacinto de agua).

- **Interpretación:** Al ser el valor de p (Sig.) igual a 0.000 (Tabla 9) valor > 0.05, se rechaza la hipótesis alterna (H1) y se acepta hipótesis nula (Ho). Es decir, no existe diferencia significativa entre los promedio de la concentración de cadmio debido a la especie a utilizar (Lenteja de agua y Jacinto de agua).
- **Resultado:** Con un nivel de significancia de 5% los datos recopilados nos dan evidencia de que no existe diferencia significativa entre los promedios de concentración de cadmio, debido a la especie a utilizar (Lenteja de agua y Jacinto de agua). El promedio de concentración de cadmio con la especie lenteja de agua es 0.00059 y con la especie Jacinto de agua es 0.00056.

Tabla 10

Medias marginales estimadas para el factor Masa

Variable dependiente: Concentración de Cadmio

Factor		Media	Desv. Error
Masa	100 g	0.00060	0.0004
	300 g	0.00055	0.0004

Hipótesis 3 Factor C: Masa

Ho: No existe diferencia significativa entre los promedios de concentración de cadmio debido a la masa a utilizar (100 g y 300 g).

H1: Sí existe diferencia significativa entre los promedios de concentración de cadmio debido a la masa a utilizar (100 g y 300 g).

- **Interpretación:** Al ser el valor de p (Sig.) igual a 0.0004 (Tabla 10) valor < 0.05 , se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1). Es decir, sí existe diferencia significativa entre los promedio de la concentración de cadmio debido a la masa a utilizar (100 g y 300 g).
- **Resultado:** Con un nivel de significancia de 5% los datos recopilados nos dan evidencia de que sí existe diferencia significativa entre los promedios de concentración de cadmio, debido a la masa a utilizar (100 g y 300 g). El promedio de concentración de cadmio con 100 g es 0.00060 y con 300 g es 0.00055.

Tabla 11

Análisis de media y desviación de los factores e interacciones

Variable dependiente: Concentración de Cadmio

Tiempo	Especie	Masa	Media	Desv. Error
0	Lenteja de agua	100 g	0.00083	0.000
		300 g	0.00083	0.000
	Jacinto de agua	100 g	0.00082	0.000
		300 g	0.00087	0.000
7	Lenteja de agua	100 g	0.00075	0.000
		300 g	0.00067	0.000
	Jacinto de agua	100 g	0.00066	0.000
		300 g	0.00067	0.000
15	Lenteja de agua	100 g	0.00029	0.000
		300 g	0.00016	0.000
	Jacinto de agua	100 g	0.00024	0.000
		300 g	0.00014	0.000

Hipótesis 4 Factor AxBxC: Tiempo x Especie x Masa

Ho: No existe diferencia significativa entre los promedios de concentración de cadmio debido a la interacción de tres niveles de tiempo (0, 7 y 15 días), dos niveles de especie (Lenteja de agua y Jacinto de agua) y de masa (100 g y 300 g).

H1: Sí existe diferencia significativa entre los promedios de concentración de cadmio debido a la interacción de tres niveles de tiempo (0, 7 y 15 días), dos niveles de especie (Lenteja de agua y Jacinto de agua) y de masa (100 g y 300 g).

- **Interpretación:** Al ser el valor de p (Sig.) igual a 0.889 (Tabla 11) valor < 0.05, se acepta la hipótesis nula (Ho). Es decir, sí existe diferencia significativa entre los promedios de la concentración de cadmio debido a

la interacción de tres niveles de tiempo (0, 7 y 15 días), dos niveles de especie (Lenteja de agua y Jacinto de agua) y de masa (100 g y 300 g).

- **Resultado:** Con un nivel de significancia de 5% los datos recopilados nos dan evidencia de que sí existe diferencia significativa entre los promedios de concentración de cadmio, debido a la interacción de tres niveles de tiempo (0, 7 y 15 días), dos niveles de especie (Lenteja de agua y Jacinto de agua) y dos niveles de masa (100 g y 300 g).

Prueba Post hoc

Estadísticamente, con el Análisis de varianza se ha demostrado que hay diferencia significativa en los promedios de concentraciones de cadmio debido al factor tiempo y teniendo uno de los tres niveles a 0 días como grupo control, se debe realizar la comparación de pares con cada uno de los otros dos niveles de tiempo, 7 y 15 días utilizando la Prueba de Dunnett. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 12

Prueba de Dunnett

(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia de		
		medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
7	0	-0.0001475*	0.00001574	<0.001
15	0	-0.0003275*	0.00001574	<0.001

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Aquí observamos que si existe diferencia significativa entre los promedios de cadmio a los 7 días con el control a los 0 días (Sig < 0.001), lo mismo ocurre entre los 15 días y el control a los 0 días (Sig < 0.001).

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis de los resultados

Hipótesis General.

La hipótesis general: “El proceso de fitorremediación con macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín.” Se contrastó con los resultados obtenidos, lo cual nos permite determinar si nuestra hipótesis planteada es aceptada o rechazada.

Ho: No existe diferencia significativa entre los promedios de concentración de cadmio debido a la interacción de tres niveles de tiempo (0, 7 y 15 días), dos niveles de especie (Lenteja de agua y Jacinto de agua) y masa (100 g y 300 g).

H1: Sí existe diferencia significativa entre los promedios de concentración de cadmio debido a la interacción de tres niveles de tiempo (0, 7 y 15 días), dos niveles de especie (Lenteja de agua y Jacinto de agua) y masa (100 g y 300 g).

De acuerdo con los resultados, se obtuvo que el proceso de fitorremediación con macrófitas flotantes sí influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín. Esto se demuestra con los resultados de concentración de cadmio obtenidos, siendo el valor promedio más bajo 0.00014 mg/L, con un nivel de significación 5%; siendo las mejores condiciones para el proceso de fitorremediación, la interacción del uso de Jacinto de agua, con 300 g de masa y a los 15 días.

Hipótesis Específica 1.

La hipótesis específica 1: “La especie de macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín.” Se contrastó con los resultados obtenidos, lo cual nos permite determinar si nuestra hipótesis planteada es aceptada o rechazada.

Ho: No existe diferencia significativa entre los promedios de concentración de cadmio debido a la especie a utilizar (Lenteja de agua y Jacinto de agua).

H1: Sí existe diferencia significativa entre los promedios de concentración de cadmio debido a la especie a utilizar (Lenteja de agua y Jacinto de agua).

De acuerdo con los resultados obtenidos, se obtuvo que la especie de macrófitas flotantes no influye en la remoción de cadmio en el agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín; con un nivel de significación de 5%; siendo la efectividad de la Lenteja de agua y Jacinto de agua la misma para el proceso de fitorremediación.

Hipótesis Específica 2.

La hipótesis específica 2: “La masa de las macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín.” Se contrastó con los resultados obtenidos, lo cual nos permite determinar si nuestra hipótesis planteada es aceptada o rechazada.

Ho: No existe diferencia significativa entre los promedios de concentración de cadmio debido a la masa a utilizar (100 g y 300 g).

H1: Sí existe diferencia significativa entre los promedios de concentración de cadmio debido a la masa a utilizar (100 g y 300 g).

De acuerdo con los resultados obtenidos, la masa a utilizar sí influye en la remoción de cadmio en el agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín; con un nivel de significación de 5%; siendo las mejores condiciones para el proceso con el uso de 300 g de masa.

Hipótesis Específica 3.

La hipótesis específica 3: “El tiempo de retención de las macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín.” Se contrastó con los resultados obtenidos, lo cual nos permite determinar si nuestra hipótesis planteada es aceptada o rechazada.

Ho: No existe diferencia significativa entre los promedios de concentración de cadmio debido al tiempo de medición (0, 7 y 15 días).

H1: Sí existe diferencia significativa entre los promedios de concentración de cadmio debido al tiempo de medición (0, 7 y 15 días).

De acuerdo con los resultados obtenidos, el tiempo de retención a utilizar sí influye positivamente en la remoción de cadmio en el agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín; con un nivel de significación de 5%; siendo las mejores condiciones para el proceso fitorremediación planteado con el uso de 15 días.

6.2. Contratación de resultados con otros estudios similares

El presente trabajo de investigación contrasta con los autores Ramos y Gualán (2016) en los resultados obtenidos con relación a que existe diferencia significativa en la efectividad de proceso de fitorremediación y el uso diferentes macrófitas flotantes, con valores de nivel de significancia al 5% y medición a los 0, 14 y 21 días. Con que a mayor tiempo de retención mayor es la remoción de contaminantes.

Así mismo, se coincide con Flores (2014) y Vizcaino y Fuentes (2016), quienes identificaron que existe una relación directamente proporcional entre la masa de las plantas y la capacidad de remoción de contaminantes, en este caso del cadmio.

Finalmente, el estudio realizado por Malaver (2013) reafirma los resultados mostrados al concordar que el porcentaje de remoción de contaminantes es significativamente mayor en el tanque con *Lemna minor* que en el sistema testigo, esto indica claramente que además de la remoción por sedimentación simultáneamente se presenta la retención a causa de la asimilación.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

La autora de la investigación se responsabiliza por la información emitida en la presente tesis, estando de acuerdo con el Reglamento del Código de Ética de la Investigación de la UNAC, Resolución de Consejo Universitario No 260-2019-CU., donde se señala los principios éticos como norma de comportamiento conductual, por ello la tesista es responsable del proceso y procedimiento de diseño, desarrollo de esta investigación.

VII. CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye que, el proceso de fitorremediación con Macrófitas flotantes sí influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín. De acuerdo con la prueba estadística ANOVA para un experimento trifactorial, resultó $p < 0.05$. Y se obtuvo como porcentaje de remoción máximo 16%.
- De acuerdo con la prueba estadística ANOVA para un experimento trifactorial, resultó $p > 0.05$. Se concluye que la especie de macrófitas flotantes a utilizar no influyó en la remoción de cadmio del agua de la laguna; Debido a que ambas especie mostraron resultados similares para la remoción de cadmio en el agua. Siendo sus mejores resultado de concentración media de cadmio de 0.00014 mg/L con el uso de Jacinto de agua y 0.00016 mg/L con el uso de Lenteja de agua.
- De los resultados se concluye que la masa de las macrófitas flotantes influye en la remoción del cadmio del agua de la laguna, obteniéndose una mejor capacidad de remoción con el uso de 300 g de macrófitas flotantes. De acuerdo con la prueba estadística ANOVA para un experimento trifactorial, resultó $p < 0.05$.
- De acuerdo con los resultados se concluye que el tiempo de retención influye en la remoción del cadmio del agua de la laguna, obteniéndose una mayor capacidad de remoción al día 15 de medición. De acuerdo con la prueba estadística ANOVA para un experimento trifactorial, resultó $p < 0.05$.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar especie de macrófitas flotantes que se encuentre con mayor presencia en el cuerpo de agua, al no obtener diferencia significativa entre los resultados de cadmio disuelto en uso de Lenteja o Jacinto de agua.
- Se recomienda trabajar con mayor o igual tiempo de retención al de 15 días por la tendencia mostrada de remoción de cadmio del agua de la laguna en el proceso de fitorremediación.
- Se recomienda utilizar 300 g de especie de macrófitas flotantes para obtener la capacidad máxima de remoción de cadmio del agua de la laguna en el proceso de fitorremediación.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCIONA. Tratamiento de agua. 2023. Fecha de consulta: 26 de abril del 2023. Disponible en: https://www.accionacom.com/es/tratamiento-de-agua/?_adin=02021864894

ALARCÓN, María, ZURITA, Florentina, LARA-BORRERO, Jaime y VIDAL, Gladys. *Humedales de tratamiento: alternativa de saneamiento de aguas residuales aplicable en América Latina*. Bogotá. 2018. Pontificia Universidad Javeriana.

AGENCIA PERUANA DE NOTICIAS ANDINA. Fiestas Patrias: visite San Martín y disfrute de sus maravillosos atractivos naturales. 2023. Fecha de consulta: 27 de julio del 2023. Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-fiestas-patrias-visite-san-martin-y-disfrute-sus-maravillosos-atractivos-naturales-948938.aspx>

ARANDA, Gloria. Calidad del agua y nivel de arsénico en el distrito de Pichari, provincia de La Convención, Cusco, Perú [en línea]. 2020. Repositorio Institucional de la Universidad Peruana Unión. Fecha de consulta: 28 de marzo del 2023. Disponible en: https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3120/Gloria_Tesis_Licenciatura_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. Problemática de la contaminación del agua en el Perú [en línea]. 2015. Fecha de consulta: 15 de abril del 2023. Disponible en: http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/1_problematika_de_la_contaminacion_del_agua_en_el_peru_0_2.pdf

CARREÑO, Uriel. Tratamientos de aguas industriales con metales pesados a través de zeolitas y sistemas de biorremediación. Revisión del estado de la cuestión. [en línea] *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 15(1), 70–78. 2014. Fecha de consulta: 01 de abril del 2023. Disponible en: <https://doi.org/10.19053/1900771X.3940>

CELIS, José, JUNOD, Julio y SANDOVAL, Marco. Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. [en línea] *Theoria*, vol. 14, núm. 1, 2005, pp. 17-25 Universidad del Bío Bío. Fecha de consulta: 23 de marzo del 2023. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29900103>

CHACON, Jacinto. Implementación de Wetlands para mejorar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria procesadora agropecuaria Esmeralda S.A. [Tesis para optar por el grado de Ingeniero Sanitario, Universidad Nacional de Ingeniería]. [en línea]. Lima. 2015. Fecha de consulta: 01 de abril del 2023. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.14076/5086>

CHUQUIBALA, Mervi y SÁNCHEZ Hipattia. *Determinación de la eficiencia de remoción de contaminantes del afluente doméstico mediante la aplicación de Eichhornia crassipes y Lemma minor en el anexo El Molino, distrito de Chachapoyas, provincia de Chachapoyas, departamento de Amazonas 2016* [Tesis Para Obtener El Título Profesional De Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza De Amazonas]. [en línea] Repositorio Institucional UNTRM. 2017. Fecha de consulta: 12 de abril del 2023. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14077/1426>

COOPER, Paul. *Reed Beds and Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. WRc Publications. [en línea] . 1996. Fecha de consulta: 12 de abril del 2023. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=6uudQgAACAAJ> (Obra original publicada en 1996)

CORONEL, Elver. Eficiencia del Jacinto de agua y lenteja de agua, en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas - Chachapoyas (Tesis de pregrado). 2011. Fecha de consulta: 27 de marzo del 2023. Disponible en: <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/657>

CURASMA, Marco y SANDOVAL Estefani. *Evaluación de la Eficiencia de un Sistema Integrado de Biopelícula y Fitorremediación con Nasturtium Officinale (Berro) para el Tratamiento de Agua Residual Municipal en Huancavelica* [Para Optar el Título Profesional de: Ingeniero Ambiental Y Sanitario, Universidad Nacional de Huancavelica]. [en línea] Repositorio Institucional UNH. 2019. Fecha de consulta: 23 de marzo del 2023. Disponible en: <http://revistas.unat.edu.pe/index.php/RevTaya/article/view/168/136>

DELGADILLO, Oscar, CAMACHO, Alan, PÉREZ, Luis, y ANDRADE, Mauricio. *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua (Centro AGUA), Cochabamba – Bolivia. 2010.

FLORES, Melissa. *Aplicación de Humedal Artificial con Macrófitas Flotantes en la Recuperación de Aguas Residuales Domésticas, Moyobamba - San Martín*. Tesis para optar el grado de Ingeniero Sanitario. Facultad de Ecología, Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú. 2014. Universidad Nacional de San Martín. Fondo Editorial.

GARCÍA, Zarela. *Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas* [Tesis Para Obtener El Título Profesional De Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional de Ingeniería]. [en línea] Registro Nacional de Trabajos de Investigación. 2012. Fecha de consulta: 01 de abril del 2023. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.14076/1292>

GOBIERNO REGIONAL DE SAN MARTÍN. *La contaminación del agua y su impacto en la salud humana y ambiental en la provincia de Rioja* [en línea]. 2017. Fecha de consulta: 28 de marzo del 2023. Disponible en: <https://www.regionsanmartin.gob.pe/OriArc.pdf?id=78162>

GÓMEZ, Yelhsin. *Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales verticales empleando *Cyperus alternifolius* y *Chrysopogon zizanioides* para el tratamiento de aguas servidas* [Tesis para Optar el Título de Ingeniero Agrícola, Universidad

Nacional Agraria La Molina]. [en línea] Repositorio institucional - UNALM. 2017. Fecha de consulta: 23 de marzo del 2023. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2875>

HERNÁNDEZ, Sampieri. Metodología de la Investigación (6ta edición). McGraw-Hill Interamericana. 2014. ISBN: 978-607-15-0300-4.

HENRY, Glynn, HEINKE, Gary. Ingeniería Ambiental. 2da Edición SBN 970-17-0266-2 [en línea]. 1999. Fecha de consulta: 01 de abril del 2023. Disponible en: https://biblioasesorbogota.files.wordpress.com/2013/04/ingenieria-ambiental_glynn.pdf

HUAMÁN, Wilfredo y RÍOS, Valeria. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua en la cuenca del río Quilca, Arequipa, Perú [en línea]. Revista de Investigación Académica, sin volumen ni número, 1-12. 2021. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo. Fecha de consulta: 15 de abril del 2023. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/77137/Huam%C3%A1n_SW-R%C3%ADos_ACV-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

LUGO, Denis, BARBOZA, Mejía y GARCÍA Álvarez. Aplicación de la técnica de fitorremediación en la remoción de contaminantes en la laguna de Ricuricocha [Artículo de revista]. Revista Científica Tecnológica de la Universidad Señor de Sipán, Tecnología en Marcha, 12(3), 71-78. 2019. doi: 10.26495/tzh.v12i3.1326

MALAVÉ, Andres. Evaluación de un Humedal artificial de flujo superficial empleando lenteja de agua (*Lemna minor*) para el tratamiento de aguas residuales generadas por la industria de curtiembres. [*Universidad Libre*]. [en línea] Repositorio Institucional de la Universidad Libre. 2013. Fecha de consulta: 10 de abril del 2023. Disponible en: [https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/9999/Evaluación%20de%20un%20Humedal%20artificial%20de%20flujo%20superficial%20empleando%20lenteja%20de%20agua%20\(Lemna%20minor\)%20.pdf?sequence=1](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/9999/Evaluación%20de%20un%20Humedal%20artificial%20de%20flujo%20superficial%20empleando%20lenteja%20de%20agua%20(Lemna%20minor)%20.pdf?sequence=1)

MARÍN, Jhoan y CORREA, Juan. Evaluación de la remoción de contaminantes en aguas Residuales en humedales artificiales utilizando la *Guadua Angustifolia* Kunth [Tesis de maestría, Universidad Tecnológica de Pereira]. Repositorio Institucional de la Universidad Tecnológica de Pereira. 2015. Fecha de consulta: 05 de abril del 2023. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.co/items/71d34d44-8d8c-40e9-a974-31855ab27731>

MARTELO, Jorge y LARA, Jaime. Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales una revisión del estado del arte. [en línea] *Ingeniería y Ciencia*, 8(15), 221–243. 2012. Fecha de consulta: 01 de abril del 2023. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4111241>

MAZZEO, Claudia. Humedales construidos: opción desaprovechada en la región. 2020. Fecha de consulta: 02 de abril del 2023. Disponible en: <https://www.scidev.net/america-latina/news/humedales-construidos-opcion-desaprovechada-en-la-region/>

MERO, Mariuxi et al. Concentración de cadmio en agua, sedimentos, *eichhornia crassipes* y *pomacea canaliculata* en el río guayas (ecuador) y sus afluentes. *Rev. Int. Contam. Ambient* [online]. 2019. Fecha de consulta: 18 de abril del 2023. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992019000300623&lng=es&nrm=iso. Epub 21-Ago-2019. ISSN 0188-4999. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.03.09>.

NUÑEZ, Reyna. *Tratamiento de aguas residuales domésticas a nivel familiar, con Humedales Artificiales de flujo subsuperficial Horizontal, mediante la especie macrófita emergente Cyperus Papyrus (Papiro)* [Tesis Para Obtener El Título Profesional De Ingeniero Ambiental, Universidad Peruana Unión]. [en línea] Repositorio UPEU. 2016. Fecha de consulta: 10 de abril del 2023. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12840/555>

LAZARO, Wilder y SALAZAR, Huber. Evaluación fisicoquímica y bacteriológica del agua para consumo humano en el Centro Poblado de Pueblo Libre. [en línea]. Repositorio UNH. 2022. Fecha de consulta: 28 de abril del 2023. Disponible en: <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/fe88d3f5-50a5-488f-8c0b-78bdf24f1b6a/content>

LÓPEZ, Gabriela. Alarmante contaminación en ríos y lagos de Guatemala. 2016. Fecha de consulta: 15 de abril del 2023. Disponible en: <https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/la-alarmanete-contaminacion-en-los-rios-y-lagos-de-guatemala/>

PAREDES, Jose y ÑIQUE, Manuel. Optimización De La Fitorremediación De Mercurio En Humedales De Flujo Continuo Empleando Eichhornia crassipes "Jacinto de agua". *Investigación y Amazonía*, 5(1-2), 44–49. 2015. Fecha de consulta: 12 de abril del 2023. Disponible en: <https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/57/44>

RAMOS, Galo y GUALÁN, Segundo. Evaluación del pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) y lenteja de agua (*Lemna minor*) como especies fitorremediadoras para el tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Chicaña, provincia de Zamora Chinchipe. Repositorio Digital - Universidad Nacional de Loja Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Ecuador. 2016. Fecha de consulta: 10 de abril del 2023. Disponible en: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/14140>

SEHIRCILIK, Bakanlgi. Tratamiento y reuso de aguas residuales. SINIA. 2009. Fecha de consulta: 23 de marzo del 2023. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39054>

TELEDYNE-TEKMAR. Manual de usuario de la antorcha. USA: Mason. 2014. Fecha de consulta: 10 de abril del 2023

VÁSQUEZ, Jhenson. Remoción de materia orgánica de las aguas residuales de la Universidad Cesar Vallejo - Trujillo utilizando jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en humedales artificiales [Tesis de pregrado, Universidad César

Vallejo]. 2019. Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo. Fecha de consulta: 10 de abril del 2023. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/33468>

VIZCAINO, Lisette y FUENTES, Natalia. Efectos De Eisenia Foetida Y Eichhornia Crassipes En La Remoción De Materia Orgánica, Nutrientes Y Coliformes En Efluentes Domésticos. [en línea]. 2016. vol.19, n.1, pp.189-198. Fecha de consulta: 12 de abril del 2023. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262016000100022&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0123-4226.

ZARZA, Laura. ¿Qué son las aguas residuales?. [en línea]. España. 2017. iAgua. Fecha de consulta: 12 de abril del 2023. Disponible en: <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-residuales>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia Tabla 13

TÍTULO: PROCESO DE FITORREMIEDIACIÓN CON MACRÓFITAS FLOTANTES EN LA REMOCIÓN DE CADMIO DEL AGUA DE LA LAGUNA DE RICURICOCHA, TARAPOTO – SAN MARTÍN.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>General</p> <p>PG: ¿En qué medida el proceso de fitorremediación con macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín?</p>	<p>General</p> <p>OG: Determinar en qué medida el proceso de fitorremediación con macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín.</p>	<p>General</p> <p>HG: El proceso de fitorremediación con macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín.</p>	<p>Independiente:</p> <p>Proceso de fitorremediación con macrófitas flotantes</p>	<p>Independientes:</p> <p>Capacidad natural de las plantas</p> <p>Parámetro del proceso</p>	<p>Independientes:</p> <p>Especie Masa</p> <p>Tiempo de retención</p>	<p>Enfoque Cuantitativo</p> <hr/> <p>Diseño Explicativa</p> <p>Técnica: Observación</p>
<p>Específicos</p> <p>PE1: ¿En qué medida la especie de macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín?</p>	<p>Específicos</p> <p>OE1: Determinar en qué medida la especie de macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín.</p>	<p>Específicas</p> <p>HE1: La especie de macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín.</p>	<p>Dependiente:</p> <p>Remoción de cadmio del agua</p>	<p>Dependiente:</p> <p>Parámetro inorgánico</p>	<p>Dependiente:</p> <p>Concentración de cadmio</p>	
<p>PE2: ¿En qué medida la masa de las macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín?</p>	<p>OE2: Determinar en qué medida la masa de las macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín.</p>	<p>HE2: La masa de las macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín.</p>				
<p>PE3: ¿En qué medida el tiempo de retención de las macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín?</p>	<p>OE3: Determinar en qué medida el tiempo de retención de las macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín.</p>	<p>HE3: El tiempo de retención de las macrófitas flotantes influye en la remoción de cadmio del agua de la laguna Ricuricocha, Tarapoto – San Martín.</p>				

Anexo 2. Base de Datos en SPSS

8 :									
	especie	tiempo	masa	var	var	var	var	var	var
1	0	0	,00						
2	0	0	,00						
3	0	0	,00						
4	0	7	,00						
5	0	7	,00						
6	0	7	,00						
7	0	15	,00						
8	0	15	,00						
9	0	15	,00						
10	1	0	100,00						
11	1	0	100,00						
12	1	0	100,00						
13	1	0	300,00						
14	1	0	300,00						
15	1	0	300,00						
16	1	7	100,00						
17	1	7	100,00						
18	1	7	100,00						
19	1	7	300,00						
20	1	7	300,00						
21	1	7	300,00						
22	1	15	100,00						
23	1	15	100,00						
24	1	15	100,00						
25	1	15	300,00						
26	1	15	300,00						
27	1	15	300,00						
28	2	0	100,00						
29	2	0	100,00						
30	2	0	100,00						
31	2	0	300,00						
32	2	0	300,00						
33	2	0	300,00						
34	2	7	100,00						
35	2	7	100,00						
36	2	7	100,00						
37	2	7	300,00						
38	2	7	300,00						
38	2	7	300,00						
39	2	7	300,00						
40	2	15	100,00						
41	2	15	100,00						
42	2	15	100,00						
43	2	15	300,00						
44	2	15	300,00						
45	2	15	300,00						
46									

Anexo 3. Certificación de acreditación del laboratorio

Certificado



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Acreditación a:

ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

Laboratorio de Calibración
En su sede ubicada en: Av. Guardia Chalaca N° 1877 - distrito Bellavista, provincia Constitucional del Callao, departamento Lima.
Con base en la norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración
Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-22F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 21 de octubre de 2021
Fecha de Vencimiento: 20 de octubre de 2024



Firmado digitalmente por RODRIGUEZ ALEGRIA
Alejandra FAU 20690283015 soft
Fecha: 2021-10-28 11:02:00
Motivo: Soy el Autor del Documento

ALEJANDRA RODRIGUEZ ALEGRIA
Directora, Dirección de Acreditación – INACAL

Cédula N° : 651-2021-INACAL/DA
Contrato N° : 061-2021-INACAL-DA
Registro N° : LC - 052

Fecha de emisión: 27 de octubre de 2021

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y es de notificación dual; que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe consultarse en la página web www.inacal.pe por los acreditados o sus representantes al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MRA) de Inter American Accreditation Co-operation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-03P-03M Ver. 02

Anexo 4. Resultados de ensayos de laboratorio

 ALAB ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.	 IAS ACCREDITED Testing Laboratory TL - 833	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE - 097	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 097
---	--	--	---

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-20162

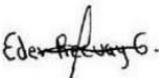
N° Id.: 0000056328

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : Leya Isabel Poma Buendia
2.-DIRECCIÓN : Jr. Ayacucho N°649, Magdalena del Mar, Lima
3.-PROYECTO : Proceso de fitorremediación para el tratamiento de las aguas de la laguna de Ricuricocha, Tarapoto – San Martín
4.-PROCEDENCIA : Tarapoto, Provincia de San Martín
5.-SOLICITANTE : LEYA ISABEL POMA BUENDIA
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000006258-2023-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : -
8.-MUESTREADO POR : ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2023-06-14

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua – Lagunas
2.-Sub.Tipo producto : Para Conservación del Ambiente Acuático
3.-NÚMERO DE MUESTRAS : 15
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 04-06-2023
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 04.06-2023 al 14-06-2023


Eder Sergio Recuay Granados
Supervisor de laboratorio Agronomía
Ing. Químico
CIP N° 221809

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

SEDE PRINCIPAL Av. Guardia Chalaca 1877, Bellavista, Callao P (+511) 7175810 / Anexo 112 Cel.: 940 598 572 www.alab.com.pe	SEDE ZARUMILLA Prolongación Zarumilla Mz D2, Lt3 , Bellavista, Callao P (+511) 7130636 Cel.: 932646460 www.alab.com.pe	SEDE AREQUIPA: Mz. E Lt.9 COOP SIDSUR P (+073) 616843 Cel.: 932646642 www.alab.com.pe	SEDE PIURA: Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb. Miraflores II Etapa - Ref. Costado del colegio San Ignacio de Loyola. P (+073) 542335 Cel.: 919 475 133 www.alab.com.pe	Pág.1 de 8
---	---	---	---	------------



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACION INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 097



Registro N° LE - 097

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-20162

N° Id.: 0000056328

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Conductividad Eléctrica (Extracto 1:1) en Agua ²	SM 4500-HB, 23 RD. Edition / 2017
pH (Extracto 1:1) en Agua ²	SM 4500-HB, 23 RD. Edition / 2017
Temperatura (Extracto 1:1) en agua ²	SM 2550 B, 23 RD. Edition / 2017
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) en Agua	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.
Aceites y Grasas (AG) en Agua	EPA Method 1664, Revision B (EPA-821-R-10-001)
Nitratos en Agua.	EPA Method 1664, Revision B (EPA-821-R-10-001)
Cadmio disuelto (Cd) en agua	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.

L.C.M. = Límite de cuantificación del método. L.D.M. = Límite de detección del método, "---" = No Analizado, "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">" = Mayor al rango lineal permitido por la técnica analítica.
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition 2017.

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca 1877,
Bellavista, Callao P (+511)
7175810 / Anexo 112 Cel.:
940 598 572
www.alab.com.pe

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz
D2, Lt3, Bellavista, Callao
P (+511) 7130636
Cel.: 932646460
www.alab.com.pe

SEDE AREQUIPA:
Mz. E Lt.9 COOP SIDSUR
P (+073) 616843
Cel.: 932646642
www.alab.com.pe

SEDE PIURA:
Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb.
Miraflores II Etapa - Ref. Costado
del colegio San Ignacio de Loyola. P
(+073) 542335 Cel.: 919 475 133
www.alab.com.pe

Pág.2 de 8

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-20162

IV. RESULTADOS

N° Id.: 0000056328

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-44-73620	M-44-73621	M-44-73622	M-44-73623			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	MUESTRA-01	MUESTRA-02	MUESTRA-03	MUESTRA-04			
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO:	Para Conservación del Ambiente Acuático	Para Cultivo Permanente	Para Cultivo Permanente	Para Cultivo Permanente			
SUB PRODUCTO:							
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):	04-06-2023	04-06-2023	04-06-2023	04-06-2023			
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):	04-06-2023	04-06-2023	04-06-2023	04-06-2023			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Conductividad Eléctrica (Extracto 1:1) en agua ²	dS/m	0,1	0,10	920	972	890	901
pH (Extracto 1:1) en Agua ²	Unidad de pH	0,01	0,10	5,9	6,2	6,4	5,9
Temperatura (Extracto 1:1) en agua ²	°C	0,01	0,03	26	28,6	27,5	27,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	0,2	2,0	6,5	5,9	6,4	6,8
Aceites y Grasas (AG)	mg/L	0,5	5,0	6,7	5,8	6,9	5,7
Nitratos.	mg/L	0,1	1,0	15	14,67	12,72	13,52
Cadmio Disuelto	mg/L	0,0001	0,0002	0,00086	0,00080	0,00085	0,00082

ITEM	5	6	7	8			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-44-73624	M-44-73625	M-44-73626	M-44-73627			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	MUESTRA-05	MUESTRA-06	MUESTRA-07	MUESTRA-08			
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO:	Para Conservación del Ambiente Acuático	Para Cultivo Permanente	Para Cultivo Permanente	Para Cultivo Permanente			
SUB PRODUCTO:							
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):	04-06-2023	04-06-2023	04-06-2023	04-06-2023			
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):	04-06-2023	04-06-2023	04-06-2023	04-06-2023			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Conductividad Eléctrica (Extracto 1:1) en agua ²	dS/m	0,1	0,10	917	964	968	968
pH (Extracto 1:1) en Agua ²	Unidad de pH	0,01	0,10	5,9	6,0	6,4	6,0
Temperatura (Extracto 1:1) en agua ²	°C	0,01	0,03	25	25	26	27
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	0,2	2,0	6,3	5,2	6,1	6,0
Aceites y Grasas (AG)	mg/L	0,5	5,0	5,1	6,2	6,4	6,2
Nitratos.	mg/L	0,1	1,0	14	13,89	12,81	14,63
Cadmio Disuelto	mg/L	0,0001	0,0002	0,00085	0,00078	0,00089	0,00087

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca 1877,
Bellavista, Callao P (+511)
7175810 / Anexo 112 Cel.:
940 598 572
www.alab.com.pe

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz
D2, Lt3, Bellavista, Callao
P (+511) 7130636
Cel.: 932646460
www.alab.com.pe

SEDE AREQUIPA:
Mz. E Lt.9 COOP SIDSUR
P (+073) 616843
Cel.: 932646642
www.alab.com.pe

SEDE PIURA:
Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb.
Miraflores II Etapa - Ref. Costado
del colegio San Ignacio de Loyola. P
(+073) 542335 Cel.: 919 475 133
www.alab.com.pe

Pág.3 de 8

ITEM	9	10	11	12			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-44-73628	M-44-73629	M-44-73630	M-44-73631			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	MUESTRA-09	MUESTRA-10	MUESTRA-11	MUESTRA-12			
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO:	Para Conservación del Ambiente Acuático	Para Cultivo Permanente	Para Cultivo Permanente	Para Cultivo Permanente			
SUB PRODUCTO:	NO APLICA						
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):	04-06-2023	04-06-2023	04-06-2023	04-06-2023			
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):	04-06-2023	04-06-2023	04-06-2023	04-06-2023			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Conductividad Eléctrica (Extracto 1:1) en agua ²	dS/m	0,1	0,10	907	922	905	914
pH (Extracto 1:1) en Agua ²	Unidad de pH	0,01	0,10	6.2	6.1	6.2	6.2
Temperatura (Extracto 1:1) en agua ²	°C	0,01	0,03	25.2	25.9	26.8	26
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	0,2	2,0	6.1	5.4	6.2	5.0
Aceites y Grasas (AG)	mg/L	0,5	5,0	5.7	6.2	6.1	6.4
Nitratos.	mg/L	0,1	1,0	13.89	13.50	12.00	14.42
Cadmio Disuelto	mg/L	0,0001	0,0002	0.00086	0.00080	0.00085	0.00085

ITEM	13	14	15			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-44-73632	M-44-73633	M-44-73634			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	MUESTRA-13	MUESTRA-14	MUESTRA-15			
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO:	Para Conservación del Ambiente Acuático	Para Cultivo Permanente	Para Cultivo Permanente			
SUB PRODUCTO:	NO APLICA					
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA					
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):	04-06-2023	04-06-2023	04-06-2023			
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):	04-06-2023	04-06-2023	04-06-2023			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Conductividad Eléctrica (Extracto 1:1) en agua ²	dS/m	0,1	0,10	900	892	915
pH (Extracto 1:1) en Agua ²	Unidad de pH	0,01	0,10	5.8	5.7	6.0
Temperatura (Extracto 1:1) en agua ²	°C	0,01	0,03	25.5	25.5	26.9
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	0,2	2,0	6.4	6.5	6.2
Aceites y Grasas (AG)	mg/L	0,5	5,0	5.2	5.2	6.5
Nitratos.	mg/L	0,1	1,0	13.5	13.50	12.50
Cadmio Disuelto	mg/L	0,0001	0,0002	0.00075	0.00084	0.00089

(¹) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

(²) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

SEDE PRINCIPAL
 Av. Guardia Chalaca 1877,
 Bellavista, Callao P (+511)
 7175810 / Anexo 112 Cel.:
 940 598 572
www.alab.com.pe

SEDE ZARUMILLA
 Prolongación Zarumilla Mz
 D2, Lt3, Bellavista, Callao
 P (+511) 7130636
 Cel.: 932646460
www.alab.com.pe

SEDE AREQUIPA:
 Mz. E Lt.9 COOP SIDSUR
 P (+073) 616843
 Cel.: 932646642
www.alab.com.pe

SEDE PIURA:
 Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb.
 Miraflores II Etapa - Ref. Costado
 del colegio San Ignacio de Loyola. P
 (+073) 542335 Cel.: 919 475 133
www.alab.com.pe

Pág.4 de 8

Anexo 5. Resultados de ensayos de laboratorio a 7 días

 ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.	 ACCREDITED Testing Laboratory TL - 833	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE - 097	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 097
---	---	--	---

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-20182

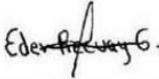
N° Id.: 0000056426

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : Leya Isabel Poma Buendia
2.-DIRECCIÓN : Jr. Ayacucho N°649, Magdalena del Mar, Lima
3.-PROYECTO : Proceso de fitorremediación para el tratamiento de las aguas de la laguna de Ricuricocha, Tarapoto – San Martín
4.-PROCEDENCIA : Tarapoto, Provincia de San Martín
5.-SOLICITANTE : LEYA ISABEL POMA BUENDIA
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000006522-2023-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : -
8.-MUESTREADO POR : ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2023-06-21

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua – Lagunas
2.-Sub.Tipo producto : Para Conservación del Ambiente Acuático
3.-NÚMERO DE MUESTRAS : 15
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 11-06-2023
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 11.06-2023 al 21-06-2023


Eder Sergio Recuay Granados
Supervisor de laboratorio Agronomía
Ing. Químico
CIP N° 221809

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

SEDE PRINCIPAL Av. Guardia Chalaca 1877, Bellavista, Callao P (+511) 7175810 / Anexo 112 Cel.: 940 598 572 www.alab.com.pe	SEDE ZARUMILLA Prolongación Zarumilla Mz D2, Lt3 , Bellavista, Callao P (+511) 7130636 Cel.: 932646460 www.alab.com.pe	SEDE AREQUIPA: Mz. E Lt.9 COOP SIDSUR P (+073) 616843 Cel.: 932646642 www.alab.com.pe	SEDE PIURA: Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb. Miraflores II Etapa - Ref. Costado del colegio San Ignacio de Loyola. P (+073) 542335 Cel.: 919 475 133 www.alab.com.pe	Pág. 1 de 4
---	---	---	---	-------------

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Conductividad Eléctrica (Extracto 1:1) en Agua ²	SM 4500-HB, 23 RD. Edition / 2017
pH (Extracto 1:1) en Agua ²	SM 4500-HB, 23 RD. Edition / 2017
Temperatura (Extracto 1:1) en agua ²	SM 2550 B, 23 RD. Edition / 2017
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) en Agua	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.
Aceites y Grasas (AG) en Agua	EPA Method 1664, Revision B (EPA-821-R-10-001)
Nitratos en Agua.	EPA Method 1664, Revision B (EPA-821-R-10-001)
Cadmio disuelto (Cd) en agua	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.

L.C.M. = Límite de cuantificación del método. L.D.M. = Límite de detección del método, "---" = No Analizado, "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">" = Mayor al rango lineal permitido por la técnica analítica.
 SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition 2017.

SEDE PRINCIPAL
 Av. Guardia Chalaca 1877,
 Bellavista, Callao P (+511)
 7175810 / Anexo 112 Cel.:
 940 598 572
www.alab.com.pe

SEDE ZARUMILLA
 Prolongación Zarumilla Mz
 D2, Lt3, Bellavista, Callao
 P (+511) 7130636
 Cel.: 932646460
www.alab.com.pe

SEDE AREQUIPA:
 Mz. E Lt.9 COOP SIDSUR
 P (+073) 616843
 Cel.: 932646642
www.alab.com.pe

SEDE PIURA:
 Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb.
 Miraflores II Etapa - Ref. Costado
 del colegio San Ignacio de Loyola. P
 (+073) 542335 Cel.: 919 475 133
www.alab.com.pe

Pág.2 de 4

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-20182

IV. RESULTADOS

N° Id.: 0000056426

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-55-74260	M-55-74261	M-55-74262	M-55-74263			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	MUESTRA-01	MUESTRA-02	MUESTRA-03	MUESTRA-04			
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO:	Para Conservación del Ambiente Acuático						
SUB PRODUCTO:							
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):	11-06-2023	11-06-2023	11-06-2023	11-06-2023			
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):	11-06-2023	11-06-2023	01-06-2023	11-06-2023			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Conductividad Eléctrica (Extracto 1:1) en agua ²	dS/m	0,1	0,10	845	720	812	801
pH (Extracto 1:1) en Agua ²	Unidad de pH	0,01	0,10	6.4	6.7	6.8	6.7
Temperatura (Extracto 1:1) en agua ²	°C	0,01	0,03	25	25	26.3	24.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	0,2	2,0	5.4	5.2	5	5
Aceites y Grasas (AG)	mg/L	0,5	4,9	5.6	5.2	5.3	4.8
Nitratos.	mg/L	0,1	1,0	12	12.5	12.8	12.7
Cadmio Disuelto	mg/L	0,0001	0,0002	0.00076	0.00060	0.00075	0.00065

ITEM	5	6	7	8			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-55-74264	M-55-74265	M-55-74266	M-55-74267			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	MUESTRA-05	MUESTRA-06	MUESTRA-07	MUESTRA-08			
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO:	Para Conservación del Ambiente Acuático						
SUB PRODUCTO:							
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):	11-06-2023	11-06-2023	11-06-2023	11-06-2023			
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):	11-06-2023	11-06-2023	01-06-2023	11-06-2023			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Conductividad Eléctrica (Extracto 1:1) en agua ²	dS/m	0,1	0,10	814	749	885	768
pH (Extracto 1:1) en Agua ²	Unidad de pH	0,01	0,10	6.2	6.2	6.4	6.4
Temperatura (Extracto 1:1) en agua ²	°C	0,01	0,03	26	26	25.5	26
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	0,2	2,0	5.0	5.1	5.2	5.2
Aceites y Grasas (AG)	mg/L	0,5	5,0	4.8	4.8	5.1	5.1
Nitratos.	mg/L	0,1	1,0	12.5	12.2	13.2	12.9
Cadmio Disuelto	mg/L	0,0001	0,0002	0.00066	0.00068	0.00066	0.00068

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca 1877,
Bellavista, Callao P (+511)
7175810 / Anexo 112 Cel.:
940 598 572
www.alab.com.pe

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz
D2, Lt3, Bellavista, Callao
P (+511) 7130636
Cel.: 932646460
www.alab.com.pe

SEDE AREQUIPA:
Mz. E Lt.9 COOP SIDSUR
P (+073) 616843
Cel.: 932646642
www.alab.com.pe

SEDE PIURA:
Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb.
Miraflores II Etapa - Ref. Costado
del colegio San Ignacio de Loyola. P
(+073) 542335 Cel.: 919 475 133
www.alab.com.pe

Pág.3 de 4

ITEM	9	10	11	12			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-55-74268	M-55-74269	M-55-74270	M-55-74271			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	MUESTRA-09	MUESTRA-10	MUESTRA-11	MUESTRA-12			
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO:	Para Conservación del Ambiente Acuático						
SUB PRODUCTO:							
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):	11-06-2023	11-06-2023	11-06-2023	11-06-2023			
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):	11-06-2023	11-06-2023	11-06-2023	11-06-2023			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Conductividad Eléctrica (Extracto 1:1) en agua ²	dS/m	0,1	0,10	807	822	712	812
pH (Extracto 1:1) en Agua ²	Unidad de pH	0,01	0,10	6.5	6.5	6.2	6.4
Temperatura (Extracto 1:1) en agua ²	°C	0,01	0,03	26.5	25	25.2	25.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	0,2	2,0	4.8	5.5	4.7	4.9
Aceites y Grasas (AG)	mg/L	0,5	5,0	5.2	5.2	4.8	4.8
Nitratos.	mg/L	0,1	1,0	11	12.5	12.8	12.7
Cadmio Disuelto	mg/L	0,0001	0,0002	0.00068	0.00072	0.00076	0.00078

ITEM	13	14	15			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-55-74272	M-55-74273	M-55-74274			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	MUESTRA-13	MUESTRA-14	MUESTRA-15			
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO:	Para Conservación del Ambiente Acuático	Para Conservación del Ambiente Acuático	Para Conservación del Ambiente Acuático			
SUB PRODUCTO:						
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA					
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):	11-06-2023	11-06-2023	11-06-2023			
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):	11-06-2023	11-06-2023	11-06-2023			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Conductividad Eléctrica (Extracto 1:1) en agua ²	dS/m	0,1	0,10	710	716	718
pH (Extracto 1:1) en Agua ²	Unidad de pH	0,01	0,10	6.8	6.3	6.7
Temperatura (Extracto 1:1) en agua ²	°C	0,01	0,03	27.2	27	26
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	0,2	2,0	4.5	4.5	4.6
Aceites y Grasas (AG)	mg/L	0,5	5,0	5.1	4.5	4.5
Nitratos.	mg/L	0,1	1,0	12.3	12.5	13.2
Cadmio Disuelto	mg/L	0,0001	0,0002	0.00072	0.00069	0.00072

(¹) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

(²) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca 1877,
Bellavista, Callao P (+511)
7175810 / Anexo 112 Cel.:
940 598 572
www.alab.com.pe

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz
D2, Lt3, Bellavista, Callao
P (+511) 7130636
Cel.: 932646460
www.alab.com.pe

SEDE AREQUIPA:
Mz. E Lt.9 COOP SIDSUR
P (+073) 616843
Cel.: 932646642
www.alab.com.pe

SEDE PIURA:
Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb.
Miraflores II Etapa - Ref. Costado
del colegio San Ignacio de Loyola. P
(+073) 542335 Cel.: 919 475 133
www.alab.com.pe

Pág.4 de 4

Anexo 6. Resultados de ensayos de laboratorio 15 días

 ALAB ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.	 IAS ACCREDITED Testing Laboratory TL - 833	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE - 097	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 097
--	---	--	--

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-20198

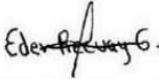
N° Id.: 0000056482

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: Leya Isabel Poma Buendia
2.-DIRECCIÓN	: Jr. Ayacucho N°649, Magdalena del Mar, Lima
3.-PROYECTO	: Proceso de fitorremediación para el tratamiento de las aguas de la laguna de Ricuricocha, Tarapoto – San Martín
4.-PROCEDENCIA	: Tarapoto, Provincia de San Martín
5.-SOLICITANTE	: LEYA ISABEL POMA BUENDIA
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000006522-2023-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: -
8.-MUESTREADO POR	: ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2023-06-28

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua – Lagunas
2.-Sub.Tipo producto	: Para Conservación del Ambiente Acuático
3.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 15
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 18-06-2023
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 18.06-2023 al 28-06-2023


Eder Sergio Recuay Granados
Supervisor de laboratorio Agronomía
Ing. Químico
CIP N° 221809

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

SEDE PRINCIPAL Av. Guardia Chalaca 1877, Bellavista, Callao P (+511) 7175810 / Anexo 112 Cel.: 940 598 572 www.alab.com.pe	SEDE ZARUMILLA Prolongación Zarumilla Mz D2, Lt3 , Bellavista, Callao P (+511) 7130636 Cel.: 932646460 www.alab.com.pe	SEDE AREQUIPA: Mz. E Lt.9 COOP SIDSUR P (+073) 616843 Cel.: 932646642 www.alab.com.pe	SEDE PIURA: Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb. Miraflores II Etapa - Ref. Costado del colegio San Ignacio de Loyola. P (+073) 542335 Cel.: 919 475 133 www.alab.com.pe
---	---	---	---

Pág. 1 de 4



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACION INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 097



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

Registro N° LE - 097

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-20198

N° Id.: 000056426

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Conductividad Eléctrica (Extracto 1:1) en Agua ²	SM 4500-HB, 23 RD. Edition / 2017
pH (Extracto 1:1) en Agua ²	SM 4500-HB, 23 RD. Edition / 2017
Temperatura (Extracto 1:1) en agua ²	SM 2550 B, 23 RD. Edition / 2017
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) en Agua	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.
Aceites y Grasas (AG) en Agua	EPA Method 1664, Revision B (EPA-821-R-10-001)
Nitratos en Agua.	EPA Method 1664, Revision B (EPA-821-R-10-001)
Cadmio disuelto (Cd) en agua	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.

L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "---", = No Analizado, "<=" Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">" = Mayor al rango lineal permitido por la técnica analítica.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd. Edition 2017.

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca 1877,
Bellavista, Callao P (+511)
7175810 / Anexo 112 Cel.:
940 598 572
www.alab.com.pe

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz
D2, Lt3 , Bellavista, Callao
P (+511) 7130636
Cel.: 932646460
www.alab.com.pe

SEDE AREQUIPA:
Mz. E Lt.9 COOP SIDSUR
P (+073) 616843
Cel.: 932646642
www.alab.com.pe

SEDE PIURA:
Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb.
Miraflores II Etapa - Ref. Costado
del colegio San Ignacio de Loyola. P
(+073) 542335 Cel.: 919 475 133
www.alab.com.pe

Pág.2 de 4

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-20198

V. RESULTADOS

N° Id.: 0000056426

ITEM	1- Testigo	2- Testigo	3-Testigo	4-100g/LM			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-66-75320	M-66-75321	M-66-75322	M-66-75323			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	MUESTRA-01	MUESTRA-02	MUESTRA-03	MUESTRA-04			
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO:	Para Conservación del Ambiente Acuático						
SUB PRODUCTO:							
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):	11-06-2023	11-06-2023	11-06-2023	11-06-2023			
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):	11-06-2023	11-06-2023	01-06-2023	11-06-2023			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Conductividad Eléctrica (Extracto 1:1) en agua ²	dS/m	0,1	0,10	742	735	730	701
pH (Extracto 1:1) en Agua ²	Unidad de pH	0,01	0,10	6.4	6.3	6.5	6.7
Temperatura (Extracto 1:1) en agua ²	°C	0,01	0,03	26	26	26	26
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	0,2	2,0	5.1	5.2	5.1	5.1
Aceites y Grasas (AG)	mg/L	0,5	4,9	5.2	5.2	5.2	4.8
Nitratos.	mg/L	0,1	1,0	12	13	13	12
Cadmio Disuelto	mg/L	0,0001	0,0002	0.00066	0.00062	0.00065	0.00032

ITEM	5-100g/LM	6-100g/LM	7-300g/LM	8-300g/LM			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-66-75324	M-66-75325	M-66-75326	M-66-75327			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	MUESTRA-05	MUESTRA-06	MUESTRA-07	MUESTRA-08			
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO:	Para Conservación del Ambiente Acuático						
SUB PRODUCTO:							
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):	11-06-2023	11-06-2023	11-06-2023	11-06-2023			
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):	11-06-2023	11-06-2023	01-06-2023	11-06-2023			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Conductividad Eléctrica (Extracto 1:1) en agua ²	dS/m	0,1	0,10	710	710	550	554
pH (Extracto 1:1) en Agua ²	Unidad de pH	0,01	0,10	6.7	6.8	7.5	7.8
Temperatura (Extracto 1:1) en agua ²	°C	0,01	0,03	26	26	26	26
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	0,2	2,0	5.0	4.9	3.9	3.8
Aceites y Grasas (AG)	mg/L	0,5	5,0	4.6	4.6	3.8	3.6
Nitratos.	mg/L	0,1	1,0	11	11.5	9.3	9.5
Cadmio Disuelto	mg/L	0,0001	0,0002	0.00028	0.00028	0.00018	0.00017

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca 1877,
Bellavista, Callao P (+511)
7175810 / Anexo 112 Cel.:
940 598 572
www.alab.com.pe

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz
D2, Lt3, Bellavista, Callao
P (+511) 7130636
Cel.: 932646460
www.alab.com.pe

SEDE AREQUIPA:
Mz. E Lt.9 COOP SIDSUR
P (+073) 616843
Cel.: 932646642
www.alab.com.pe

SEDE PIURA:
Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb.
Miraflores II Etapa - Ref. Costado
del colegio San Ignacio de Loyola. P
(+073) 542335 Cel.: 919 475 133
www.alab.com.pe

Pág.3 de 4

ITEM	9-300g/LM	10-100g/EC	11-100g/EC	12-100g/EC
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-66-75328	M-66-75329	M-66-75330	M-66-75331
CÓDIGO DEL CLIENTE:	MUESTRA-09	MUESTRA-10	MUESTRA-11	MUESTRA-12
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
PRODUCTO:	Para Conservación del Ambiente Acuático			
SUB PRODUCTO:	NO APLICA			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA			
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):	11-06-2023	11-06-2023	11-06-2023	11-06-2023
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):	11-06-2023	11-06-2023	11-06-2023	11-06-2023

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Conductividad Eléctrica (Extracto 1:1) en agua ²	dS/m	0,1	0,10	545	632	642	628
pH (Extracto 1:1) en Agua ²	Unidad de pH	0,01	0,10	7,8	6,8	6,9	7,1
Temperatura (Extracto 1:1) en agua ²	°C	0,01	0,03	26	25	25	25
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	0,2	2,0	3,8	5,1	4,8	4,9
Aceites y Grasas (AG)	mg/L	0,5	5,0	3,6	5,2	4,8	4,8
Nitratos.	mg/L	0,1	1,0	9,8	10	10	9
Cadmio Disuelto	mg/L	0,0001	0,0002	0,00014	0,00022	0,00026	0,00025

ITEM	13-300g/EC	14-300g/EC	15-300g/EC
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-66-75332	M-66-75332	M-66-75332
CÓDIGO DEL CLIENTE:	MUESTRA-13	MUESTRA-14	MUESTRA-15
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
PRODUCTO:	Para Conservación del Ambiente Acuático	Para Conservación del Ambiente Acuático	Para Conservación del Ambiente Acuático
SUB PRODUCTO:	NO APLICA		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO	NO APLICA		
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):	11-06-2023	11-06-2023	11-06-2023
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):	11-06-2023	11-06-2023	11-06-2023

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Conductividad Eléctrica (Extracto 1:1) en agua ²	dS/m	0,1	0,10	514	523	499
pH (Extracto 1:1) en Agua ²	Unidad de pH	0,01	0,10	7,5	7,6	7,5
Temperatura (Extracto 1:1) en agua ²	°C	0,01	0,03	26	26	26
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	0,2	2,0	3,2	3,4	3,1
Aceites y Grasas (AG)	mg/L	0,5	5,0	5,1	4,5	4,5
Nitratos.	mg/L	0,1	1,0	9	7	7,5
Cadmio Disuelto	mg/L	0,0001	0,0002	0,00014	0,00015	0,00012

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

(*) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca 1877,
Bellavista, Callao P (+511)
7175810 / Anexo 112 Cel.:
940 598 572
www.alab.com.pe

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz
D2, Lt3, Bellavista, Callao
P (+511) 7130636
Cel.: 932646460
www.alab.com.pe

SEDE AREQUIPA:
Mz. E Lt.9 COOP SIDSUR
P (+073) 616843
Cel.: 932646642
www.alab.com.pe

SEDE PIURA:
Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb.
Miraflores II Etapa - Ref. Costado
del colegio San Ignacio de Loyola. P
(+073) 542335 Cel.: 919 475 133
www.alab.com.pe

Pág.4 de 4

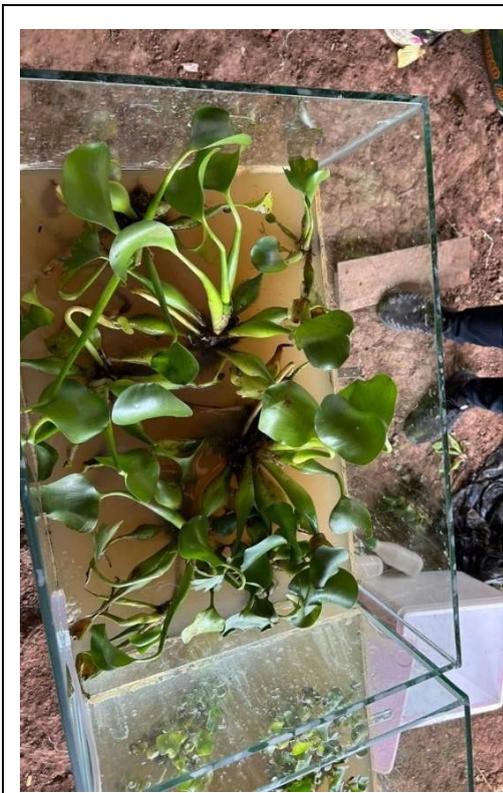
Anexo 7. Panel fotográfico



Fotografía 1.
Reactor utilizado con 100 gr de Lenteja de agua



Fotografía 2.
Reactor utilizado con 300 gr de Lenteja de agua



Fotografía 3.
*Reactor utilizado con 100 gr de
Jacinto de agua*



Fotografía 4.
*Reactor utilizado con 300 gr de
Jacinto de agua*



Fotografía 5.
Reactor utilizado como muestra control



Fotografía 6.
Pesado de plantas macrófitas con balanza

Nota. Balanza gramera, Marca: Camry, Modelo: Ek9610k, Serie: 11080C0093



Fotografía 7.
Proceso de construcción de reactores



Fotografía 8.
Reactores utilizados