

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Eficiencia de remoción de la especie *Hydrocotyle bonariensis* (redondita de agua) y *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua) en las aguas residuales del río Shullcas - 2021**

Elizabeth Huamani Leon  
Doris Huayta Astopillo  
Dina Flor Ortega Veliz

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a la Universidad Continental, por su amparo durante nuestra formación académica, y a quienes compartieron sus conocimientos y experiencias. Así mismo a la empresa Ambiental Laboratorios S.A.C. por el servicio brindado en el análisis de las respectivas muestras.

A nuestras familias, por apoyarnos y animarnos en el transcurso de nuestra vida académica y profesional. A Dios, por protegernos en todo momento y darnos la oportunidad de hacer esta investigación.

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este logro alcanzado, a Dios, por su gran bondad de guiarnos en nuestras vidas y fortalecernos en los momentos difíciles por las que atravesamos durante y después de la carrera.

A nuestros seres queridos por estar siempre apoyándonos y brindándonos motivación para vencer los obstáculos que se nos presentan día tras día y apoyándonos en las decisiones que tomamos para tener éxito personalmente y en nuestra vida profesional.

# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	ii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>ÍNDICE</b> .....	iv
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	vi
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	vii
<b>RESUMEN</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	x
<b>CAPÍTULO I:</b> .....	13
<b>PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....	13
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	13
1.1.1. Planteamiento del problema .....	13
1.2. Formulación del problema .....	16
1.2.1. Problema general .....	16
1.3. Objetivos .....	17
1.3.1. Objetivo general .....	17
1.3.2. Objetivos específicos .....	17
1.4. Justificación e importancia .....	17
<b>1.4.1.</b> Justificación .....	17
<b>1.4.2.</b> Importancia .....	19
1.5. Operacionalización de las variables .....	19
<b>CAPÍTULO II:</b> .....	21
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	21
2.1. Antecedentes de la investigación .....	21
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	21
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	23
2.1.3. Antecedentes locales .....	26
2.2. Bases teóricas .....	27
2.2.1. El agua .....	27
2.2.2. Contaminación del agua .....	28
2.2.3. Límites máximos permisibles .....	29
2.2.4. Aguas residuales .....	30
2.2.5. Tratamiento de aguas residuales .....	32
2.3. Plantas acuáticas .....	36
2.3.1. Plantas emergentes .....	36

2.3.2.	Eichhornia crassipes (Jacinto de agua) .....	36
2.3.3.	Descripción.....	36
2.3.4.	<i>Hydrocotyle bonariensis</i> (Redondita de agua) .....	38
2.4.	Definición de términos básicos.....	40
<b>CAPÍTULO III:</b> .....		42
<b>METODOLOGÍA</b> .....		42
3.1.	Método y alcances de la investigación.....	42
3.1.1.	Método general.....	42
3.1.2.	Método específico .....	42
3.1.3.	Tipo de investigación.....	42
3.1.4.	Nivel de investigación .....	43
3.2.	Diseño de la Investigación.....	43
3.3.	Población y muestra .....	44
3.3.1.	Población.....	44
3.3.2.	Muestra.....	44
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	44
3.4.1.	Técnicas de recolección de datos .....	44
3.4.2.	Instrumentos de recolección de datos .....	51
<b>CAPÍTULO IV</b> .....		52
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....		52
4.1.	Resultados de la investigación.....	52
4.1.1.	Características de las especies <i>Hydrocotyle bonariensis</i> (Redondita de agua) y <i>Eichhornia Crassipes</i> (Jacinto de agua). .....	52
4.1.2.	Diferencias entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales antes y después del tratamiento con las especies <i>Hydrocotyle bonariensis</i> (Redondita de agua) y <i>Eichhornia Crassipes</i> (Jacinto de agua).....	53
4.1.3.	Diferencia entre los parámetros fisicoquímicos del agua residual tratada y el D.S. 003 2010 MINAM Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. ....	57
4.1.4.	Porcentaje de eficiencia de remoción de las especies <i>Hydrocotyle bonariensis</i> (Redondita de agua) y <i>Eichhornia Crassipes</i> (Jacinto de agua).....	60
4.2.	Discusión de resultados .....	65
<b>CONCLUSIONES</b> .....		70
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		72
<b>REFERENCIAS</b> .....		73
<b>ANEXOS</b> .....		81

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Tipos de fitorremediación. Extraído de (54) .....	34
<b>Figura 2.</b> <i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de agua). Fuente propia .....	37
<b>Figura 3.</b> <i>Hydrocotyle bonariensis</i> (Redondita de agua). Fuente propia .....	39
<b>Figura 4.</b> Mapa de ubicación de la especie <i>Hydrocotyle bonariensis</i> (Redondita de agua). Fuente propia .....	45
<b>Figura 5:</b> Mapa de ubicación de la especie <i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de agua). Fuente propia .....	46
<b>Figura 6:</b> Mapa de ubicación de la recolección del agua residual. Fuente propia .....	47
<b>Figura 7.</b> <i>Hydrocotyle bonariensis</i> (Redondita de agua). Elaboración propia .....	52
<b>Figura 8:</b> <i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de agua). Elaboración propia .....	52
<b>Figura 9.</b> Diferencia en el parámetro de pH antes y después del tratamiento. Elaboración propia .....	53
<b>Figura 10:</b> Diferencia en el parámetro de aceites y grasas antes y después del tratamiento. Elaboración propia .....	54
<b>Figura 11.</b> Diferencia en el parámetro de DBO <sub>5</sub> antes y después del tratamiento. Elaboración propia .....	55
<b>Figura 12.</b> Diferencia en el parámetro de propia DQO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) antes y después del tratamiento. Elaboración .....	55
<b>Figura 13.</b> Diferencia en el parámetro de Coliformes Termotolerantes antes y después del tratamiento. Elaboración propia .....	56
<b>Figura 14.</b> Diferencia del pH del agua tratada con el LMP para efluentes de PTAR. Elaboración propia .....	58
<b>Figura 15.</b> Comparación de los Aceites y grasas del agua tratada con el LMP para efluentes de PTAR. Elaboración propia .....	58
<b>Figura 16.</b> Comparación del DBO <sub>5</sub> del agua tratada con el LMP para efluentes de PTAR. Elaboración propia .....	59
<b>Figura 17.</b> Comparación del DQO del agua tratada con el LMP para efluentes de PTAR. Elaboración propia .....	60
<b>Figura 18.</b> Comparación del coliformes termotolerantes del agua tratada con el LMP para efluentes de PTAR. Elaboración propia .....	60
<b>Figura 19.</b> Eficiencia de remoción en el PH. Elaboración propia .....	61
<b>Figura 20.</b> % de eficiencia de remoción en Aceites y Grasas. Elaboración propia .....	62
<b>Figura 21.</b> % de eficiencia de remoción en Demanda Bioquímica de Oxígeno. Elaboración propia .....	63
<b>Figura 22.</b> % de eficiencia de remoción en el parámetro Demanda Química de Oxígeno. Elaboración propia .....	64
<b>Figura 23.</b> % de eficiencia remoción en el parámetro coliformes termotolerantes. Elaboración propia .....	65

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Operacionalización de las variables. Elaboración propia.....	20
<b>Tabla 2:</b> Taxonomía de la especie <i>Eichhornia crassipes</i> . Extraída de (58) .....	38
<b>Tabla 3:</b> Taxonomía de la especie <i>Hydrocotyle bonariensis</i> (Redondita de agua).Extraída de (60).....	40
<b>Tabla 4:</b> Diseño de la investigación. Elaborado por el equipo de investigación .....	44
<b>Tabla 5:</b> Diferencia en el parámetro de pH antes y después del tratamiento. Elaboración propia .....	53
<b>Tabla 6:</b> Diferencia en el parámetro de aceites y grasas antes y después del tratamiento. Elaboración propia .....	54
<b>Tabla 7:</b> Diferencia en el parámetro de DBO <sub>5</sub> antes y después del tratamiento. Elaboración propia .....	54
<b>Tabla 8:</b> Diferencia en el parámetro de DQO antes y después del tratamiento. Elaboración propia .....	55
<b>Tabla 9:</b> Diferencia en el parámetro de Coliformes Termotolerantes antes y después del tratamiento. Elaboración propia .....	56
<b>Tabla 10:</b> Comparación del valor inicial de los parámetros analizados con los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.....	57
<b>Tabla 11:</b> Diferencia entre los parámetros fisicoquímicos del agua residual tratada y el Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.....	57
<b>Tabla 12:</b> % de eficiencia de remoción en el PH Fuente. Elaboración propia .....	61
<b>Tabla 13:</b> % de eficiencia de remoción en Aceites y Grasas. Elaboración propia .....	61
<b>Tabla 14.</b> %de eficiencia de remoción en Demanda Bioquímica de Oxígeno. Elaboración propia .....	62
<b>Tabla 15:</b> % de eficiencia de remoción en el parámetro Demanda Química de Oxígeno Fuente: Elaboración propia .....	63
<b>Tabla 16.</b> % de eficiencia de remoción en el parámetro Coliformes termotolerantes. Elaboración propia .....	64

## RESUMEN

El agua del río Shullcas es impactada con aguas residuales vertidas en distintos puntos, llegando al río Mantaro con características desagradables, por lo tanto, se realizó un estudio de investigación con el objetivo de determinar el porcentaje de eficiencia de remoción de las especies *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua) y *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua) en el tratamiento de las aguas residuales del río Shullcas. Se utilizó el método científico, deductivo y como método específico el experimental-observacional que consistió en, usar dos recipientes con agua residual estancada el cual se puso en contacto con las dos especies, durante 21 días. La evaluación de los parámetros se hizo antes y después del tratamiento (fitorremediación). Los resultados obtenidos evidencian que la especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) tiene un 2.48% de remoción en el pH; 68.35%, aceites y grasas; 73.47%, DBO<sub>5</sub>; 62.41%, DQO; 99.90%, coliformes termotolerantes y 99.90% de remoción en *Escherichia coli*. Mientras que la especie *Hydrocotyle bonariensis* tuvo 6.88% de remoción en el pH; 68.35%, aceites y grasas; 0.00%, DBO<sub>5</sub>; 3.38%, DQO; 99.90%, coliformes termotolerantes y 99.90% de remoción en *Escherichia coli*. Se concluye que la especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) es más eficiente en la remoción de contaminantes a diferencia de la *Hydrocotyle bonariensis*.

Palabras clave: experimental-observacional, fitorremediación, remoción, *Eichhornia crassipes*, *Hydrocotyle bonariensis*.

## ABSTRACT

The water of the Shullcas River is impacted with wastewater discharged at different points, reaching the Mantaro River with unpleasant characteristics, therefore, a research study was carried out with the objective of determining the percentage of removal efficiency of the *Hydrocotyle bonariensis* species (Redondita de agua) and *Eichhornia Crassipes* (water hyacinth) in the treatment of wastewater from the Shullcas River. The scientific and deductive method was used and as a specific method the experimental-observational one that consisted of using two containers with stagnant residual water which was put in contact with the two species for 21 days. The evaluation of the parameters was done before and after the treatment (phytoremediation). The results obtained show that the species *Eichhornia crassipes* (water hyacinth) has a 2.48% removal in pH; 68.35%, oils and fats; 73.47%, BOD5; 62.41%, COD; 99.90%, thermotolerant coliforms and 99.90% removal in Escherichia coli. While the *Hydrocotyle bonariensis* species had 6.88% removal in pH; 68.35%, oils and fats; 0.00%, BOD5; 3.38%, COD; 99.90%, thermotolerant coliforms and 99.90% removal in Escherichia coli. It is concluded that the species *Eichhornia crassipes* (Water hyacinth) is more efficient in eliminating pollutants than *Hydrocotyle bonariensis*.

Keywords: experimental-observational, phytoremediation, removal, *Eichhornia crassipes*, *Hydrocotyle bonariensis*.

## INTRODUCCIÓN

La calidad del agua es sumamente valiosa e importante en la vida y el desarrollo humano, la calidad del agua potable está directamente relacionada con la calidad de la fuente principal de captación. Al contaminar las cuencas se expone a la población aledaña a que básicamente tengan baja calidad de vida (1).

En la cumbre de Río (1992), se planteó que, para el 2005 se tendría que disminuir en un 50% la contaminación del agua, realizar esto fue imposible. Y de acuerdo con el “Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente” (PNUMA) 2000, en Latinoamérica aproximadamente el 20% de las aguas residuales son tratadas, por lo tanto, para resolver este problema es necesario implementar estrategias principalmente a nivel económico y tecnológico (2).

La contaminación de los ríos y demás fuentes de agua en el Perú y el mundo avanza según transcurre el tiempo, las descargas agrícolas, municipales y domésticas entre otros, son las fuentes principales de contaminación de las aguas superficiales. Para minimizar y reducir el impacto en este aspecto es necesario poner en práctica medidas de control, implementar sistemas para tratamiento de aguas, etc. Y principalmente reutilizar el agua, ya que este recurso hídrico está llegando a escasear en estos últimos años (3).

En el 2016 la Autoridad Nacional del Agua fijó 41 unidades hidrográficas, y los parámetros de estas unidades excedían el ECA-Agua. Debido a que aguas residuales industriales, municipales y domésticas desembocaban en estas unidades hidrográficas. Más de 800 municipalidades vierten agua contaminada directamente al cuerpo receptor (ríos) (4) .

En el 2013 los cuatro principales ríos de la región Junín resultaron estar contaminados entre ellos estaba el río Shullcas, afluente que divide dos distritos (El Tambo y Huancayo). Debido a que las empresas, zonas residenciales drenan sus residuos, aguas servidas y desagües al afluente por esta razón observaron que la coloración del río Shullcas variaba entre rojo y azul (5). El 2015 Los parámetros analizados (coliformes totales, DBO5, DQO y E. coli) en el sector bajo (desembocadura) del río Shullcas sobrepasaron el ECA-Agua, categoría 3, mientras que los Sólidos Totales Suspendedos se encontraron dentro del ECA (6).

El río Shullcas, es la fuente de recurso hídrico más importante que abastece a la ciudad de Huancayo, y no es ajeno al problema ambiental que se presenta hoy en día entre otras actividades que exceden los estándares de calidad ambiental, de esta manera el agua residual se trata con el objetivo de reducir y eliminar los contaminantes del agua para que pueda ser reutilizada. Existen varias alternativas, una de estas es la fitorremediación, esta tecnología es sustentable y consiste en utilizar plantas para bajar la concentración de contaminantes y su nivel de toxicidad del agua residual. Se realiza in situ. Las plantas y los microorganismos realizan procesos bioquímicos a través de la raíz (7).

En el año 2018, estudiantes del programa Beca 18 de la Universidad Continental de la facultad de Ingeniería Civil, Ingeniería Ambiental, Arquitectura, Psicología, Ingeniería de Sistemas, Medicina Humana y Enfermería realizaron limpiezas de toda la fuente del recurso hídrico desde el tramo Vilcacoto hasta la desembocadura al río Mantaro, en el proceso de limpieza se recolectaron más 3 toneladas de basura, por tal motivo, buscan asegurar el buen abastecimiento del agua del río Shullcas (8).

La fitorremediación tuvo una gran aceptación como tecnología emergente, esto debido a sus cualidades que presenta como tecnología ambiental sostenible y por su bajo costo en la implementación. Pero no todo basta con esto, en la actualidad sigue cuestionando varias preguntas acerca de la función que cumple la fitorremediación. Aún falta saber con exactitud todo el proceso que implica este tipo de tratamiento (9).

Con todo lo mencionado, el presente trabajo se realiza con el objetivo de determinar el porcentaje de remoción de la especie *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua) y *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua) en la fitorremediación de aguas residuales del río Shullcas en el tramo de Puente Carrión – Desembocadura del río Mantaro, para ello se colectaron las plantas flotantes, de tal manera la presente investigación que se está desarrollando pone en pie, para poder desarrollar el análisis, proceso y finalmente la descripción por cada capítulo como sigue a continuación.

En el capítulo I, se detalla la identificación del problema que abarca de lo general a lo específico, donde se identifican los contaminantes más relevantes en el río Shullcas tales son la DBO, DQO, pH, aceites y grasas, Coliformes fecales y *Escherichia coli* los cuáles están por encima de los LMP establecidos, luego también se desarrolla el cuadro de

operacionalización de variable donde se definen las variables dependientes e independientes en estudio.

En el capítulo II, se desarrollarán los antecedentes internacionales, nacionales y locales para dar credibilidad a la investigación, así mismo nos aportará algunas metodologías para poder desarrollar una mejor investigación, también se desarrollarán las bases teóricas.

En el capítulo III, se abarcará todo lo relacionado al método general, método específico, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, población y muestra y las técnicas e instrumentos de recolección de datos. Todo ello ayudará a realizar el tratamiento estadístico y orientar a la ética profesional al realizar la investigación.

En el capítulo IV, se muestran los resultados obtenidos en comparación de las aguas residuales tratadas con las aguas residuales sin tratar, asimismo la comparación de los parámetros evaluados con el LMP establecidos de lo cual se muestra los objetivos con la finalidad de la discusión de los resultados obtenidos.

Finalmente, se concluye y se recomienda todo lo que se ha desarrollado en la investigación.

## **CAPÍTULO I:**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

##### **1.1.1. Planteamiento del problema**

A nivel mundial la calidad del agua está en constante riesgo por el incremento de la población, el desarrollo de los sectores industriales, agrícolas y la amenaza de que el cambio climático afecte el ciclo hidrológico mundial. Debido a ello en la actualidad existe una necesidad urgente de que las personas a nivel mundial, ya sea sector público o privado, se sumen para afrontar el reto de salvaguardar e incrementar la calidad del agua en los ríos, lagos, acuíferos y agua corriente (10).

Las aguas residuales, en gran parte son generadas de las aguas que son usadas para las actividades humanas. Según que va aumentando la demanda mundial del agua, la mayor cantidad de aguas grises generadas y el nivel de contaminación están cada vez más en aumento a nivel mundial. La mayor parte de aguas residuales en los países desarrollados se vierten directamente al medio ambiente sin ningún tratamiento, el cual tiene consecuencias negativas en la salud, economía y recursos naturales (11).

En el año 2005, aproximadamente 1,200 millones de personas no tuvieron acceso a instalaciones necesarias para abastecerse de agua. 2,400 millones tuvieron escaso acceso a sistemas de saneamiento, por el cual 2,2 millones de personas, en países en expansión mayormente niñas y niños fallecieron por diversas enfermedades vinculadas a la carencia de agua potable, saneamiento inadecuado y ausencia de higiene. La disminución del agua dulce aumentará gravemente con relación al incremento poblacional mundial. Según las Naciones Unidas estimaron que, para el 2025, de 6000 millones de habitantes pasará a ser 8,300 millones. Se puede deducir que para los años posteriores la calidad del agua será pésima y la escasez de agua escaso (12).

La calidad de las aguas se clasifica en seis grados, siendo el primer grado (I) como menor contaminación y el grado (V+) de mayor contaminación. Así en el año 2016 en China, más del 30% del agua fluvial (o de ríos) tenían una contaminación de más de IV grado de contaminación. Así el 14,5% no es apto para ningún tipo de uso. De los siete ríos principales de China, el 50 % de sus aguas tienen un grado de contaminación mayor a IV grado y el 40% de sus aguas con un grado de contaminación mayor a V +, es decir agua no apta para ningún uso. Todo esto es consecuencia del vertimiento de las aguas usadas que hacen las principales provincias de China (13).

Las aguas grises o también llamadas aguas residuales domésticas, es el problema ambiental más relevante que influye en la evaluación de la calidad ambiental de fuentes de agua que se encuentran cerca a centros poblados, con una inadecuada disposición sin un previo tratamiento, puede llegar a ser causante de alteraciones en los factores biológicos del ecosistema, generando efectos directos a la salud, causando brotes de enfermedades, así como efectos indirectos a la salud provocando (impactos negativos desfavorables en la calidad de agua de consumo y las recreacionales así como la salubridad de los alimentos) en las comunidades que se encuentran en contacto directo con estas aguas (14).

La ONU, proyecta que en el año 2030 la demanda mundial del recurso natural (agua) superará el 40% a las provisiones naturales si no se propone alternativas de solución. Casi el 66,67% de la humanidad vive en lugares donde hay escases de agua, se prevé que los países más perjudicados serán los que se consideran como “pobres” debido a que tienen menos recursos para enfrentarse a esta lamentable situación (15).

En Colombia, en el año 2016, se realizó un artículo en el cual analizaron sus características físicas, químicas y microbiológicas de los ríos, en las cuales hallaron altas concentraciones de turbiedad y sólidos totales disueltos, provocando que las fuentes hídricas de Colombia no posean la capacidad de desarrollo de microorganismos. También se encontraron altas concentraciones de coliformes fecales, el cual se asocia a la presencia de aguas residuales. Este

problema se ve en Colombia y en distintos continentes del mundo, generalmente por la falta de tratamiento del agua residuales (16).

En Perú, el 70% del agua ya sean residuales industriales o domésticas se vierte a los cursos de agua sin pasar por un previo tratamiento, a diferencia de los países de mayor desarrollo que superaron este problema ambiental según informó la viceministra de Gestión Ambiental conjuntamente con el ministro del Ambiente, la Señora Ana González del Valle en el informe que dio a conocer en el Día Mundial del Agua. La problemática del agua que se acarrea día a día se solucionará con la implementación de plantas de tratamiento de agua residual, así como ya se instaló las plantas de tratamiento de Taboada y la Chira ubicados en Lima. La ministra González del Valle también sugirió que la población peruana en general debería empezar a tener educación ambiental desde sus hogares, la ministra en su discurso agregó un lema que todos debemos de practicar “AGUA LIMPIA PARA UN MUNDO MÁS SANO”. Así mismo, el MINAM emitió normas que regulan vertimientos de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas y municipales, también emitió leyes que regulan la fiscalización de calidad de agua por las grandes industrias, una de ellas es el decreto supremo que regula con límites máximos permisibles los residuos de las plantas de tratamiento de aguas residuales” (PTAR) del sector Vivienda (17).

De acuerdo a estudios presentados sobre la situación actual y perspectivas en el sector de agua y saneamiento en el Perú, presentado por la Autoridad Nacional de Agua (ANA) en el año 2013, 7 millones de peruanos no tenían acceso al agua potable segura o agua limpia; el nivel de captación del agua potable en un nivel mayor al 80%, es solo en los departamentos (hoy Gobiernos Regionales) de Lambayeque, Lima, Callao, Ica, Arequipa y Tacna; la cobertura en menor al 40% en Amazonas, Huancavelica y Puno (18).

El río Shullcas, en sus aguas lleva todo tipo de desechos sólidos y los afectados por esta contaminación son las personas aledañas al río, ya que todos sus desagües son vertidos directamente al afluente. La mayoría de la población que vive al rededor del río, lo ven como un botadero ya que desechan todo tipo de residuos sólidos entre ellos desechos provenientes de animales y humanos las cuales son sólidos y semisólidos. Debido a ello las aguas del río Shullcas hoy

en día es un problema ambiental porque sobrepasan el ECA-Agua, principalmente la parte baja del río (desembocadura), de acuerdo con los informes presentados por la Municipalidad Provincial de Huancayo (19).

El río Shullcas, se ha convertido actualmente en una alcantarilla y más de 22 kilómetros del río está totalmente contaminado por residuos orgánicos, inorgánicos, también se hallaron restos de residuos químicos que vierten las industrias. El ingeniero Juan Carlos Sulca Yauyo, especialista del Proyecto Cambio Climático CARE-PERÚ considera una situación muy crítica debido a que el río Shullcas es una fuente importante para el consumo de agua potable de aproximadamente 40% de la población de Huancayo. Esta fuente también sirve para alimentar el riego agrícola en la parte alta del río, Vilcacoto, Cochas y Uñas (20).

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es el porcentaje de eficiencia de remoción de contaminantes de las especies *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua) y *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua) en el tratamiento de las aguas residuales del río Shullcas, desembocadura al río Mantaro?

### **1.2.2. Problemas específicos**

¿Cuáles son las características de las especies *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua) y *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua)?

¿Cuál es la diferencia entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales antes y después del tratamiento con las especies *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua) y *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua)?

¿Cuál es la diferencia entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual tratada y los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales D.S. N°003-2010-MINAM?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar el porcentaje de eficiencia de remoción de las especies *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua) y *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua) en el tratamiento de las aguas residuales del río Shullcas, desembocadura al río Mantaro.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

Describir las características de las especies *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua) y *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua).

Determinar la diferencia entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales antes y después del tratamiento con las especies *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua) y *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua).

Determinar la diferencia entre los parámetros fisicoquímicos del agua residual tratada y los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

### **1.4. Justificación e importancia**

#### **1.4.1. Justificación**

Ambientalmente el agua es una sustancia con características únicas de valor, importante para la vida en el mundo y su desarrollo. La problemática sobre la contaminación de las aguas surge de los vertimientos de los desagües, en esto se encuentran concentraciones altas de materia orgánica, haciendo que el DBO5

y DQO estén por encima de su capacidad de autodepuración de su entorno acuático haciendo necesario el tratamiento de aguas residuales domésticas para ayudar con el medio ambiente. Una solución eficaz para el tratamiento de aguas residuales domésticas que dio grandes resultados es la remoción de contaminantes utilizando plantas acuáticas, tales como la *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua) que tiene una capacidad de 100% en remover el nitrógeno amoniacal y la especie *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua) disminuye concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Fósforo (PO<sub>4</sub>) (21).

En el aspecto social se espera que la población en general tenga la importancia que se debe dar a la investigación de sistemas de tratamientos biológicos donde su objetivo es el aprovechamiento de plantas acuáticas con la finalidad de remediar aguas residuales domésticas, posibilitando la implementación en zonas urbanas y rurales.

Económicamente es muy importante, ya que al utilizar las plantas acuáticas como son la *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua) y la *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua) de nombre común, disminuirá el costo de inversión en todo el sistema de tratamiento de aguas residuales, sin embargo, al implementar una planta de tratamiento de aguas residuales resulta ser muy costosa debido a que requiere mayor costo de inversión.

En lo tecnológico, se demuestra que la tecnología que se utiliza en el tratamiento de agua residual con plantas acuáticas es sencilla, ya que al utilizar las plantas acuáticas no es necesario implementar tecnologías de costos elevados, ya que, la remediación de las aguas residuales con estas plantas macrófitas se desarrolla en estanques o canales de mayor dimensión que están en un promedio de 0,4 a 1,5 m. Además, antes de la depuración en los estanques, el agua residual es tratada previamente en filtros con grava, de esta manera quedan atrapados los residuos sólidos existentes en el agua residual.

#### **1.4.2. Importancia**

La importancia de la presente investigación es puesta al problema usual de la contaminación de las aguas del río Shullcas a través de vertimientos de las aguas residuales sin tratamiento, el río Shullcas es contaminado con desechos de residuos sólidos y domésticos, así mismo por los desagües vertidos de centros domésticos ubicados en las riberas del río. Debido a este impacto ambiental esta investigación propone una alternativa de tratamiento de aguas residuales mediante la fitorremediación empleando las especies acuáticas como la *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua) y *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) que se incluya en el proceso de tratamiento y se considera una solución eficiente.

#### **1.5. Operacionalización de las variables**

Variables	Definición	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Escala de medición
Independientes: <i>Hydrocotyle bonariensis</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>	Son plantas acuáticas que son resultados para remover parámetros químicos y microbiológicos un rol importante en los mecanismos de la absorción en los nutrientes DQO, DBO, Coliformes Termotolerantes, PH, Escherichia coli y aceites y grasas	Características de las plantas acuáticas <i>Hydrocotyle bonariensis</i> (Redondita de agua) y <i>Eichhornia Crassipes</i> (Jacinto de agua)	Color de hojas  Crecimiento de las plantas	Observación	Razón
Dependiente: Eficiencia de remoción de contaminantes	Se refiere a la disminución de concentraciones de DQO, DBO, Coliformes Termotolerantes, pH, Escherichia coli y aceites y grasas presentes en agua residual doméstica.	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos	DQO, DBO, PH, Coliformes Termotolerantes, Escherichia coli y aceites y grasas.	Análisis en laboratorio	mg/L., Unidad de pH, NMP/100 ml
		Remoción de concentraciones	de mg/L., Unidad de pH, NMP/100 ml de inicial y final <i>Hydrocotyle bonariensis</i> (Redondita de agua) y <i>Eichhornia Crassipes</i> (Jacinto de agua)	Análisis estadísticos	

**Tabla 1.** Operacionalización de las variables. Elaboración propia

## CAPÍTULO II:

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

En la tesis titulada “Fitorremediación usando *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), en la planta de tratamiento de agua residuales del recinto Pita, Caluma - Bolívar durante el año 2020”, estudio realizado en la Universidad de Guayaquil, que tiene como objetivo general determinar la incidencia de remediación mediante el uso de la especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) en la planta de tratamiento de agua residual municipal del recinto Pita, en la investigación se realizó un diseño de experimento de tipo cuasi experimental y experimental debido a que se manipulan variables que ayuda a la obtención de datos. Así mismo se pudo obtener resultados de DBO en el P3 incrementando el valor con una media de  $50,12 \pm 7,97$  mgO<sub>2</sub>/L y la determinación de DQO en el P3 incrementando el valor con una media de  $96,37 \pm 15,54$  mgO<sub>2</sub>/L. Así mismo, concluye que la especie *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua) aplicada para fitorremediación es eficiente en la depuración de las aguas residuales domésticas (22).

En la tesis titulada “Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industriales y de uso agrícolas previamente caracterizadas en el Cantón Ambato, provincia de Tungurahua en el año 2014”, realizada en la universidad Técnica de Ambato - Ecuador, tiene como objetivo general evaluar la capacidad de fitorremediación de varias especies acuáticas flotantes aplicadas en aguas residuales y agrícolas en el Cantón Ambato, la investigación tiene diseño de investigación experimental o de laboratorio , donde se manipulan ciertas variables independientes para luego observar los efectos en la variable dependiente. Este estudio aporta el tiempo de tratamiento (tres semanas) que emplearon para la fitorremediación, los parámetros que analizaron (pH, CE, ST, SDS, DBO, DQO, aceites y grasas, nitritos, cloruros). Por último,

hay que mencionar que, en las aguas residuales, la especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) tiene más eficiencia de remoción de contaminantes (23).

En la tesis titulada “Evaluación de la bioconcentración de dos especies de macrófitas acuáticas *Eichhornia crassipes* y *Lemna spp* en la fitorremediación de un medio contaminado con plomo durante el año 2016”, realizado en la escuela superior politécnica de Chimborazo. El estudio aporta una metodología para el análisis de concentraciones de metales utilizando una metodología de recolección de Macrófitas que tiene las siguientes características: plantas con buena pigmentación, que no presentan síntomas de necrosis, así mismo sin alteraciones o daños en sus partes. La *Eichhornia crassipes* debe tener la raíz azulada. Durante la etapa de fitorremediación los resultados finales de concentraciones de plomo absorbida por cada tratamiento las cuales consideraron 3 tratamientos: A, B y C que dieron los siguientes valores promedios 3.68, 4.56 y 1.41 ppm concluyendo que el mejor resultado fue del tratamiento C el cual conforma por un tratamiento combinado (*Lemna spp* y *Eichhornia crassipes*) demuestran que tienen una alta capacidad de remediar en absorción del plomo (24).

En la tesis titulada “Determinación de la capacidad de absorción de dos especies vegetales *Limnocharis Flava* (Buchón de agua) y *Hydrocotyle Bonariensis* (Muñequita de agua) en aguas contaminadas con plomo, durante el año 2017”, desarrollada en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se rescata la metodología que utilizó, el método experimental. Así comprobaron que a menor concentración de la especie de *Hydrocotyle Bonariensis* absorbe más concentración de plomo, estas especies tienen un mayor rendimiento en humedales (25).

En la tesis “Fitorremediación de plomo Pb 2+ por medio de una planta clonal *Hydrocotyle Bonariensis* en el año 2017”, desarrollada en la Universidad Nacional Autónoma de México, tiene como finalidad evaluar la capacidad de remediación en agua de una planta originaria del lugar de la laguna Mancha-Veracruz realizando el experimento a escala de laboratorio. En la investigación para la obtención de la especie, se realizó un muestreo en la Mancha, Veracruz el cual fue nombrado “Muestreo Planta”, se recolectaron 35 unidades de

*Hydrocotyle Bonariensis* de las cuales cada una contenía entre 2 y 4 ramas, además, construyeron una incubadora de crecimiento con la finalidad de aclimatar y propagar la planta. Los resultados muestran que aproximadamente en 3 meses la especie creció muy bien desarrollada gracias a ello la absorción de la concentración de  $Pb^{+2}$  es de manera considerable (26).

### 2.1.2. Antecedentes nacionales

En la tesis titulada “Evaluación de la eficiencia de la remoción de plomo en aguas residuales del río Tarma usando *Hydrocotyle bonariensis* y *Typha latifolia* en humedales artificiales durante el año 2020”, realizada en la Universidad Católica. Este estudio aporta informaciones muy importantes de los resultados obtenidos de la fitorremediación ya que, afirma que la especie *Hydrocotyle bonariensis* tiene una capacidad de remoción de 49,82% de DBO5, también demuestra el descenso de PH de 7.20 a 6.02, así mismo, cabe mencionar que tiene una eficiencia de remoción de 80,73% de Nitrógeno total. (27).

En la tesis titulada “Eficiencia de fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) para disminuir concentraciones de Arsénico en aguas del centro poblado Cruz del Medano-MORROPE en el año 2019”, realizada en la Universidad de Lambayeque. El estudio aporta la metodología, que consistió en analizar el agua contaminada con plomo antes y después del tratamiento con el *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) durante dos semanas. Se concluyó que el *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) aumenta su capacidad fitorremediadora según va pasando el tiempo. En las dos semanas tuvo una eficiencia de 60% manteniendo los parámetros de pH (Potencial de hidrógeno) y T (temperatura) (28).

En la tesis titulada “Evaluación de *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* en la remoción de parámetros de las aguas residuales domésticas de la quebrada Azungue de la ciudad de Moyobamba durante el año 2015”, realizada en la Universidad de San Martín. El estudio aporta con la metodología aplicada, en la cual utilizaron 72 litros de agua residual, para cada planta, durante 3 meses. Los parámetros analizados fueron: pH, DBO, temperatura, turbiedad, coliformes

Termotolerantes. Los resultados se compararon con los límites máximos permisibles para PTAR. Finalmente, la especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) tuvo más eficiencia que la *Lemna minor* (Lenteja de agua) (29).

En la tesis titulada “Uso de la planta de *Eichhornia crassipes* para la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno en el agua residual porcina de la empresa CAMPOY del distrito de Aucallama, Huaral en el año 2019”, realizada en la Universidad Nacional de José Faustino Sánchez Carrión. Esta investigación aporta con la metodología que consistió en utilizar dos tanques, cada uno con 15 litros de agua residual. En un tanque se colocó 200 gr y en el otro 400 gr de *Eichhornia crassipes*. La carga orgánica se determinó después de 15 días de retención, luego de analizar los resultados y compararlos con el LPM para una PTAR, se concluyó que sobrepasan los LMP de efluentes porcinos, pero sí lograron reducir la concentración de materia orgánica, llegando a un porcentaje de eficiencia de remoción del 80% (30).

En la tesis titulada “Utilización de la *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* en la remoción de nitrógeno y fósforo de las aguas residuales de la laguna de oxidación de la empresa EMAPACOP S.A. - Ucayali en el año 2018”, realizada en la Universidad Nacional de Ucayali. En esta investigación los resultados de la “capacidad de remoción de N y P”, fue de 70% y 80% para *Eichhornia crassipes* y 55% - 60% para *Lemna minor*. La cantidad de plantas óptimas para tratar es 60 unidades para 80 litros de agua residual (31).

En la tesis titulada “Eficiencia de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms Laoub-Pontederiaceae y *Nasturtium officinale* W.T. Aiton - Brassicaceae en la remoción de DBQ5 y DQO del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Celendín en el año 2019”, esta investigación fue realizada en la Universidad Nacional de Cajamarca. En la discusión y resultados de la investigación concluye que la remoción del DBO con la especie Jacinto de agua fue de 85.80%, DQO de 84.33%, el oxígeno disuelto con Jacinto de agua fue de 2.56 mg o2/l. Se concluyó que la especie más eficiente en la remoción de los parámetros mencionados fue el Jacinto de agua (32).

En la tesis titulada “Remoción de materia orgánica de las aguas residuales utilizando *Eichhornia crassipes* en humedales artificiales elaborada en el 2018”, desarrollada en la Universidad César Vallejo-Trujillo. El objetivo fue determinar la capacidad de remediación que tiene la especie “Jacinto de agua en humedales artificiales”, tomando como referencia antecedentes internacionales y nacionales, en este estudio se demuestra los resultados obtenidos donde se logra remover la materia orgánica en el cual se usó los humedales artificiales incorporando Jacinto de agua donde se obtuvieron el porcentaje de remoción de la DBO5 , 63.9% para la DQO, 65.1% y en SST ,68.2% (33).

En la tesis “Eficiencia del *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) y *Lemna minor* (lenteja de agua) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza - Amazonas - Chachapoyas en el 2015”, el estudio se realizó en la Universidad Nacional Rodríguez de Mendoza. De la investigación se resalta los resultados de la eficiencia de remoción de la especie *Eichhornia crassipes*, el cual resultó ser más eficiente en el tratamiento de agua residual de la universidad con un porcentaje de remoción de 88.24% a diferencia de la especie *Lemna minor* que tuvo un 81,24% de remoción (34).

En la tesis “Análisis de absorción de metales en la planta *Hydrocotyle Vulgaris* en el crecimiento en agua natural y residual en la zona de Carhuamayo durante el año 2020”, desarrollada por la Universidad Nacional de Daniel Alcides Carrión. La investigación tiene como finalidad analizar la capacidad de absorción de la especie *Hydrocotyle Vulgaris* en aguas residuales y en agua natural en el Distrito de Carhuamayo, utilizando un método de recolección de muestras, tomando como criterio las condiciones de la zona e incorporando la especie *Hydrocotyle Vulgaris* ya que se desarrolla en aguas residuales y en agua natural, se obtuvieron resultados muy significativos en metales pesados. Para los resultados, de las partes de la planta: hoja, tallo y raíz se obtuvo que, las hojas tienen capacidad de absorción significativos en agua residual (K, Na, Cd, Pb, Cu y Zn) en agua natural (Ca, Mg y Fe), el tallo tiene capacidad de absorción significativo en agua residual (Ca, K, Na, Cd, Pb, Cu, Fe y Zn) en agua natural (Mn), la raíz tiene capacidad de absorción significativo en agua residual (Ca, Na, Cd, Pb, Cu y Zn) en agua natural (K y Fe) (35).

### 2.1.3. Antecedentes locales

En la investigación “Eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante las macrófitas *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*, plantas típicas de la Selva Peruana”, realizado por la Universidad Peruana Unión, esta investigación aporta con la metodología desarrollada, lo cual consiste en la selección de las plantas acuáticas teniendo en cuenta la pigmentación y la raíz de aproximadamente 30 cm. Para posteriormente colocarlos en un recipiente y pasar por la fase de adaptación, después se realizó la limpieza de las raíces y de toda la planta. También cabe mencionar que para este tratamiento se consideró un tiempo de duración de 4 meses, los monitoreos se realizaron mensualmente. Así mismo, en sus resultados se determina que la especie *Eichhornia Crassipes* removió los parámetros de aceites y grasas a 75.4%, DBO a un 78.2%, DQO al 72.1%, STS 82% y Coliformes fecales 99.9%. Por ello concluye que la especie *Eichhornia Crassipes* es eficiente en la remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de aguas residuales domésticas (36).

En la tesis titulada “Mejoramiento de la eficiencia de remoción de materia orgánica y coliformes Termotolerantes en la PTAR del distrito de Huáchac - Chupaca”, realizada por la Universidad Nacional del Centro del Perú - Huancayo, concluyó que la aplicación de la especie *Hydrocotyle bonariensis* en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del distrito de Huáchac-Chupaca, ha disminuido las concentraciones de Materia Orgánica y coliformes, alcanzando una eficiencia de remoción de 84,2% de DBO, 86,3% de DQO y 77,3% de coliformes Termotolerantes (37).

En la tesis titulada “Tratamiento por humedales con la especie *Hydrocotyle bonariensis* en la depuración de la laguna de oxidación del anexo de Huayao-Chupaca”, realizada por la universidad Nacional del Centro del Perú, concluyó que la presencia de la planta *Hydrocotyle bonariensis* en la laguna de oxidación, realiza que el afluente que entra al sistema con un DBO5 de 340 mgO<sub>2</sub>/L reduce a 9,5mgO<sub>2</sub>/L, logrando una disminución del 92%. Así mismo, afirma que el afluente que ingresa tiene altas concentraciones de coliformes totales con un promedio 6166,67 NMP/100 ml, el cual va reduciendo desde que entran en contacto con la especie *Hydrocotyle bonariensis*, donde el valor en la salida de la

laguna de oxidación es 2433,33 NMP/100 ml. Dando un porcentaje de remoción del 61,40% (38).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. El agua**

El agua es un líquido incoloro e insípido, se halla generalmente en estado líquido, en las lagunas, ríos, mares, etc. Esta sustancia ocupa las tres cuartas partes del planeta, además forma parte de los seres vivos. En nuestro planeta el agua se encuentra en distintos estados, como líquido, sólidos y gaseoso. Pasa por el ciclo hidrológico, el cual es una serie de procesos y cambios de fase, de las características químicas, físicas, microbiológicas. El ciclo hidrológico está influenciado principalmente por la radiación solar (39).

El ciclo del agua ya sea en dulce o salada está sometida a la radiación del sol y en consecuencia a esto, el agua sufre cambios como la evaporación y llega a la atmósfera. Este vapor en temperaturas bajas se condensa y se forman en pequeñas gotas de agua, el conjunto de estos se le llama nube. Cuando estas gotas aumentan de tamaño caen a la superficie en forma de lluvia. Incorporándose a los ríos, lagos, mares, lagunas, etc. El recurso hídrico superficial (lagos, lagunas y ríos y corriente de agua dulce, lagos y mares salados) forman el 0.019% del total del agua en el planeta (39).

El agua tiene propiedades como la densidad que es casi igual a (0.9999g/cc a 20°C) y su tensión superficial varía con el oxígeno, pH y compuestos de carbono y azufre también varía con los compuestos nitrogenados, fosforados y compuestos halógenos, etc. (40).

La estructura del agua está compuesta por moléculas de hidrógeno y oxígeno y mediante un proceso se unen por un enlace llamado “covalente polar” dando un resultado final de una sola molécula denominada geometría angular. Este recurso hídrico es muy importante debido a que es indispensable para cualquier actividad en la vida y desarrollo de un asentamiento humano. Años atrás los recursos eran considerados disponibles para diversos usos, últimamente el agua va reduciendo su cantidad disponible y se evidencia escasez de agua en distintos lugares del

mundo. La calidad del agua se deteriora progresivamente, este es un problema ambiental ya que el vertimiento de las aguas sin tratamiento es incontrolado. El uso del agua para fines de reacción es cada vez más importante debido al aumento económico, ya que la población realiza más actividades que están relacionadas directamente con el agua, la calidad de este recurso hídrico es mucho más importante que su cantidad (41).

### **2.2.2. Contaminación del agua**

La suciedad del recurso hídrico es el impacto que genera la aglomeración de sustancias tóxicas y vertimientos de aguas contaminadas hacia los ríos, mares, lagos, etc. El impacto que genera el hombre no es el único factor de la contaminación del recurso hídrico. El medio natural también puede adoptar concentraciones de hierro, arsénico, entre otros metales pesados, por ejemplo, un fenómeno natural como las erupciones volcánicas podrían provocar deterioro en su calidad ya que a través de las inundaciones y sequías impactan en el medio ambiente. La contaminación del agua procede de fuentes industriales, ganaderas, urbanas, agrícolas, etc. (11).

La actividad humana es considerada como fuente principal de contaminación por plomo, ya que la humanidad es el generador de la combustión del petróleo y la gasolina. Estos aportan con un 5% de la emisión antropogénica además es la principal fuente del ciclo del plomo. Las industrias requieren de agua en sus procesos, y el agua residual procedente, muchas veces es vertida sin previo tratamiento. A diferencia de las aguas residuales domésticas, estas generan fósforo y nitrógeno en menor proporción, pero sí generan grandes cantidades de materia orgánica. Los parámetros fisicoquímicos y biológicos de los límites máximos permisibles de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticos o municipales D.S. N°003-2010 MINAM al ser excedidos pueden generar efectos en la salud y el entorno ecosistémico (42).

Las aguas residuales domésticas tienen origen en los domicilios y son recolectadas por el sistema de alcantarillado, la composición de estas aguas es variable. Los elementos que se encontraron en las aguas residuales domésticas son los sólidos totales, sólidos sedimentables, DBO, carbono orgánico, DQO, nitrógeno orgánico,

amonio libre, fósforo, cloruros, sulfatos, aceites y grasa, coliformes totales, entre otros. En función a las concentraciones de los contaminantes, se le denomina media o débil al agua residual. Estas concentraciones varían dependiendo al tiempo y lugar de procedencia. En el agua residual doméstica también están presentes los microorganismos como las *Pseudomonas Aeruginosas*, coliformes, Salmonella, etc. (43).

### **2.2.3. Límites máximos permisibles**

“Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que diferencian a una emisión, que al exceder puede ocasionar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Así mismo, cabe mencionar que su conformidad es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental”. (44)

#### **2.2.3.1. pH**

Este parámetro es un indicador que mide si la solución es básica o ácida, para determinar la cantidad de iones o cationes de hidrógeno presente. El pH es muy importante para optimizar el desarrollo óptimo de sistemas orgánicos, cuando un pH ácido se descarga disuelve metales pesados y cuando un pH alcalino se descarga sedimenta los metales pesados (45) (37).

#### **2.2.3.2. Demanda química de agua DQO**

El experimento de la DQO se aplica para analizar las concentraciones de materia orgánica en todo tipo de aguas residuales y aguas naturales. En el experimento, para evaluar el comparable de oxígeno de materia que pueda oxidarse se adhiere agentes químicos para que se pueda oxidar en un medio ácido, el experimento se debe llevar a cabo a temperaturas elevadas (46).

#### **2.2.3.3. Demanda bioquímica de oxígeno - DBO**

La DBO se utiliza como un indicador para calcular la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación de la materia orgánica biodegradable que se encuentra en las aguas residuales. Así mismo, cabe mencionar que la Demanda Bioquímica de Oxígeno es uno de los parámetros más precisos en la medición de contaminantes en aguas residuales, también se utiliza para la vigilancia de la calidad del agua potable. La cantidad que necesitan los microorganismos del oxígeno para que oxiden la materia orgánica de forma aerobia se llama (DBO). La Demanda Bioquímica de Oxígeno se mide en diversas unidades de medida, pero la que se utiliza es en la unidad de miligramos de oxígeno que se requiere por la unidad de litro de agua residual (mg/l) (47).

#### **2.2.3.4. Coliformes fecales o termotolerantes**

Los coliformes Termotolerantes son bacilos *Gram negativos* que tienen una reproducción asexual con medio de reproducción no espatulados que fermentan lactosa produciendo gas y ácido a una temperatura de 44,5°C dentro de las 24 horas, el grupo más representativo en coliformes fecales es el *Escherichia coli* (37).

La existencia de Coliformes fecales en el agua implica un índice de que hay presencia de contaminación en aguas servidas o aguas negras u otro tipo de agua, que está en putrefacción y las bacterias como *Escherichia coli* están presentes en este tipo de aguas en la capa superficial (48).

#### **2.2.3.5. Aceites y grasas**

Son sustancias que siempre están en constante flotación, formando un estrato en la superficie del agua, debido a ello impide que haya transmisión de gases entre el aire y el agua, se resalta que en este proceso el más importante es el oxígeno (46).

#### **2.2.4. Aguas residuales**

En el 2017, la UNESCO mencionó que alrededor del 80% de agua residual regresa al medio ambiente, sin antes recibir un tratamiento. Existen diversos tipos de agua residual, la calidad de esta agua está impactada de manera negativa generalmente por la actividad antropogénica (49). El agua residual es una mezcla que está

compuesta por más del 99% de contaminantes orgánicos y no orgánicos, éstos se encuentran suspendidos o disueltos. Las concentraciones de los contaminantes se miden en mg/L (miligramo de muestra por litro de mezcla). Esta unidad tiene un vínculo pero, por volumen, también se puede medir en mg/kg o ppm partes por millón (50).

#### **2.2.4.1. Tipos de aguas residuales**

Las aguas residuales domésticas están compuestas por residuos generados en las viviendas en ello se incluye residuos generados en la cocina, lavadero de ropa y sanitario, el cual se conoce como agua residual doméstica negra. También indica, que las aguas residuales de zonas residenciales mezclado con residuos líquidos de centros comerciales e industriales, se llama agua residual municipal. “Estas generalmente se recogen en un sistema de alcantarillado público”. De acuerdo al uso de agua se determina la cantidad de las aguas residuales municipales, debido a que el agua es consumida por la población, así también se utiliza en productos industriales y es necesaria para otras actividades como el riego de áreas verdes y la limpieza de calles, sin embargo, solo del 70 al 90% del agua abastecida llega a las alcantarillas (50).

Las aguas residuales industriales son generalmente vertidas desde un lugar que tiene un fin comercial o industrial, tiene una composición casi constante y depende del lugar de procedencia, así como del horario de funcionamiento de las industrias, etc. Los componentes de estos vertidos se clasifican según el método de tratamiento que se le da a este tipo de aguas: elementos insolubles separables físicamente, orgánicos separables por adsorción, separables por precipitación, que se eliminan mediante tratamiento biológico, ácidos y bases, etc. (51)

Las altas concentraciones de compuestos orgánicos e inorgánicos ocasionan que el tratamiento de estas aguas sea más difícil, ya que, a comparación con las aguas residuales domésticas, estas contienen concentraciones de contaminantes que se tratan difícilmente y no se eliminan con tratamientos convencionales a causa de su alta toxicidad de los contaminantes. Las aguas residuales urbanas son la combinación de las aguas residuales domésticas más los efluentes industriales y

las aguas provenientes de la lluvia. Estas aguas son recolectadas por el sistema de alcantarillado para posteriormente realizar tratamientos (52).

### **2.2.5. Tratamiento de aguas residuales**

El tratamiento de las aguas residuales consiste en realizar procesos y operaciones físicas, químicas y biológicas, con la finalidad de descontaminar el agua hasta que tenga una calidad aceptable para su disposición final o para volver aprovechar el recurso hídrico, para ello se realizan tratamientos preliminares, primarios, secundarios hasta terciarios.

En el tratamiento preliminar se retienen sólidos finos y gruesos que tienen mayor densidad que el agua y la arena. En el primer tratamiento se realiza la remoción del material suspendido, menos el material coloidal. En este tratamiento se elimina alrededor de 60% a 70% del material suspendido y hasta un 30% de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), dentro de este tratamiento mayormente se utiliza el tanque séptico y el tanque Imhoff. Durante el tratamiento secundario se incluye el tratamiento biológico, en la que existen reacciones bioquímicas que es generada por los microorganismos utilizados y llegan hasta una remoción de 50% a 95% de DBO. El tercer tratamiento depende mucho de la finalidad o uso que se le va a dar a las aguas residuales tratadas, en esta etapa se realiza la remoción del fósforo y nitrógeno, con el objetivo de que el agua residual tratada no genere ninguna eutrofización ni crezcan algas en ninguna fuente hídrica, para esto se utilizan métodos como la ozonización y la radiación UV (53).

#### **2.2.5.1. Fitorremediación**

La fitorremediación es un concepto muy antiguo, que consiste en utilizar la capacidad natural que tienen las plantas para absorber los contaminantes del agua, principalmente para la remoción de los metales pesados y plaguicidas. La fitorremediación consiste en que las plantas realizan procesos para eliminar, minimizar, etc. los contaminantes de un medio como es el agua, suelo, lodos, etc. Las plantas que se utilizan en la fitorremediación atrapan los contaminantes y lo absorben a través de la degradación o metabolización, transformando los contaminantes en sustancias menos tóxicas (54).

Esta técnica, es muy sustentable debido a que las plantas son las principales fuentes para disminuir la concentración de los contaminantes a través de procesos químicos que realizan las raíces y los microorganismos que se encuentran en la rizósfera de las plantas degradando la materia orgánica. Estas sustancias que se producen durante el metabolismo de los microorganismos son absorbidas por las plantas al igual que el fósforo, nitrógeno y otros minerales. Las plantas realizan la metabolización de los compuestos orgánicos en tres pasos de manera sucesiva:

En la fase I, que es Óxido - reducción e hidrólisis de los compuestos orgánicos, se realiza el transporte de los contaminantes hasta la parte interna de la planta seguidamente hasta la célula. Este transporte se hace a través de las raíces y llegan al medio mediante el intercambio catiónico. Las raíces tienen carga negativa debido a la interacción de los grupos carboxilos y las cargas positivas de los metales, entrando así al interior celular vía apoplética o simplástica. La vía simplástica, es cuando el agua y las sales minerales llegan hasta los vasos leñosos mediante el interior de la raíz a través del citoplasma de las células que forman el parénquima cortical. Las sales minerales hacen el transporte activo, mientras que el agua realiza ósmosis. La vía apoplética, consiste en que el agua y algunas sales minerales llegan hasta la endodermis a través del interior de la raíz, paredes celulares y espacios intercelulares. Atraviesan las membranas y el citoplasma de las células realizan ósmosis, mientras que las sales minerales atraviesan células de la endodermis por transporte activo. La diferencia entre estas dos vías solo es la ruta que toma el agua, las sales minerales y los procesos que hay mientras son transportados. Una vez que el contaminante se encuentra dentro de la planta.

Durante la fase II, las especies metálicas son secuestradas o acomplejadas a través de la unión de ligandos específicos. Los quelantes que producen las plantas son ácidos orgánicos, aminoácidos, y péptidos como las fitoquelatinas y metaloteínas. Las fitoquelatinas están formadas por tres aminoácidos que están unidos por enlace peptídico a diferencia de las metalotioneínas, éstas tienen altas concentraciones de cisteína, que es un ácido capaz de formar complejos con los cationes, tienen una gran afinidad por lo iones de Zn, Cd, Hg y Cu.

Por último, en la fase III, se realiza el proceso de compartimentalización y detoxificación, así, el complejo ligando-metal queda en la vacuola de la planta acuática (55).

### 2.2.5.2. Tipos de fitorremediación

La fitorremediación se realiza mediante los siguientes mecanismos.

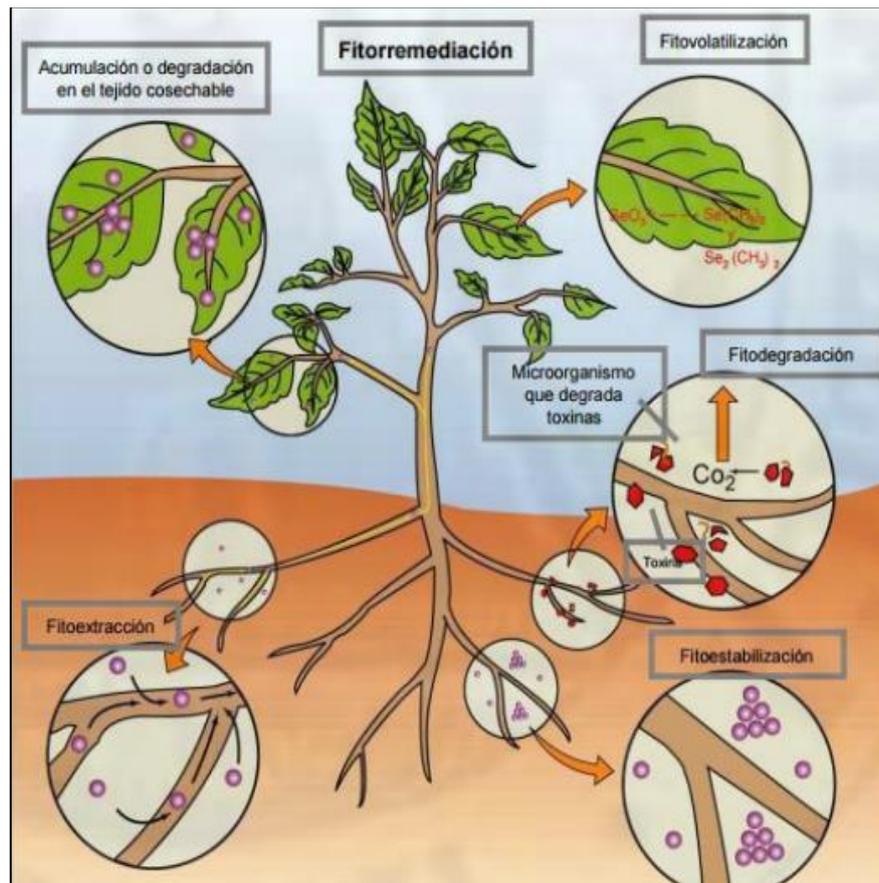


Figura 1. Tipos de fitorremediación. Extraído de (54)

- Fitodegradación o fitotransformación: Consiste en que las plantas degradan y transforman los contaminantes en otras sustancias menos tóxicas, la degradación y transformación lo hacen con reacciones enzimáticas en la rizósfera de la planta, para luego ser asimilados y secuestrados en las vacuolas de las plantas convirtiéndose en lignina (54).
- Fitovolatilización: Consiste en que las plantas y árboles absorben los contaminantes junto con el agua y sales minerales, llegando así hasta las hojas y se evaporan en la atmósfera, en este proceso se eliminan contaminantes orgánicos y hasta metales pesados (54).

- **Rizofiltración:** la rizofiltración tiene como fin utilizar las raíces para absorber y adsorber los contaminantes orgánicos e inorgánicos del agua. Estas se cultivan hidropónicamente, cuando las raíces de las plantas están bien desarrolladas se adhieren a las aguas en donde las raíces absorben y acumulan los contaminantes, según se va saturando las raíces, se realiza la disposición final de las plantas. Algunas de estas plantas tienen gran capacidad de absorción de metales y otros de contaminantes como son los *Scirpus lacustris*, *Lemna gibba*, *Azolla caroliniana*, *Myriophyllum aquaticum*, *Ludwigia palustris* y *Mentha aquatic*, entre otras especies. La biorremediación está relacionada principalmente con las raíces de las plantas, pero también en otros casos involucra la población microbiana que está asociada al sistema radicular de las plantas (54).
- **Fitoextracción:** También se le denomina fitoacumulación, las plantas absorben los contaminantes a través de sus raíces y lo acumulan en sus tallos y hojas. Para realizar una fitoextracción exitosa y eficiente, primero se selecciona la planta, luego se pone en contacto con el agua contaminada, una vez terminado el tiempo de retención o tratamiento, se retiran las plantas y se procede a secarlas para luego ser incineradas. Las cenizas se depositan en un vertedero con seguridad (54).
- **Fitoestabilización o fitoinmovilización:** Consiste en reducir la biodisponibilidad de los contaminantes, absorbiendo y acumulando en las raíces, con esta técnica se puede reducir la toxicidad de los contaminantes y la probabilidad de generar percolación. Las plantas realizan este proceso en la “interfaz suelo-raíz”. Las plantas cumplen una función de control hidráulico en el área contaminada ya que actúan como una bomba solar que absorbe la humedad de los suelos, esto se debe a las altas tasas de evapotranspiración, este proceso mantiene una humedad constante en la zona de rizósfera y manifiesta las condiciones adecuadas para la inmovilización de los metales. Esto se debe a las reacciones químicas como la precipitación o formación de complejos insolubles o por mecanismos físicos, como la adsorción. En esta área, los metales se fijan fuertemente en las raíces de las plantas (56).

## **2.3. Plantas acuáticas**

### **2.3.1. Plantas emergentes**

Las plantas emergentes también incluyen plantas flotantes que están en aguas poco profundas, también crecen a la orilla de cursos de agua y son adaptables a cualquier tipo de clima, así mismo son muy conocidas porque tiene alta capacidad de realizar fotosíntesis.

#### **2.3.1.1. Plantas flotantes**

Las plantas que se caracterizan por flotar, estas especies flotan en la superficie del agua y sus raíces se encuentran sueltas sumergidas en el agua y se multiplican con rapidez, las plantas flotantes crecen en aguas estancadas con alto contenido de nutrientes (57).

#### **2.3.1.2. Sumergidas**

Las plantas sumergidas denominadas también plantas acuáticas, recolectan sus alimentos del agua, mayormente se desarrollan en lagos y pantanos abiertos. Esta especie tiene un alto nivel de adaptación, debido a que desarrollan organismos fotosintéticos por debajo de la columna del agua, además de las condiciones limitadas de luz (57).

### **2.3.2. *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua)**

#### **2.3.3. Descripción**

El Jacinto de agua vive en aguas empantanadas, aguas estancadas, también esta especie es conocida como: lampazo, violeta de agua, bora, lirio de agua, taruya entre otros, dicha planta se multiplica con rapidez a través de las plantas hijas. Así mismo esta especie carece de tallos, pero tiene rizoma con lo que puede flotar, ahí se encuentran sus hojas esponjosas similares a un globo el cual tiene una función como una vejiga rellena de aire, esta le permite sumergirse en el agua. Tiene como características su color verde y sus hojas en forma de corazón (28).



**Figura 2.** *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua). Fuente propia

#### **2.3.3.1. Condiciones para su crecimiento**

- Temperatura: el Jacinto de agua para su crecimiento óptimo se fija en temperaturas entre 22 a 25 °C. Puede perderse en zonas frías en invierno, no soportan las heladas.
- Agua: el Jacinto de agua crece en aguas ricas en nutrientes, tolera varias ampliaciones de concentraciones en la temperatura y los niveles de pH (57).

#### **2.3.3.2. Morfología**

La macrofita *Eichhornia crassipes* es una especie de tipo emergente reconocida porque tiene la capacidad de eliminar altas concentraciones de contaminantes del agua. Esta planta tiene capacidad de multiplicarse con rapidez, además presenta hojas acorazonadas que les permite sumergirse en el agua. Tiene un ancho de 3-12cm, es de color verde intenso y sus flores son de diferentes colores. Esta planta pertenece a la familia *Pontederiaceae* procedente de la porción Sur del Continente Americano de las cuencas del río Amazonas (28).

#### **2.3.3.3. Taxonomía**

En la siguiente tabla se muestra la clasificación taxonómica del Jacinto de agua.

Reino	Vegetal
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Orden	<i>Pontederiales</i>
Familia	<i>Pontederiaceae</i>
Género	<i>Eichhornia</i>
Especie	<i>Crassipes</i>

**Tabla 2:** Taxonomía de la especie *Eichhornia crassipes*. Extraída de (58)

### 2.3.4. *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua)

#### 2.3.4.1. Descripción

La redondita de agua es una planta acuática flotante también se le conoce con otros nombres comunes, su extensión abarca en zanjas, charcos, orillas de ríos y lagunas. Además cabe resaltar que es una especie pequeña de una estructura simple (58). De igual manera es una especie nativa que crece en agua o en tierra, esta especie posee hojas redondas y verdes alcanzando 15cm de altura (21). También la redondita de agua es una especie *siclino-monaica*, con flores de diferentes sexos, debido a ello su réplica es asexual por gemación en sus bordes tienen basales que ayuda a originar una nueva planta, estas plantas presentan flores femeninas y masculinos (59).

La *Hydrocotyle bonariensis* son plantas con tallos precipitantes que se implantan en los nudos, sus hojas están con 4x3cm, sus nervios oscilan entre 6 a 10, sus flores son como sésiles y los pétalos de color blanquecinos de 1mm de longitud (37).



**Figura 3.** *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua). Fuente propia

#### 2.3.4.2. Condiciones para su crecimiento

- Temperatura: La Redondita de agua puede desarrollarse en una temperatura que varía entre 15-28°C, se adapta fácilmente a cualquier condición climática.
- Agua: La Redondita de agua crece rápidamente en aguas calmadas ricas en nutrientes que presentan alto contenido de nitrógeno y fosfato, además estas macrófitas pueden tolerar un amplio rango de pH aproximadamente de 5 a 9 que son las óptimas para su mejor desarrollo (37).

#### 2.3.4.3. Morfología

Redondita de agua es una planta acuática perenne monoica que pertenece a la familia *Pontederiaceae*, su cuerpo es de forma taloide, con tamaño reducido, a esta especie lo señalan con la planta de muñequita.

#### 2.3.4.4. Taxonomía

En la siguiente tabla se muestra la clasificación taxonómica de la Redondita de agua.

Reino	Vegetal
división	<i>Magnoliophyta</i>
clase	<i>Euasterios II</i>

orden	<i>Apiales</i>
familia	<i>Araliaceae</i>
género	<i>Hydrocotyle</i>

**Tabla 3:** Taxonomía de la especie *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua).Extraída de (60)

#### 2.4. Definición de términos básicos

- Hidrólisis: es el desdoblamiento de una molécula por la acción del agua.
- Ósmosis: “es un paso de disolvente, pero no de soluto, entre dos disoluciones de distinta concentración separadas por una membrana semipermeable”.
- Quelantes: “es la sustancia que en el cuerpo promueve una formación compleja con iones de metales pesados, para evitar la toxicidad de estos”.
- Eficiencia: “se define como la capacidad de lograr el efecto que mediante el uso apropiado del recurso que se va a utilizar en el menor tiempo posible” (61).
- Ciclo hidrológico: “es la sucesión de ciertas etapas del agua que pasa de la tierra a la atmósfera y vuelve a la tierra generando un proceso de transporte, este ciclo se refiere a dos causas de evaporación y precipitación” (61).
- Evaporación: “es el proceso por el cual el agua líquida pasa a un estado gaseoso, el proceso de evaporación ocurre simplemente cuando el agua está disponible y la evaporación requiere gran cantidad de energía” (61).
- Enlace covalente: “es un tipo de enlace químico cuando dos átomos se unen para formar una molécula y cuando estos átomos se unen, forman un octeto estable y comparten electrones del último nivel” (61).
- Contaminación: “es la acumulación de sustancias que altera el medio ambiente donde la intervención humana afecta el equilibrio del entorno convirtiéndose en un ambiente inseguro” (61).
- Impacto: “es el efecto producido por alguna actividad generando modificaciones en su entorno natural” (61).
- Aguas residuales: son de origen doméstico y se caracterizan por tener altos contenidos de contaminantes, especialmente de materia fecal y orina de humanos y animales.
- Materia orgánica: es una materia elaborada de restos orgánicos que alguna vez estuvieron vivos como las frutas, plantas, animales etc.

- Contaminantes orgánicos: son sustancias químicas que tienen carbono y está presente en todo elemento vivo en la naturaleza.
- Contaminantes orgánicos: son sustancias que están presentes en el suelo de forma natural y en concentraciones reguladas por ciclo biológico.
- Eutrofización: es el aumento de sustancias nutritivas en aguas dulces de lagos y embalses, ocasiona demasiado fitoplancton.
- Fitorremediación: es la aplicación de microorganismos para la restauración del medio ambiente y también para el tratamiento de materiales.
- Rizósfera: es un lugar de intercambio exclusivo y activo entre raíces de plantas y microorganismos del suelo. Esta área peculiar, está calificada por el incremento de la biomasa microbiana y de su actividad.
- Macrófitas: planta macroscópica, enraizada o flotante, sumergidas o emergentes.
- Intercambio catiónico: es un indicador que menciona la cantidad de cationes que podrían ser atrapados en el suelo o agua en un pH determinado, los cuales pueden sufrir un intercambio por otros elementos en el suelo o agua.
- Carboxilos: “es formalmente una combinación de un grupo carbonilo y de un hidroxilo. Algunos ácidos alifáticos se conocen desde hace cientos de años y sus nombres comunes reflejan sus orígenes históricos” (62).
- Endodermis: son las capas de las células de la raíz, tiene aspecto parenquimatoso, está ubicado en la parte interior del córtex de la planta, alrededor del tejido vascular.
- Enlace peptídico: “es un enlace covalente de tipo amida formado entre los grupos  $\alpha$ -carboxilo y  $\alpha$ -amino de dos aminoácidos, puede ser detectado químicamente” (63).
- Cisteína: “es un aminoácido que se sintetiza a partir de metionina y serina está presente en la dieta habitual y es un elemento esencial en la síntesis de glutatión” (64).
- Compartimentalización: “las enzimas pueden localizarse en diferentes compartimentos celulares, de modo que puedan tener lugar diferentes rutas metabólicas de forma independiente”.
- Vacuola: “es un elemento fundamental de las células vegetales, se forman a partir de muchas vesículas membranosas hasta que puedan adquirir una forma acorde a las necesidades de la célula en cuestión”.

## **CAPÍTULO III:**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método y alcances de la investigación**

##### **3.1.1. Método general**

El método general utilizado es el científico, este método “usa la ciencia para descubrir el funcionamiento de la naturaleza, a partir de la observación y la experimentación concreta de una información. Se basa en la experiencia complementándose con el razonamiento matemático y lógico. El método científico se adapta a las necesidades de información de la sociedad porque continuamente tiende a informar sobre sus resultados de un hecho o fenómeno para el beneficio social a partir de la experimentación. Los experimentos se diseñan con el fin de comprobar la veracidad o falsedad de la hipótesis” (65).

El método de investigación es deductivo, describiendo al método científico debido a que se realizó la búsqueda de información desde lo general a lo particular. Este método es comprobado a través de experimentos, observando en los resultados que los principios generales, hechos particulares y los resultados están completamente alineados (66).

##### **3.1.2. Método específico**

El método específico que se utilizó en esta investigación es el experimental-observacional, el método experimental consiste en realizar mediciones y comprobaciones de los resultados. También se consideró el método de observación, que consiste en observar los cambios físicos de las variables sometidas al experimento (67).

##### **3.1.3. Tipo de investigación**

El tipo de investigación que más se adecua es la aplicada, según su finalidad la presente investigación tiene como objetivo determinar el porcentaje de remoción de las dos especies acuáticas *Hydrocotyle bonariensis* y *Eichhornia crassipes* en

aguas residuales del río Shullcas por lo tanto, la investigación aplicada nos ayuda a solucionar problemas, para que en el presente estudio se implementen alternativas de solución para el problema planteado. Así mismo, sirve para llevar a la práctica la teoría en general y los conocimientos adquiridos que constantemente cambian. Además se debe tener en cuenta que la investigación debe desarrollar un marco teórico, tener conocimiento del estudio y también conocer sus resultados de los antecedentes revisados (68).

#### **3.1.4. Nivel de investigación**

El nivel de investigación que se utilizó en la presente investigación inicialmente tiene un enfoque exploratorio, sin embargo, el nivel correlacional es el más oportuno. Así también cotejando una congruencia respecto a la formulación del problema, en el sentido de análisis de la influencia (69).

### **3.2. Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación es pre - experimental debido a que carece de control, por otro lado en el experimento se realizó la medición inicial (antes del tratamiento) luego, se aplicó las variables independientes (Jacinto de agua y Redondita de agua) por último se realizó la medición final (después del tratamiento) (70).

Experimental: Pre - experimental

**G.E: 01 X 02**

**G.E:** Control de la recuperación de las aguas residuales del río Shullcas con la aplicación de las especies *Hydrocotyle bonariensis* y *Eichhornia crassipes*

**01:** pre test

**X:** manipulación de las variables independientes

**02:** post test

Variables	Análisis		
	01: pre test	X: Aplicación de especies	02: post tratamiento
<i>Agua Residual</i> (Dependiente)	Análisis (2500 ml)		
<i>Hydrocotyle bonariensis</i> (Independiente)		Periodo (21 días)	Análisis (2500 ml)
<i>Eichhornia crassipes</i> (Independiente)		Periodo (21 días)	Análisis (2500 ml)

**Tabla 4:** Diseño de la investigación. Elaborado por el equipo de investigación

### 3.3. Población y muestra

#### 3.3.1. Población

La población para la investigación fueron las aguas residuales de la desembocadura del río Shullcas - río Mantaro en épocas de lluvia.

#### 3.3.2. Muestra

La muestra de agua residual fue extraída a 150 metros antes de la desembocadura del río Shullcas - río Mantaro, para lo cual se utilizó 3 baldes de 20 L de volumen, haciendo un total de 60 L de agua residual.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.4.1. Técnicas de recolección de datos

##### 3.4.1.1. Etapa de Pre - campo

Se realizó recopilación y revisión de la información relacionada a las aguas residuales, recolección de muestra de agua, tratamiento de agua residual, fitorremediación, Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Aprueban el "Protocolo

Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales" (71).

Se utilizó para la obtención de la información, tesis referenciales, artículos científicos y libros.

### 3.4.1.2. Etapa de campo

- Observación

Se utilizó la técnica de la observación, para ver las características de las plantas antes de la recolección y también durante todo el proceso del tratamiento. Como la reproducción de las hojas y raíces de las plantas acuáticas.

- Obtención de las especies

La especie *Hydrocotyle bonariensis*, se recolectó de la ribera del río Mantaro - Concepción, debajo del puente a orillas del río. Se seleccionaron muestras de plantas que tenían las siguientes características: raíces grandes, alta pigmentación (hojas verdes) con hojas de forma acorazonadas, tallos grandes. Para su almacenamiento y traslado se utilizó un balde de 12 litros con la misma agua del río Mantaro, como se puede apreciar en el Anexo N°02.

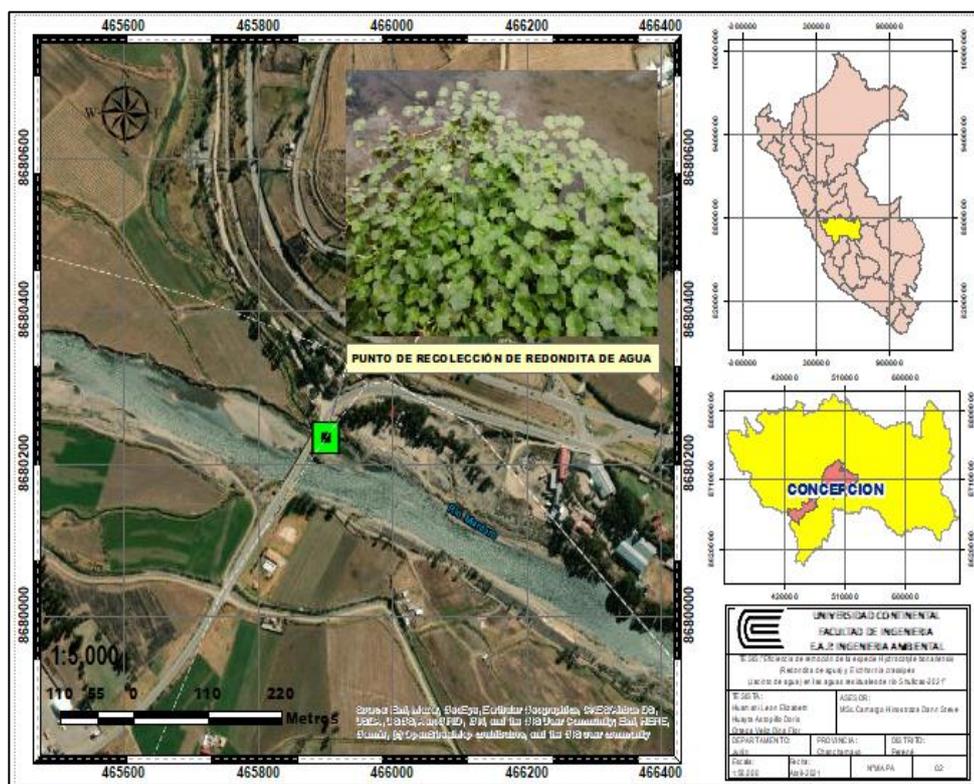
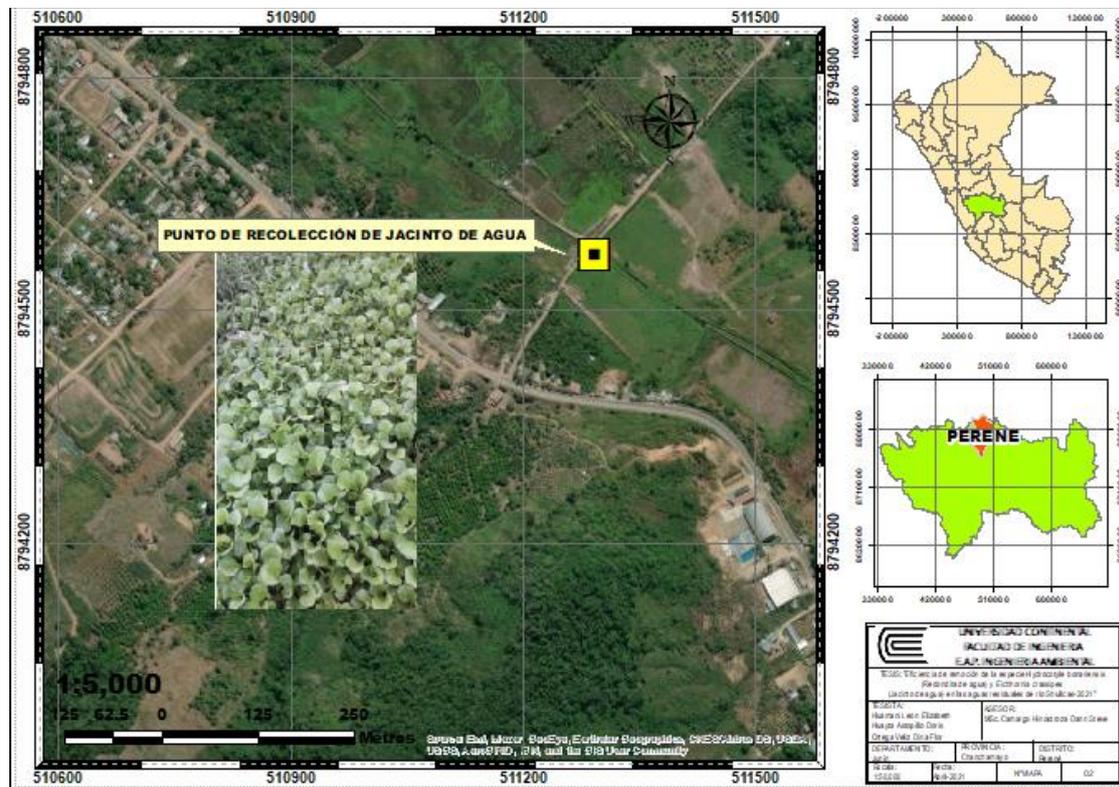


Figura 4. Mapa de ubicación de la especie *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua). Fuente propia

La obtención de la especie *Eichhornia crassipes* fue recogida de un pozo de la Aldea Bajo Orito ubicado en el distrito Perené, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín. Para lo cual se identificó las plantitas que están en proceso de crecimiento con hojas verdes y fueron recogidas 20 matas de planta, estas fueron trasladadas en un balde. Como se muestra en el Anexo N°03.

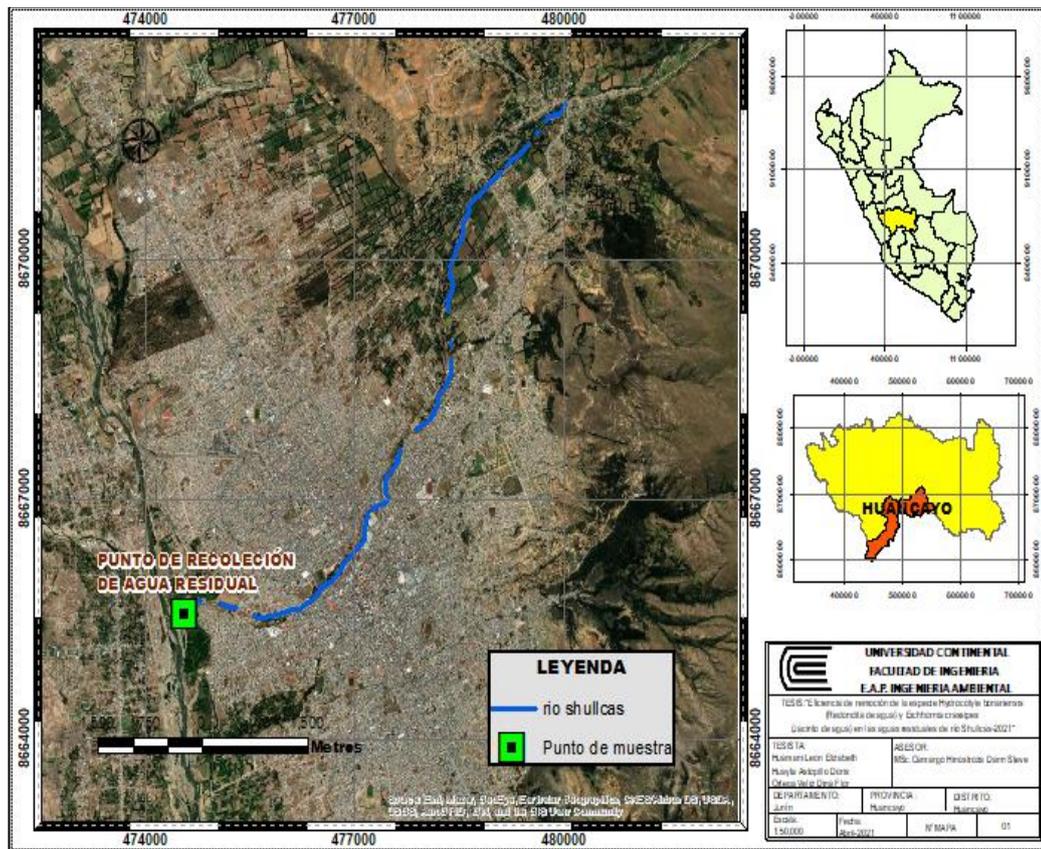


**Figura 5:** Mapa de ubicación de la especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua). Fuente propia

- Recolección de la muestra del agua residual.  
Para la realización del muestreo del agua nos basamos en la Resolución Jefatural N°010-2016 – ANA – Aprueban el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales”(71), la muestra de agua fue extraída del punto (PM01) a 150 metros aproximadamente aguas arriba de la desembocadura al río Mantaro, se utilizaron 3 baldes de 20 litros, previamente lavados con la misma agua del río, para evitar variaciones en los resultados de los análisis de la muestra de agua.

La coordenada del punto de muestreo es (E: 0474561; N: 8665578), se retiró 60 litros de agua residual, de los cuales 2740 mililitros se utilizaron para el análisis. Los análisis de la muestra lo realizaron en la empresa “Ambiental laboratorios S.A.C.”. Se adjunta la cadena de custodia del monitoreo,

certificado de calibración de los instrumentos y el informe de ensayo. Anexo N°04; 05; 06 y 07.



**Figura 6:** Mapa de ubicación de la recolección del agua residual. Fuente propia

- Área de estudio

Las muestras para la presente investigación fueron las aguas residuales del río Shullcas en la desembocadura al río Mantaro que se localiza en la provincia de Huancayo, departamento de Junín.

La instalación del sistema se realizó en (0512039 E; 8609564 N) centro poblado Lirio, distrito Acoria, provincia y departamento de Huancavelica, a una altitud de 3226 m.s.n.m.

### 3.4.1.3. Etapa de experimentación

- Adaptación de las especies

Se trasladaron las plantas acuáticas en baldes de 12 litros hacia el centro poblado de Lirio, distrito de Acoria, provincia de Huancavelica, se puso en contacto con el agua potable del lugar para su adaptación durante 5 días, una vez pasados los 5 días se pasó a lavar las raíces con agua destilada, con el fin

de eliminar los contaminantes y organismos que habitan en la raíz. Observar el Anexo N°08.

- Siembra de las macrófitas

Después de la fase de adaptación de las macrófitas, se pasa a realizar las respectivas siembras; primero, se seleccionó las plantas con buena pigmentación; posteriormente, se lavó las raíces de las macrófitas; por último, se colocó las plantas con cuidado en el sistema armado.

- Armado del sistema:

En la construcción del sistema se colocó dos recipientes que tienen una capacidad de 37.5 litros. Los recipientes se lavaron con la misma agua residual extraídas del río Shullcas. Se llenó con 27 litros de agua residual cada recipiente. Estos recipientes se coloraron a una altura de 1 metro, de base se utilizó 3 baldes de aceite de 20 L.

En el primer recipiente, se colocó 12 plantas de *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), cada una de ellas separadas. En el segundo recipiente, se instaló la especie *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua), esta planta se colocó dispersamente hasta la mitad de la superficie del agua, para evitar que ocurra eutrofización. Cada una de las plantas durante 21 días. Anexo N°09 y 10.

El sistema se construyó en un área libre, el techo se puso con 2 láminas de calaminas (material aluminio) de 7 metros de largo y 3 metros de ancho. Las paredes se armaron con malla Raschel de 3 metros de largo y 2m de ancho.

- Recolección de muestra del agua residual tratada

La recolección de la muestra para el análisis del agua residual tratada se realizó pasados los 21 días de tiempo de retención de la siguiente manera: Anexo N°11 y 12.

- ✓ Aceites y grasas: se tomó 1 L de agua residual tratada, en un frasco de vidrio preservando con  $H_2SO_4 6N$ , conservado a 6° dentro del cooler.

- ✓ pH: se tomó 120 ml de agua residual tratada, en un frasco de plástico, conservado a 6° dentro del cooler.

- ✓ DBO<sub>5</sub>: se tomó 1 L de agua residual en un frasco de plástico, llenando completamente sin dejar espacio de aire, conservado a 6° dentro del cooler.

- ✓ DQO: se tomó 120 ml de agua residual en un frasco de plástico, se preservó con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, conservado a 6° dentro del cooler.
- ✓ Coliformes fecales: se tomó 250 ml de agua residual en un frasco de vidrio, dejando espacio y conservado a 6° dentro del cooler.
- ✓ Escherichia coli: se tomó 250 ml de agua residual en un frasco de vidrio y conservado a 6° dentro del cooler.

#### 3.4.1.4. Etapa de laboratorio

Para los análisis del agua residual tratada se trabajó con el laboratorio “Ambiental Laboratorios S.A.C.”, se muestra el certificado de calibración de los instrumentos utilizados, la cadena de custodia y el informe de ensayo emitido por el laboratorio. Anexo N°13,14 y 15.

A continuación, se detalla la metodología utilizada para los respectivos análisis:

- Aceites y grasas  
Para el análisis de aceites y grasas se utilizó el parámetro “Método de prueba estándar para aceite y grasa total (TOG) e hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en agua y aguas residuales con extracción por solvente usando espectroscopia láser de infrarrojos medios”, estos fueron analizados por la empresa “Ambiental Laboratorios S.A.C.”
- Potencial de hidrógeno (pH)  
Para el análisis del potencial de hidrógeno (pH) de la muestra de agua residual, se utilizó el método SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+B, 23rd Ed.2017. Valor de pH. Método electrométrico. Los análisis fueron realizados en el laboratorio “Ambiental laboratorio S.A.C.”
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)  
Para el análisis de la Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO) de la muestra de agua residual del río Shullcas, se utilizó el método SMEWW -APHA-AWWA-WEF part 5210 B, 23rd.2017, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Prueba de DBO de 5 días. Los respectivos análisis fueron analizados en el laboratorio “Ambiental laboratorio S.A.C.”.

- Demanda Química de Oxígeno (DQO)  
Para el análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) de la muestra de agua residual del río Shullcas, se utilizó el método SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed.2017 Demanda Química de Oxígeno (DQO5). Reflujo cerrado, método colorimétrico. Los respectivos análisis fueron analizados en el laboratorio “Ambiental laboratorio S.A.C.”.
- Coliformes fecales  
Para el análisis de los coliformes fecales de la muestra de agua residual del río Shullcas, se utilizó el método SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed.2017. Técnica de fermentación de tubos múltiples para miembros del grupo de coliformes. Procedimientos de Coliformes fecales. Los respectivos análisis fueron analizados en el laboratorio “Ambiental laboratorio S.A.C.”

#### 3.4.1.5. Etapa de gabinete

- Técnica de elaboración de mapas  
Para la elaboración de mapas de los puntos de recolección del agua residual del río Shullcas y de las especies acuáticas se utilizó el programa Arc Map 10.5.
- Técnica de análisis de datos.  
Para analizar los resultados se utilizó Excel, se elaboró gráficos, tablas, mediante los cuales se pudo determinar el porcentaje de remoción de la especie *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua) y *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) en la fitorremediación de aguas residuales del río Shullcas en la desembocadura al río Mantaro.

Se utilizó la siguiente fórmula para determinar la remoción de porcentaje de la especie por cada parámetro analizado (32).

$$\% n \text{ remoción} = \frac{N \text{ afluente} - N \text{ efluente}}{N \text{ afluente}} * 100$$

n = Eficiencia de remoción (%)

N afluente = Concentración de contaminante a la entrada

N efluente: Concentración de contaminante a la salida

### **3.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos de recolección de datos utilizados en la investigación fueron los siguientes:

- Informe de ensayo del análisis inicial y final del agua residual tratada (Anexo N°12 y 13) facilitada por Ambiental Laboratorios S.A.C. empresa que se encargó de realizar los análisis de los parámetros establecidos.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados de la investigación

##### 4.1.1. Características de las especies *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua) y *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua).



**Figura 7.** *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua). Elaboración propia

En la figura 7, la *Hydrocotyle bonariensis* también conocida como la redondita de agua, es una planta flotante acuática, esta planta crece tanto en el suelo como en el agua, tardó en adaptarse 3 días y al 4 día inició con la reproducción, las hojas de estas plantas están unidas por peciolo delgados aproximadamente de 3-40 cm de longitud, además, presentan color amarillo el cual indica el proceso de secarse porque ya cumplieron su ciclo de vida, y otras pequeñas también están en proceso de crecimiento. Las raíces de estas plantas se desarrollan de manera acelerada, son de color blanco y llegan a medir hasta 10 cm, son la fuente principal de absorción de los contaminantes presentes en el agua residual



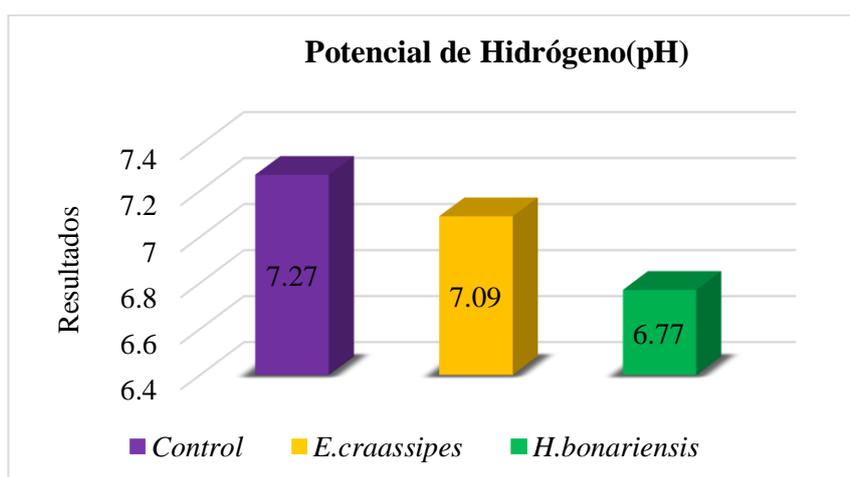
**Figura 8:** *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua). Elaboración propia

En la figura 8, la *Eichhornia crassipes* o más conocida como Jacinto de agua, es una planta acuática flotante en temperaturas bajas, tardó en adaptarse 4 días y al 5 día inició con la reproducción, generalmente se encuentran en aguas estancadas o de corriente lenta, tiene una capacidad de reproducción alta, en una semana nacen nuevas hojas, en 21 días las raíces llegan a medir hasta un aproximado de 12 cm de longitud, las hojas nuevas presentan una coloración “verde-claro” por otro lado las hojas madre inician a secarse desde los bordes presentando un color amarillento.

**4.1.2.** Diferencias entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales antes y después del tratamiento con las especies *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua) y *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua).

Parámetro	Unidad	Control	Medición final	
			<i>E. crassipes</i>	<i>H. bonariensis</i>
pH	pH	7,27	7,09	6,77

**Tabla 5:** Diferencia en el parámetro de pH antes y después del tratamiento. Elaboración propia



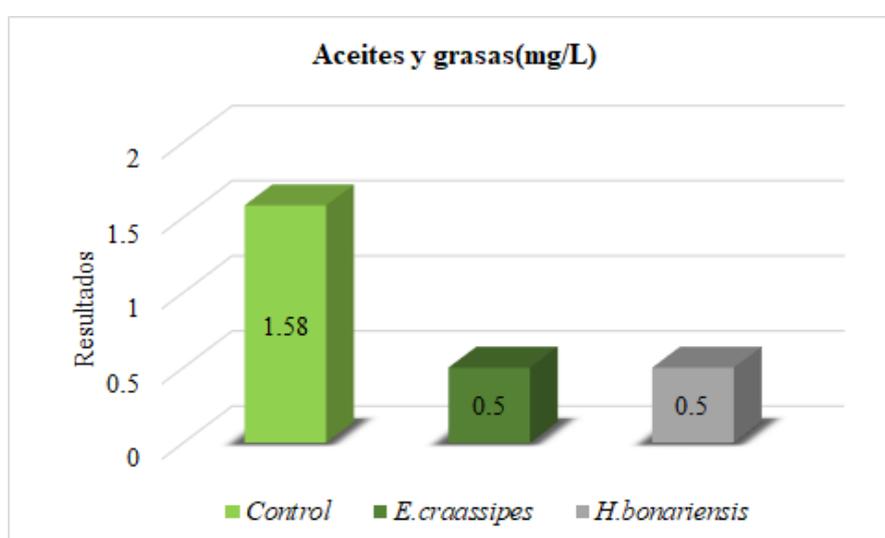
**Figura 9.** Diferencia en el parámetro de pH antes y después del tratamiento. Elaboración propia

En la figura 9, se muestra el antes y después del tratamiento con respecto al parámetro potencial de hidrógeno (pH), donde se evidencia la disminución del pH, teniendo un valor de 7.27 en el control y después del tratamiento en rango de 21 días con la

especie *Eichhornia crassipes*, el pH bajó a un valor de 7.09 y con la especie *Hydrocotyle bonariensis* a un pH de 6.77

Parámetro	Unidad	Control	Medición final	
			<i>E. crassipes</i>	<i>H. bonariensis</i>
Aceites y grasas	mg/L	1,58	0,5	0,5

**Tabla 6:** Diferencia en el parámetro de aceites y grasas antes y después del tratamiento. Elaboración propia

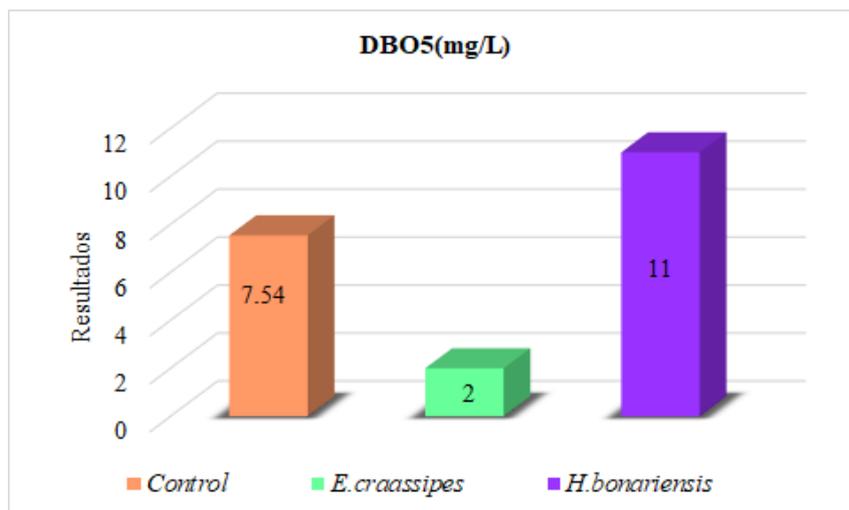


**Figura 10:** Diferencia en el parámetro de aceites y grasas antes y después del tratamiento. Elaboración propia

En la figura 10, se muestra con respecto al parámetro de aceites y grasas el antes y después del tratamiento, el dato inicial (grupo control) es de 1.58 mg/L. Después del tratamiento en rango de 21 días con la especie *Eichhornia crassipes* fue de 0.5 mg/L, con la especie *Hydrocotyle bonariensis* el resultado fue de 0.5 mg/L, se evidencia la disminución de aceites y grasas después del tratamiento con las dos especies.

Parámetro	Unidad	Control	Medición final	
			<i>E. crassipes</i>	<i>H. bonariensis</i>
DBO <sub>5</sub>	mg/L	7,54	2	11

**Tabla 7:** Diferencia en el parámetro de DBO<sub>5</sub> antes y después del tratamiento. Elaboración propia

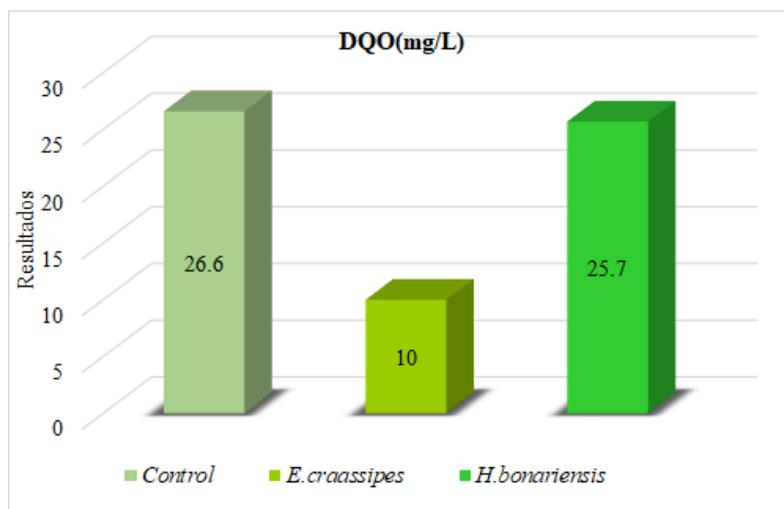


**Figura 11.** Diferencia en el parámetro de DBO<sub>5</sub> antes y después del tratamiento. Elaboración propia

En la figura 11, se muestra el antes y después del tratamiento con las especies con respecto al parámetro DBO<sub>5</sub>, teniendo como medición inicial de 7.54 mg/L, después del tratamiento realizado en 21 días con la especie *Eichhornia crassipes*, el resultado fue de 2 mg/L y con la especie *Hydrocotyle bonariensis*, el resultado fue de 11 mg/L. La especie *Hydrocotyle bonariensis* no disminuyó el parámetro, de lo contrario aumentó el parámetro DBO<sub>5</sub>.

Parámetro	Unidad	Control	Medición final	
			<i>E.craassipes</i>	<i>H.bonariensis</i>
DQO	mg/L	26,6	10	25,7

**Tabla 8:** Diferencia en el parámetro de DQO antes y después del tratamiento. Elaboración propia



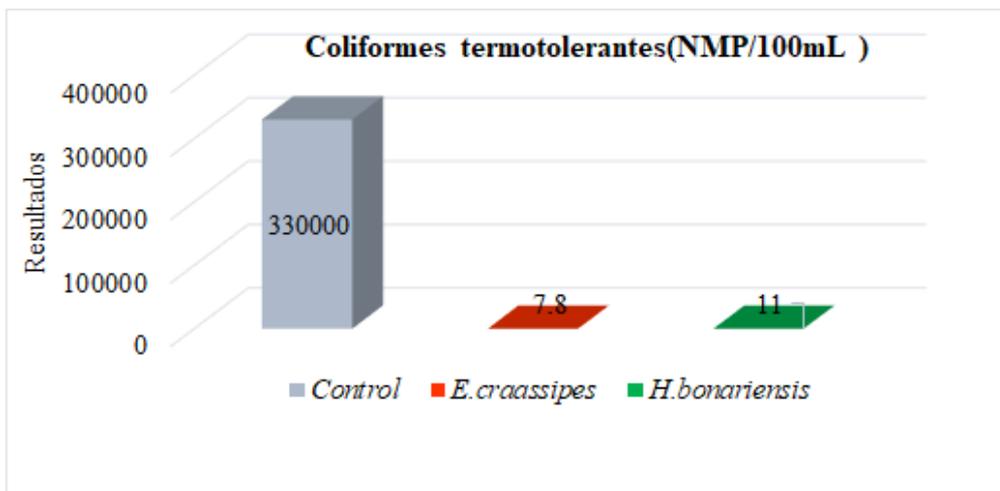
**Figura 12.** Diferencia en el parámetro de propia DQO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) antes y después del tratamiento. Elaboración

En la figura 12, respecto al parámetro DQO el antes y después del tratamiento, teniendo como resultado del grupo control de 26.6 mg/L. Cabe resaltar que la especie *Eichhornia crassipes* disminuye el parámetro después del tratamiento en el rango de 21 días, obteniendo el resultado de 10 mg/L. Por otro lado, se evidencia que la especie *Hydrocotyle bonariensis* disminuyó en una unidad con respecto al grupo control, la concentración de parámetro DQO, obteniendo como resultado de 25.7 mg/L.

Parámetro	Unidad	Control	Medición final	
			<i>E.craassipes</i>	<i>H.bonariensis</i>
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	330000	7,8	11

**Tabla 9:** Diferencia en el parámetro de Coliformes Termotolerantes antes y después del tratamiento.

Elaboración propia



**Figura 13.** Diferencia en el parámetro de Coliformes Termotolerantes antes y después del tratamiento.

Elaboración propia

En la figura 13, que se muestra con respecto al parámetro de Coliformes Termotolerantes, en el tratamiento antes y después, el dato control es de 330000 NMP/100mL, después del tratamiento realizado en 21 días con la especie *Eichhornia crassipes*, el resultado fue de 7.8 NMP/100mL y con la especie *Hydrocotyle bonariensis*, el resultado fue de 11 NMP/100mL ambos resultados con las dos especies redujeron considerablemente la concentración de Coliformes Termotolerantes.

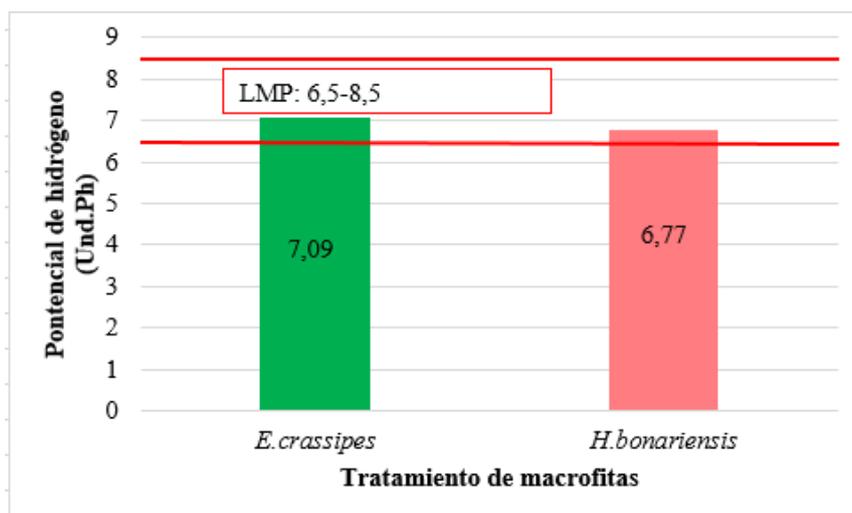
**4.1.3.** Diferencia entre los parámetros fisicoquímicos del agua residual tratada y el D.S. 003 2010 MINAM Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

<b>Parámetro</b>	<b>Medición inicial</b>	<b>LMP</b>	<b>Unidad</b>
<b>pH</b>	7.27	6,5– 8,5	pH
<b>Aceites y grasas</b>	1.58	20	mg/L
<b>DBO<sub>5</sub></b>	7.54	100	mg/L
<b>DQO</b>	26.6	200	mg/L
<b>Coliformes termotolerantes</b>	330000	10000	NMP/100mL

**Tabla 10:** Comparación del valor inicial de los parámetros analizados con los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

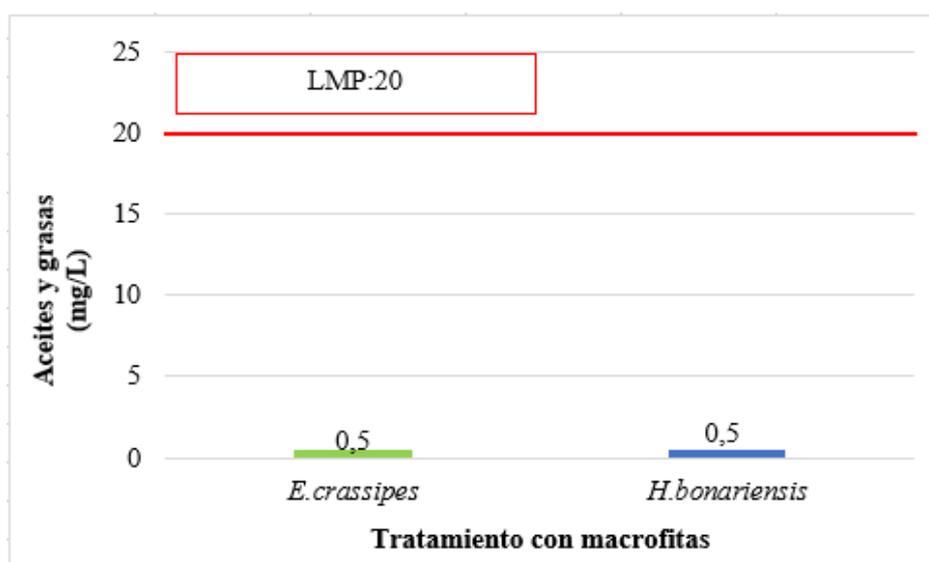
<b>Parámetro</b>	<b>Medición final</b>		<b>LMP</b>	<b>Unidad</b>
	<i>E. crassipes</i>	<i>H. bonariensis</i>		
<b>pH</b>	7,09	6,77	6,5– 8,5	pH
<b>Aceites y grasas</b>	0,5	0,5	20	mg/L
<b>DBO<sub>5</sub></b>	2	11	100	mg/L
<b>DQO</b>	11	25,7	200	mg/L
<b>Coliformes termotolerantes</b>	7,8	11	10000	NMP/100mL

**Tabla 11:** Diferencia entre los parámetros fisicoquímicos del agua residual tratada y el Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales



**Figura 14.** Diferencia del pH del agua tratada con el LMP para efluentes de PTAR. Elaboración propia

En la figura 14, se muestra la comparación de los resultados obtenidos después del tratamiento con las especies acuáticas, con respecto a los “Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales”, donde indica que el potencial de hidrógeno se encuentra dentro del rango de 6,5 - 8,5. Después del tratamiento con la especie *Eichhornia crassipes*, se obtuvo un valor de 7,09 y con la especie *Hydrocotyle bonariensis* un valor de 6,77.



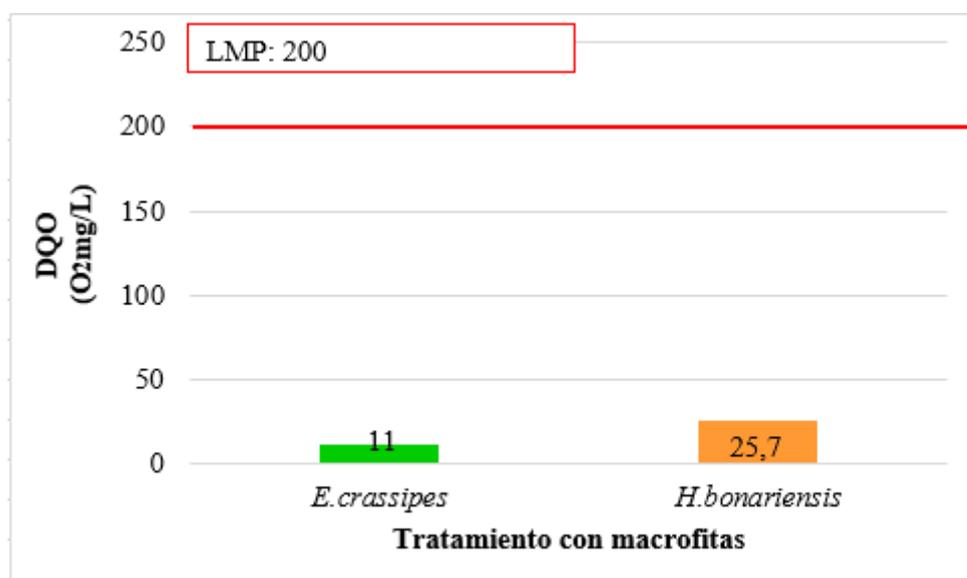
**Figura 15.** Comparación de los Aceites y grasas del agua tratada con el LMP para efluentes de PTAR. Elaboración propia

En la figura 15, se aprecia que en ambos tratamientos los resultados obtenidos comparados con el “Límite Máximo Permissible no se superan la concentración establecida en los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales”.



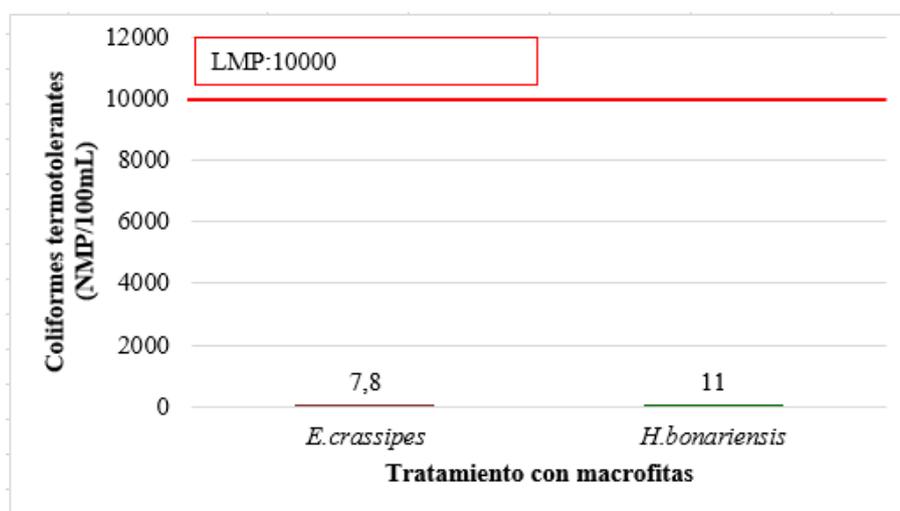
**Figura 16.** Comparación del DBO<sub>5</sub> del agua tratada con el LMP para efluentes de PTAR. Elaboración propia

En la figura 16, se evidencia que después del tratamiento con las especies *Hydrocotyle bonariensis* y *Eichhornia crassipes* no superan los “Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales” debido a que el límite es de 20mg/L y después del tratamiento con ambas especies se obtuvo un resultado de 0,5 mg/L.



**Figura 17.** Comparación del DQO del agua tratada con el LMP para efluentes de PTAR. Elaboración propia

En la figura 17, se muestra que los resultados obtenidos después del tratamiento con las dos especies se encuentran dentro de los “Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales”. El resultado del tratamiento con la especie *Eichhornia crassipes* es de 11 O<sub>2</sub> mg/L. siendo esta especie la más eficiente en la disminución de la concentración del contaminante.



**Figura 18.** Comparación del coliformes termotolerantes del agua tratada con el LMP para efluentes de PTAR. Elaboración propia

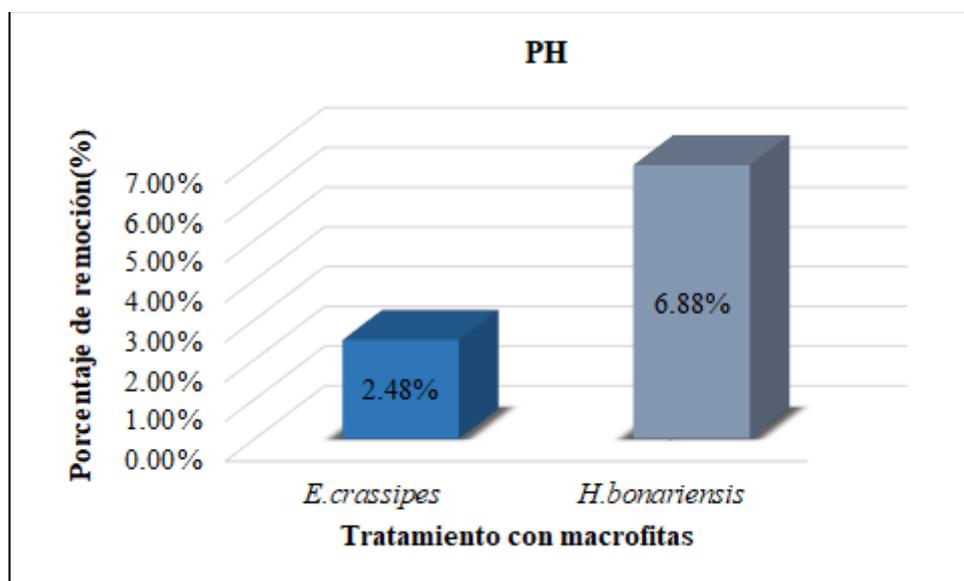
En la figura 18, se muestra que las especies fueron sumamente eficientes al remover y disminuir la concentración de coliformes termotolerantes en las aguas residuales. Así mismo, se puede evidenciar que está por debajo de los “Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales”.

#### 4.1.4. Porcentaje de eficiencia de remoción de las especies *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua) y *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua).

PARAMET	UNIDA	<i>E. Crassipes</i>			<i>H. bonariensis</i>		
		Muestr	resulta	% de	Muestr	resultad	% de
RO	D	a	do	remoción	a	os	remoción
PH	PH	antes	7.27	<b>2.48</b>	antes	7.27	

despu	7.09	despu	6.77	6.88
és		és		

**Tabla 12:** % de eficiencia de remoción en el PH Fuente. Elaboración propia

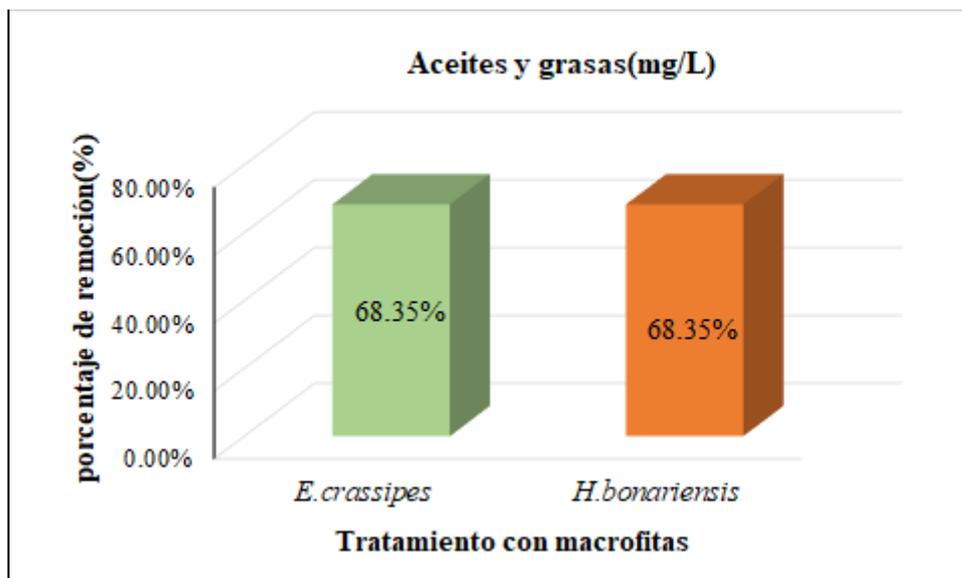


**Figura 19.** Eficiencia de remoción en el PH. Elaboración propia

En la figura 19, se muestra el porcentaje de remoción con respecto al pH, la especie *Eichhornia crassipes* tuvo un porcentaje de remoción de 2.48%, así mismo la especie *Hydrocotyle bonariensis* tuvo un porcentaje de remoción de 6.88%. Cabe resaltar que la especie *Hydrocotyle bonariensis* tuvo más eficiencia de remoción del pH evaluadas en 21 días de tratamiento.

PARÁMETR	UNIDA	<i>E. Crassipes</i>			<i>H. Bonariensis</i>		
		muestr	resultad	% de	muestr	resultado	% de
Aceites y grasas	mg/L	antes	1.58	68.35	antes	1.58	
		después	0.5		después	0.5	68.35

**Tabla 13:** % de eficiencia de remoción en Aceites y Grasas. Elaboración propia

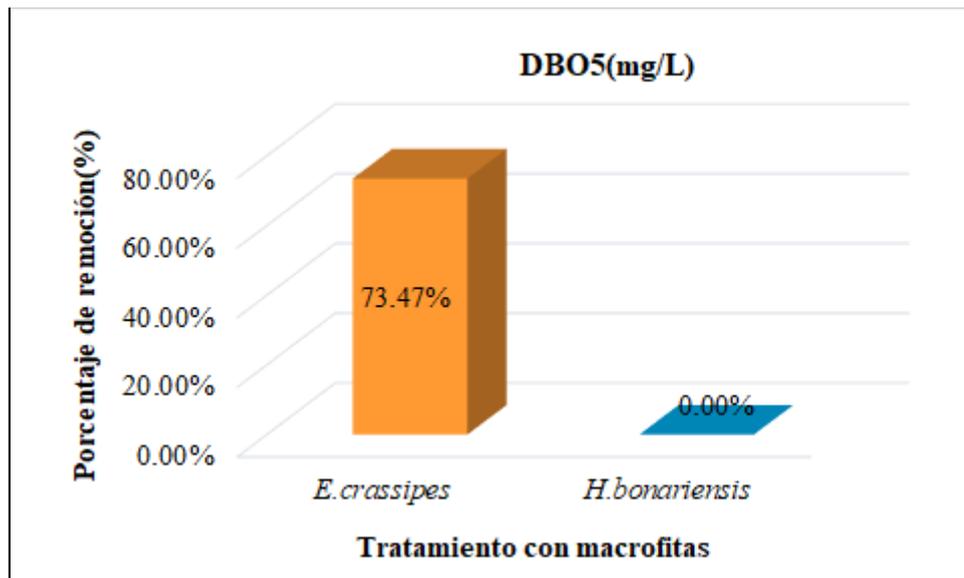


**Figura 20.** % de eficiencia de remoción en Aceites y Grasas. Elaboración propia

En la figura 20, se representa con respecto al parámetro de aceites y grasas en mg/L, se observa que la especie *Eichhornia crassipes* tuvo un porcentaje de remoción de 68.35%, así mismo la especie *Hydrocotyle bonariensis*, tuvo un porcentaje de remoción de 68.35%. Las dos especies tienen la misma eficiencia de remoción de contaminantes evaluadas en 21 días de tratamiento.

PARAMETR	UNIDA	<i>E. Crassipes</i>			<i>H. bonariensis</i>		
		Muestr	resultad	% de	Muestr	resultado	% de
DBO5	mg/L	antes	7.54	73.47	antes	7.54	0.00
		después	2		después	11	

**Tabla 14.** % de eficiencia de remoción en Demanda Bioquímica de Oxígeno. Elaboración propia



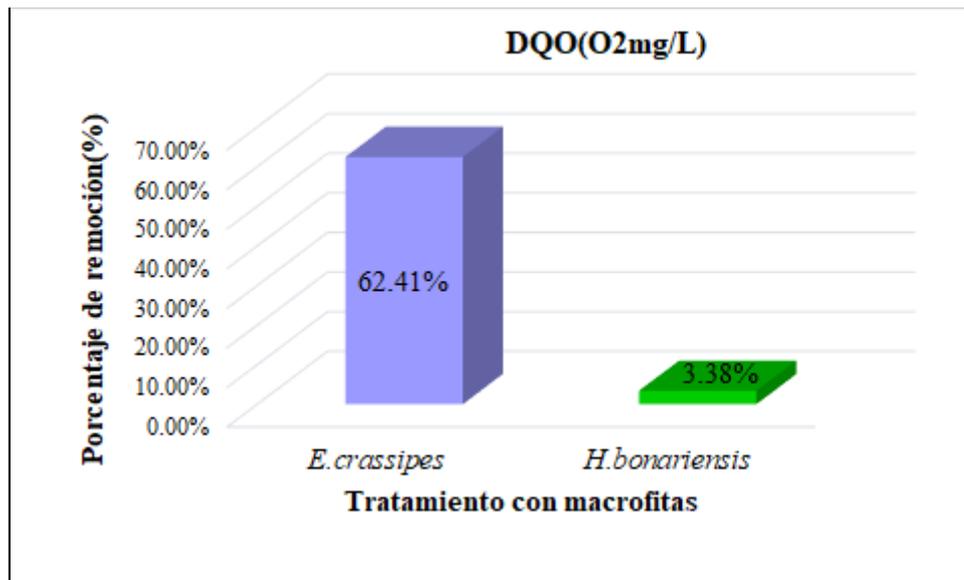
**Figura 21.** % de eficiencia de remoción en Demanda Bioquímica de Oxígeno. Elaboración propia

En la figura 21, se representa con respecto al parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L, se observa que la especie *Eichhornia crassipes* tuvo un porcentaje de remoción de 73.47%, en el caso de la especie *Hydrocotyle bonariensis* no se logró remover. Las dos especies tienen diferentes eficiencias de remoción de contaminantes en este caso la *Eichhornia crassipes* fue la más eficiente, evaluada en 21 días de tratamiento.

PARAMETR	UNIDA	<i>E. Crassipes</i>			<i>H. bonariensis</i>		
		Muestr	Resultad	% de	Muestr	resultado	% de
<b>O</b>	<b>D</b>	a	o	remoció	a	s	remoción
				n			
<b>DQO</b>	O2 mg/L	antes	26.6	62.41	antes	26.6	
		después	10		después	25.7	3.38

**Tabla 15:** % de eficiencia de remoción en el parámetro Demanda Química de Oxígeno Fuente:

Elaboración propia

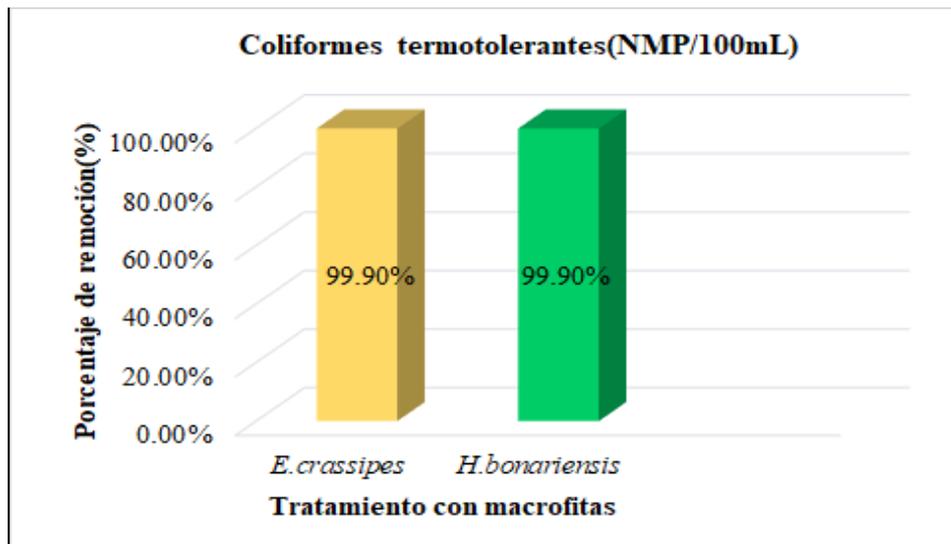


**Figura 22.** % de eficiencia de remoción en el parámetro Demanda Química de Oxígeno. Elaboración propia

En la figura 22, se representa respecto al parámetro Demanda Química de Oxígeno mg/L, se observa que la especie *Eichhornia crassipes* tuvo un porcentaje de remoción de 62.41%, en el caso de la especie *Hydrocotyle bonariensis* se logró remover un 3.38%. Las dos especies tienen diferentes eficiencias de remoción de contaminantes en este caso la *Eichhornia crassipes* fue más eficiente que la *Hydrocotyle bonariensis* evaluada en 21 días de tratamiento.

PARAMETRO	UNIDAD	<i>E. Crassipes</i>			<i>H. bonariensis</i>		
		Muestra	resultado	% de remoción	Muestra	resultado	% de remoción
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	Antes	33000	99.90	antes	330000	99.90
		después	7.8		después	11	

**Tabla 16.** % de eficiencia de remoción en el parámetro Coliformes termotolerantes. Elaboración propia



**Figura 23.** % de eficiencia remoción en el parámetro coliformes termotolerantes. Elaboración propia

En la figura 23 que se representa con respecto al parámetro de Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL), se observa que la especie *Eichhornia crassipes* tuvo un porcentaje de remoción de 99.90%, en el caso de la especie *Hydrocotyle bonariensis* se logró remover hasta un 99.90%. Las dos especies tienen la misma eficiencia de remoción de contaminantes evaluada en 21 días de tratamiento.

#### 4.2. Discusión de resultados

En el presente trabajo se plantea que la contaminación del agua últimamente es un grave problema ambiental, social, etc. El agua es una fuente primordial para el desarrollo en el mundo. Lo cual concuerda con lo mencionado en el documento “Tratamiento de agua – China 2016”, el mundo se enfrenta a diversos problemas como las sequías, erosiones, impactos en la calidad del agua, inundaciones a su vez conflictos sociales, etc. (13). Siendo así la fitorremediación una alternativa de solución para mejorar la calidad del agua superficial (ríos, quebradas, riachuelos, lagunas, lagos, etc.), utilizando plantas acuáticas como son el *Hydrocotyle bonariensis* y la *Eichhornia crassipes*. Estas plantas cumplen con el objetivo de eliminar o reducir los contaminantes concentrados en el agua, para que tengan una adecuada disposición o reutilización en diversas actividades. Este planteamiento concuerda con la tesis “Evaluación de sistemas de fitorremediación de aguas residuales dentro de una biorrefinería”(7).

Los parámetros evaluados en esta investigación fueron: pH, aceites y grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (BQO) y Coliformes termotolerantes. Estos parámetros se evaluaron teniendo como base de datos o referencia la revista “Caracterización de las aguas residuales de la comunidad “Antonio Maceo” de la Universidad de Oriente”(72), en la que se menciona, que la concentración de Materia Orgánica sobrepasa el límite de vertido, además están presentes las bacterias coliformes fecales, también otros parámetros como: aceites y grasas, DBO, DQO, entre otros. Por otro lado, se utilizó la fuente “Eficiencia de *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de Agua) en la Fitodepuración de Aguas Residuales Domésticas (ARD) y Aguas Residuales no Domésticas (ARnD)” (73). En la que evaluaron parámetros como DBO5, DQO, SST, ST y Turbidez, en nutrientes expresados como el nitrógeno y fósforo, y por último en organismos patógenos como lo son Coliformes Totales y Coliformes Fecales que se encuentran presentes en las Aguas Residuales Domésticas (ARD).

Con respecto a las características de las plantas utilizadas en la fitorremediación para la remoción de los contaminantes en el agua residual del río Shullcas - desembocadura al Mantaro. El *Hydrocotyle bonariensis* tardó 3 días en adaptarse reproduciéndose con facilidad al 4 día y la especie *Eichhornia crassipes* tardó 4 días en adaptarse llegando a los 5 días reproduciendo, pero con menor intensidad que la otra especie. Esto debido que el *Eichhornia crassipes* fue extraída de un lugar donde la temperatura es alta y fue trasladada a un lugar con temperatura baja. Ambas plantas tienen la capacidad de adaptarse y reproducirse fácilmente. Estas características observadas durante el experimento coinciden con la tesis “Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales *Lemna minor* (lenteja de agua) y *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) en agua residuales producto de la actividad minera” (58).

El sistema para realizar el experimento fue diseñado con dos recipientes de 37.5 litros de volumen, estos funcionaron como estanque, cada una para cada especie acuática por un periodo de 21 días. Realizando la evaluación de los parámetros fisicoquímicos y biológicos antes y después del tratamiento con las especies. El procedimiento se adoptó de la tesis “Uso de la planta *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de Agua) para la Reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el Agua Residual Porcina de la Empresa Campoy, Distrito de Aucallama, Huaral” (30).

Respecto a la evaluación de los parámetros, el pH inicial del agua a tratar pasaba el ECA - agua para la categoría 3. Después del tratamiento se observó físicamente que el color del agua fue más claro y el olor se emanó. Los valores del pH disminuyeron y según los resultados obtenidos del laboratorio se encontraban dentro de los Límites Máximos Permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales. Estos resultados se asemejan a la tesis “Uso de la Planta *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de Agua) para la Reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el Agua Residual Porcina de la Empresa Campoy, distrito de Aucallama, Huaral” (30). Ambas plantas fueron eficientes en este parámetro, reduciendo más la especie *Hydrocotyle bonariensis*.

Para disminuir la concentración de aceites y grasas del agua residual según “Remoción de materia orgánica de las aguas residuales de la universidad César Vallejo – Trujillo, utilizando *Eichhornia crassipes* (Jacinto de Agua) en humedales artificiales” (33), tiene que pasar por un filtro para que quede atrapado, pero al tratar con las plantas, a partir de los resultados se interpreta que las especies acuáticas son más eficientes para disminuir este parámetro. Por lo tanto, a cambio de los filtros que sirven para atrapar la grasa, también puede ser útil las especies mencionadas ya que tienen un porcentaje de remoción de 68.35%.

El resultado inicial (grupo control) del parámetro DQO se encontraba dentro del ECA, pero al tratar con las especies acuáticas, en caso de la *Eichhornia crassipes* redujo de 26.6 mg/L a 10 mg/l, mientras que *Hydrocotyle bonariensis* disminuyó en 1mg/L. Esto demuestra que la especie con mayor eficiencia para el parámetro DQO es la *Eichhornia crassipes* con 62, resultado que se asemeja a los resultados obtenidos en la tesis eficiencia de *Eic*.41%. Este *hhornia crassipes* (mart.) Solms Laub - Pontederiaceae y *Nasturtium officinale* w.t. aiton – Brassicaceae en la remoción de DBO5 y DQO del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Celendín. En el cual la especie *Eichhornia crassipes* tiene un porcentaje de remoción de 30.61%. El porcentaje de remoción es menor debido a que el agua tratada con esta especie es el efluente de una planta de tratamiento de aguas residuales. Mientras que en la presente tesis es agua residual que no tiene ningún tratamiento.

Con respecto al parámetro DBO<sub>5</sub>, la concentración disminuyó con la especie *Eichhornia crassipes* siendo el porcentaje de remoción de esta especie de 73.47%,

este resultado se asemeja a varios estudios realizados, entre ellos a la tesis “Evaluación de *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* en la remoción de parámetros de las aguas residuales domésticas de la quebrada Azungue de la ciudad de Moyobamba, 2015” (29), en este estudio el valor inicial fue de 195 mgO<sub>2</sub>/L y después de 3 meses llegó al valor de 73 mgO<sub>2</sub>/L.

El parámetro coliforme Termotolerante, después del tratamiento durante 21 días llegó a un valor que se encuentra dentro del LMP, ambas especies tuvieron una eficiencia de 99.90%. El resultado coincide con la tesis “Mejoramiento de la eficiencia de remoción de Materia Orgánica y Coliformes Termotolerantes en la PTAR del distrito de Huáchac - Chupaca” (37). En dicha investigación la especie *Eichhornia crassipes* tuvo una eficiencia de 77.3%, también se concluye que la especie *Hydrocotyle bonariensis* a pesar de que es una planta que no tiene muchos antecedentes como la otra especie tiene la capacidad suficiente para remover los Coliformes termotolerantes.

En la tesis “Aprovechamiento del Jacinto acuático de la planta de tratamiento para la reducción de abono orgánico desarrollado en la universidad de San Carlos por la ingeniera Carolina Isabel Valle Barrientos, tesis desarrollada con el objetivo de aprovechar la especie de Jacinto de agua que ya existe en plantas de tratamientos de aguas residuales, con la finalidad de obtener abono orgánico. Para la obtención del abono se desarrolló el proceso de compostaje el cual consiste en 4 periodos: mesolítico, termofílico, de enfriamiento y maduración. Realizando todos los procesos respectivos se muestran resultados excelentes en cuanto al porcentaje de nutrientes del Jacinto de agua dando un valor en fósforo (P) de 0.69%, en potasio (K) un valor de 3.71, en calcio (Ca) un valor de 2.13% y en magnesio (Mg) un valor de 0.66% (74).

En la investigación realizada por los investigadores Frida Monzon, María Dolores, Roviray Oscar Osegueda, sobre el aprovechamiento sostenible del *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua) y estudio del uso potencial de las microalgas del sitio Ramsar Embalse Cerrón Grande, tiene como objetivo específico definir sus condiciones de Pre - tratamiento para la utilización del Jacinto acuático como combustible en calderas de biomasa. Para el aprovechamiento del Jacinto de agua se evalúa que esta especie tiene 90% de agua porque lo que consideran un secado previo,

el tiempo del secado varía dependiendo al tamaño de la planta por ejemplo: el que mide 10cm tarda en secar de (7-13) días, los de 25cm tardan en sacar de (12-13) días y la especie que mide 40cm tarda secar de (11-15) días, de tal modo se evaluó el poder calorífico del Jacinto de agua: la planta tiene 13.2 MJ/kg, el tallo tiene 13.2 MJ/kg, la hoja tiene 15.6 MJ/kg y la raíz tiene 13.3 MJ/kg, esta especie al ser comparada con otras especies, tiene mayor potencial para ser utilizado como combustible (75).

El Jacinto de agua es eficiente en la fitorremediación de aguas contaminadas por vertimientos de detergentes, aguas residuales y escurrimientos de áreas agrícolas. pero también la reproducción de esta planta es muy rápida por lo cual tiene efectos secundarios como son la eutrofización, malos olores, etc. Por lo tanto, una alternativa de solución para estos efectos es sintetizar carboximetilcelulosa, a partir de la celulosa que se obtiene del *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), los que se encuentran en sus tallos y hojas. Se inicia con la valoración de la composición del material de la biomasa. La celulosa se obtiene por tratamiento alcalino, ésta se analiza por espectroscopia infrarroja (FTIR), identificando los grupos funcionales característicos de la celulosa comercial, se sintetiza con isopropanol y ácido monocloroacético. Se identifica la carboximetilcelulosa sintetizada sin purificar y la comercial. Se considera que el Jacinto de agua es un buen precursor para la obtención de la carboximetilcelulosa (76).

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

El porcentaje de eficiencia de remoción de la especie *Hydrocotyle bonariensis* en el parámetro pH, es de 6.88%; aceites y grasas, 68.35%; DBO<sub>5</sub>, 0.00; DQO, 3.38%; Coliformes termotolerantes, 99.90% y *Escherichia coli*, 99.90%. La especie *Eichhornia crassipes* en el parámetro pH, 2.48%; aceites y grasas, 68.35%; DBO<sub>5</sub> 73.47%; Coliformes termotolerantes, 99.90%; el cual indica que la *Eichhornia crassipes* tiene el mayor porcentaje de eficiencia de remoción de contaminantes.

Se describió las características de las dos especies utilizadas en el tratamiento del agua residual, ambas especies son eficientes en la remoción de los contaminantes a excepción del *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua) que removió en 0.00% en el parámetro DBO. Las plantas acuáticas tienen la facilidad de reproducirse y adaptarse a temperaturas distintas al de su hábitat.

En los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que se realizó de las aguas residuales antes y después del tratamiento con las especies *Hydrocotyle bonariensis* (Redondita de agua) y *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de agua), el mayor efecto en la remoción de contaminantes se obtuvo con la especie Jacinto de agua porque se observa en todos los parámetros que la especie *Eichhornia crassipes* redujo los contaminantes de manera gradual.

Al diferenciar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual tratada y los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales D.S. N°003-2010 MINAM, se concluye que todos los parámetros evaluados se encuentran dentro de la LMP establecido, ello muestra que los resultados del pH fueron de 7,09 con la *E.crassipes* y 6,77 con la *H. bonariensis* siendo el LMP en un rango de 6,5 - 8,5. En el parámetro de aceites y grasas con la especie *H. bonariensis* y *E. crassipes* se obtuvo 0,5 mg/L teniendo como LMP el valor de 20 mg/L. En el parámetro DBO<sub>5</sub> con la especie *E. crassipes* fue de 2mg/L a diferencia de la especie *H. bonariensis* que tuvo un valor de 11 mg/L, siendo el LMP de mg/L. en referencia al parámetro DQO se llegó al valor de 11 mg/L con la especie *E. crassipes*, por otro lado, con la especie *H. bonariensis* se obtuvo 25,7 mg/L, teniendo un valor de 200 mg/L en el LMP. Por último, en el parámetro coliformes termotolerantes se llegó al valor de 11

NMP/100mL con la especie *H. bonariensis* y con la especie *E. crassipes* al valor de 7,8 NMP/100mL, siendo el valor del LMP 10000 NMP/100mL. Por lo tanto, podemos demostrar que el sistema de fitorremediación que se utilizó es competente y admisible para los tratamientos biológicos.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda la aplicación de las especies acuáticas en tratamientos de aguas residuales ya que su costo e inversión es factible y fácil de conseguirlas, ya que en este estudio que se realizó, se corroboró su mejor adaptabilidad y su alto porcentaje de eficiencia de remoción de contaminantes que son de los parámetros físicos químicos y microbiológicos aplicados en el sistema que se desarrolló.
- Se recomienda realizar un experimento con las dos especies mezcladas (*Hydrocotyle bonariensis* y *Eichhornia crassipes*) en un solo sistema y las dos especies de forma separada en cada sistema, luego evaluar cuál de estas técnicas muestran resultados eficientes si las especies separadas o las dos especies unidas en mención.
- Se recomienda realizar investigaciones posteriores del porcentaje de remoción de DBO<sub>5</sub> con respecto a la especie *Hydrocotyle bonariensis*. Debido a que la concentración de dicho parámetro aumentó con respecto al análisis inicial.
- Se recomienda realizar el experimento en un periodo mayor a 21 días, con monitoreos frecuentes para obtener mejores resultados de aguas limpias hasta un 99 % de eficiencia de remoción de contaminantes con estas especies acuáticas *Hydrocotyle bonariensis* y *Eichhornia crassipes*.

## REFERENCIAS

1. VILLENA CHÁVEZ, Jorge Alberto. Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 2018. Vol. 35, no. 2, p. 304. DOI 10.17843/rpmesp.2018.352.3719.
2. RAMIREZ and ESPEJEL. Las aguas residuales municipales como fuentes terrestres de contaminación de la zona marino-costera en la región de america latina y el caribe. *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*. 2001. P. 33.
3. VALENCIA QUINTANA, Rafael, SÁNCHEZ ALARCON, Juana, ORTIZ ORTIZ, Elvia and GÓMES OLIVARES, José Luis. La contaminación de los ríos , otro punto de vista Primera parte. *Ciencia en la Frontera*. 2007. Vol. 1, no. January, p. 35–49.
4. AQUINO ESPINOZA, Pavel. *Calidad Perú*. 2017. ISBN 9786124210501.
5. RPP-NOTICIAS. Junín\_ Principales ríos de la región se encuentran contaminados \_ RPP Noticias. [online]. Available from: file:///C:/Users/pc/AppData/Local/Mendeley Ltd/Mendeley Desktop/Downloaded/Unknown - Unknown - Junín\_ Principales ríos de la región se encuentran contaminados \_ RPP Noticias.html
6. LOAYZA, Jessenia and CANO, Pedro. Impacto de las Actividades Antrópicas sobre la Calidad del Agua de la Subcuenca del Río Shullcas-Huancayo-Junín. [online]. 2015. P. 107. Available from: [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3507/Loayza Quispe - Cano Rojas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3507/Loayza%20Quispe%20-%20Cano%20Rojas.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
7. ROBLES, Mariana. Evaluación de sistemas de fitorremediación de aguas residuales dentro de una biorrefinería. . 2013. P. 72.
8. CONTINENTAL, Universidad. Estudiantes de la Universidad Continental participaron en limpieza de río Shullcas. [online]. 2018. Available from: <https://ucontinental.edu.pe/noticias/estudiantes-de-la-universidad-continental-participaron-en-limpieza-de-rio-shullcas/>
9. SUELOS, Descontaminación D E Aguas Y, CRISTINA, Lucía, ARDILA, Lozano and BOGOTÁ, D C. Director : . 2010. P. 1–52.
10. ERCILIO, Moura Francisco, RODRIGUEZ, Chaves Sonia, CABEL, Noblecilla William and ORTIZ, Sanchez Iván. Desafíos del Derecho Humano al Agua en el Perú. [online]. 2008.

- P. 259. Available from:  
<http://www.ingenieroambiental.com/4030/libroaguaedicion2.pdf>
11. LISSARRAGUE, J. Aguas residuales y sus Consecuencias en el Desarrollo y la producción. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL*. 2015. Vol. 2, p. 9–25.
  12. GARCÍA, M Espigares, PÉREZ, J A and GENERALIDADES, López. Aguas Residuales. Composición. .
  13. MARTÍNEZ, Alicia. Tratamiento de aguas China. [online]. 2016. P. 46. Available from: [https://www.cdti.es/recursos/doc/Programas/Cooperacion\\_internacional/Chineka/Documentacion\\_relacionada/25520\\_292920161167.pdf](https://www.cdti.es/recursos/doc/Programas/Cooperacion_internacional/Chineka/Documentacion_relacionada/25520_292920161167.pdf)
  14. SOLANO, María del Mar. Impacto ambiental por aguas residuales y residuos sólidos en la calidad del agua de la parte media- alta de la microcuenca del río Damas y propuesta de manejo. *Ambientales UNA* [online]. 2011. Vol. 51, no. 3, p. 153. Available from: [https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Impacto ambiental por aguas residuales y residuos sólidos en la calidad del agua.pdf](https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Impacto%20ambiental%20por%20aguas%20residuales%20y%20residuos%20sólidos%20en%20la%20calidad%20del%20agua.pdf)
  15. El mundo solo trata 20% de sus aguas residuales, alerta la ONU. [online]. Available from: <https://obras.expansion.mx/soluciones/2017/03/22/el-mundo-solo-trata-20-de-sus-aguas-residuales-alerta-la-onu>
  16. GUALDRÓN, Luis E. Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos. *Revista Dinámica Ambiental* [online]. 2016. Vol. 1, no. 1, p. 83–102. Available from: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/4593/3916>
  17. GONZÁLEZ DEL VALLE, María. El 70% de aguas residuales en Perú se vierte sin tratamiento, afirma viceministra | Noticias | Agencia Peruana de Noticias Andina. [online]. 2010. Available from: <https://andina.pe/agencia/noticia-el-70-aguas-residuales-peru-se-vierte-sin-tratamiento-afirma-viceministra-286553.aspx>
  18. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA-ANA. Situación actual en el sector de agua y saneamiento en el Perú. *Autoridad Nacional del Agua* [online]. 2013. Available from: <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/938> Presentación realizada en el Seminario de “Tecnología alemana en el rubro de Agua y Saneamiento”, realizado en Lima el 11 de marzo del 2013.

19. Contaminacion Del Rio Shullcas -. [online]. Available from:  
<https://www.monografias.com/docs/Contaminacion-Del-Rio-Shullcas-F3ZFGFCZBZ>
20. Río Shullcas es cloaca contaminada por desagüe y basura \_ PERU \_ CORREO. [online]. Available from: <https://diariocorreo.pe/peru/rio-shullcas-es-cloaca-contaminada-por-desag-97832/?outputType=amp>
21. SAN PEDRO NATURALEZA. Redondita de Agua (*Hydrocotyle bonariensis*) | SAN PEDRO NATURALEZA. [online]. 2006. Available from:  
<https://sanpedronaturaleza.wordpress.com/flora/hierbas-acuaticas/redondita-de-agua-hydrocotyle-bonariensis/>
22. HALEVY, Abraham H. and PIETERSE, A. H. *Eichhornia Crassipes*. In : *CRC Handbook of Flowering*. 2020. p. 462–465.
23. POVEDA, Abigail. *Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el Cantón Ambato, provincia de Tungurahua* [online]. 2014. Available from:  
<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8455>
24. MERA PONCE and SANTIAGO RODRIGO. *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO "EVALUACIÓN DE LA BIOCONCENTRACIÓN DE DOS ESPECIES DE MACROFITAS ACUÁTICAS (*Eichhornia crassipes* y *Lemna spp*) EN*. 2016. ISBN 1804235628.
25. CHERCUELON, E. *Determinación de la capacidad de absorción de dos especies vegetales buchos de agua (*Limnocharis flava*) y muñequita de agua (*Hydrocotyle bonariensis*) en aguas contaminadas con plomo* [online]. 2017. Available from:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8534/1/236T0317.pdf>
26. *Fitorremediación de plomo ( $Pb^{2+}$ ) en agua por medio de una planta clonal, *Hydrocotyle bonariensis* T E S I S*.
27. PARRA LÓPEZ, Erick Jhon. Evaluación de la eficiencia de la remoción de plomo en aguas residuales del río Tarma usando *Hydrocotyle bonariensis* Lam. y *Typha latifolia* L. en humedales artificiales. *Universidad Católica Sedes Sapientiae*. 2020.
28. ROJAS ADRIANZEN, Bach, PAMELA BACH SUYON DIAZ, Lisbet, DEL PILAR, Elizabeth and FLORES MINO BETTY ESPERANZA, Msc. *TESIS EFICIENCIA DE FITORREMEDIACIÓN CON*

- JACINTO DE AGUA (*Eichhornia crassipes*) PARA DISMINUIR CONCENTRACIONES DE. 2019.
29. VARGAS TORRES, Katty Lizeth. "Evaluación de *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* en la remoción de parámetros de las aguas residuales domésticas de la quebrada Azungue de la ciudad de Moyobamba." 2017.
  30. SUGAWARA, Etsuko and NIKAIDO, Hiroshi. "Uso de la Planta *Eichhornia Crassipes* 'Jacinto de Agua' para la Reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el Agua Residual Porcina de la Empresa Campoy, Distrito de Aucallama, Huaral." *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* [online]. 25 December 2014. Vol. 58, no. 12, p. 7250–7257. DOI 10.1128/AAC.03728-14. Available from: [http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484\\_SISTEM\\_PEMBETU\\_NGAN\\_TERPUSAT\\_STRATEGI\\_MELESTARI](http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETU_NGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI)
  31. DANNY LUIS PEREZ RIOS RUBÉN DARÍO MANTURANO PÉREZ. Universidad nacional de ucajali. (*Tesis para obtener el título profesional de contador público*) UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI. [online]. 2019. P. 109. Available from: [http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4452/000004348T\\_CONTABILIDAD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4452/000004348T_CONTABILIDAD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
  32. VALDIVIA, C. *Eficiencia de *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms Laub- Pontederiaceae y *Nasturtium officinale* W.T. Aiton - Brassicaceae en el remoción de DBO5 y DQO del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Celendín.* 2019.
  33. VÁSQUEZ, Jhenson. *Remoción de materia orgánica de las aguas residuales de la Universidad César Vallejo-Trujillo utilizando jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en humedales artificiales* [online]. 2018. Available from: <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/17465> Trabajo de investigación
  34. CORONEL, Elver. "Eficiencia del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y Lenteja de agua (*Lemna minor*) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mnedoza de Amazonas-Chachapoyas 2015. *Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.Chachapoyas.* [online]. 2016. P. 96. Available from: <http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/657/EFICIENCIA DEL>

JACINTO DE AGUA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

35. TAPIA, A. *Análisis de absorción de metales en la planta Hydrocotyle vulgaris en crecimiento en agua natural y residual en la zona de Carhuamayo - 2019* [online]. 2020. Available from:  
[http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1916/3/T026\\_73802381\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1916/3/T026_73802381_T.pdf)
36. CCAPA, Gomer. *Universidad Peruana Unión Universidad Peruana Unión Organigrama Estructural* [online]. 2019. Available from:  
<http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/2671>
37. VILLANUEVA, Lizeth and YANCE, Jackeline. *Mejoramiento de la eficiencia de remoción de materia orgánica y coliformes termotolerantes en la PTAR del distrito de Huáchac-Chupaca*. 2017.
38. CARLOS, Guerrero. Universidad Nacional Del Centro Del Peru. *Universidad Nacional Del Centro Del Centro De Posgrado*. 2013. P. 10–11.
39. BONNET, Juan A. El Agua en el Suel. *Agronomy Journal*. 1960. Vol. 52, no. 8, p. 491–491. DOI 10.2134/agronj1960.00021962005200080030x.
40. MARÍN, Rafael. Características Físicas, Químicas Y Biológicas de las aguas. *Emacsa* [online]. 2010. Vol. 1, no. c, p. 37. Available from:  
<https://www.google.com/search?q=Prof.+Dr.+Rafael+Marín+Galvín+Jefe&oq=Prof.+Dr.+Rafael+Marín+Galvín+Jefe&aqs=chrome..69i57j33i160.909j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
41. VIVA, Química. El agua: un recurso esencial. *Química Viva*. 2012. Vol. 11, no. 3, p. 147–170.
42. ZULIA, Universidad, METALES, Concentraciones D E, SEDIMENTOS, E N, MUSCULARES, Y Tejidos, LA, Peces D E, CASTILLERO, Laguna D E, CIENTÍFICA, Revista and CASTILLERO, D E. *Disponibile en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95918202*. 2008.
43. PÉREZ, Hector. Naturaleza del agua residual doméstica y su tratamiento. *Universidad de Piura* [online]. 2012. P. 1–23. Available from:  
[http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1\\_135\\_183\\_88\\_1242.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_135_183_88_1242.pdf)
44. LEGALES, Normas. Normas legales 415675. . 2010. P. 415675–415676.

45. CÁCERES, Ernesto. Equilibrio pH. *Unne* [online]. 2013. P. 37–49. Available from: [med.unne.edu.ar/enfermeria/catedras/fisio/cap3 PH.pdf](http://med.unne.edu.ar/enfermeria/catedras/fisio/cap3PH.pdf)
46. SUGAWARA, Etsuko and NIKAIDO, Hiroshi. Properties of AdeABC and AdeIJK efflux systems of *Acinetobacter baumannii* compared with those of the AcrAB-TolC system of *Escherichia coli*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 2014. Vol. 58, no. 12, p. 7250–7257. DOI 10.1128/AAC.03728-14.
47. MASTERS, Gilbert M, ELA, Wendell P, HENRY, J Glynn and HEINKE, Gary W. *Masters Ela Introducción a la ingeniería medioambiental 3ª edición Otro libro de interés* [online]. [no date]. ISBN isBn9789701702666. Available from: [www.pearsoneducacion.com](http://www.pearsoneducacion.com)
48. RAMOS-ORTEGA, Lina María, VIDAL, Luís A., SANDRA, Vilardy Q. and SAAVEDRA-DÍAZ, Lina. Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Acta Biologica Colombiana*. 2010. Vol. 13, no. 3, p. 87–98.
49. ZARZA LAURA F. ¿Qué son las aguas residuales? | iAguá. *Aguas Respuestas* [online]. 2017. Available from: <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-residuales>
50. HERY, J.G.; HEINKE, G.W. *Ingenieria-Ambiental\_Glynn.Pdf* [online]. 1999. ISBN 970-17-0266-2. Available from: [https://www.u-cursos.cl/usuario/037b375d320373e6531ad8e4ad86968c/mi\\_blog/r/ingenieria-ambiental\\_glynn.pdf](https://www.u-cursos.cl/usuario/037b375d320373e6531ad8e4ad86968c/mi_blog/r/ingenieria-ambiental_glynn.pdf)
51. BOKOVA, Irina and RYDER, Guy. *Aguas Residuales el Recurso Desaprovechado, Naciones Unidas* [online]. 2017. ISBN 9789568200329. Available from: [http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas\\_Residuales\\_composicion.pdf](http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf)
52. AGUA, E L, URBANA, Residual, EFECTOS, Y S U S and EL, Sobre. *Depuración Biológica De Las. .* 1997.
53. SEHIRCILIK, Bakanlgi. *Tratamiento y reuso de aguas residuales* [online]. 2009. Available from: <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39054>
54. CURASMA, Marco Antonio and SANDOVAL, Estefani Karen. *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* [online]. 2019.

Available from: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3072>

55. AGRAZ-HERNÁNDEZ, Claudia Maricusa, DEL RÍO-RODRÍGUEZ, Rodolfo Enrique, CHAN-KEB, Carlos Armando, OSTI-SAENZ, Juan and MUÑIZ-SALAZAR, Raquel. Nutrient removal efficiency of *Rhizophora mangle* (L.) seedlings exposed to experimental dumping of municipal waters. *Diversity*. 2018. Vol. 10, no. 1, p. 69–83. DOI 10.3390/D10010016.
56. DELGADILLO-LÓPEZ, Angélica Evelin, GONZÁLEZ-RAMÍREZ, César Abelardo, PRIETO-GARCÍA, Francisco, VILLAGÓMEZ-IBARRA, José Roberto and ACEVEDO-SANDOVA, Otilio. Phytoremediation: An alternative to eliminate pollution. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2011. Vol. 14, no. 2, p. 597–612.
57. SANDOVAL, J. Eficiencia del jacinto de agua *Eichhornia crassipes* y lenteja de agua *Lemna minor* L. en la remoción de cadmio en aguas residuales. *Univerdad Nacional Federico Villareal* [online]. 2019. P. 95. Available from: [http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/3256/UNFV\\_SANDOVAL\\_VILCHEZ\\_JOSELYN\\_DANIELA\\_TITULO\\_PROFESIONAL\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/3256/UNFV_SANDOVAL_VILCHEZ_JOSELYN_DANIELA_TITULO_PROFESIONAL_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
58. JARAMILLO, MARIUXI; FLORES, Edison. Versid Dad Polit Ca Sa Se. . 2012. P. 128.
59. CARRASCO GUERRA, Jhonatan Albert. Universidad Nacional De San Martín - Tarapoto. *Estrategias de promoción y notoriedad de marca de la empresa veronika solar cateringC company de la ciudad de tarapoto año 2017*. Tesis [online]. 2018. No. Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Administración, p. 1–57. Available from: [http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3024/ADMINISTRACION - Pamela Jhosymar Valles Vásquez %26 Martha Ruth Guerra Pinedo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3024/ADMINISTRACION-Pamela Jhosymar Valles Vásquez %26 Martha Ruth Guerra Pinedo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
60. BUSSMANN, Rainer W. *Taxonomy-An Irreplaceable Tool for Validation of Herbal Medicine*. 2015. ISBN 9780128009963.
61. REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Diccionario de la lengua española | Edición del Tricentenario | RAE - ASALE. *Real Academia Española* [online]. 2014. Available from: <https://dle.rae.es/>
62. PROPIEDADES, Nomenclatura. Ácidos carboxílicos y derivados. [online]. 2011. Available from: <https://jgutluis.webs.ull.es/clase31.pdf>
63. ENLACE, Tema and PÉPTIDOS, Peptídico. *Tema 3.- enlace peptídico. péptidos* [online].

Available from: <http://personales.us.es/ruano/images/PDF/Tema 3 PROTEÍNAS. ENLACE PEPTÍDICO.pdf>

64. FONTANA GALLEGO, L., SÁEZ LARA, Ma J., SANTISTEBAN BAILÓN, R. and GIL HERNÁNDEZ, A. Compuestos nitrogenados de interés en nutrición clínica. *Nutricion Hospitalaria*. 2006. Vol. 21, no. SUPPL. 2, p. 15–29.
65. ALIAGA, JACINTO ARROYO. *METODO CIENTIFICO*. 2016. ISBN 9781119130536.
66. PRIETO CASTELLANOS, Bayron José. El uso de los métodos deductivo e inductivo para aumentar la eficiencia del procesamiento de adquisición de evidencias digitales. *Cuadernos de Contabilidad*. 2018. Vol. 18, no. 46. DOI 10.11144/javeriana.cc18-46.umdi.
67. CEGARRA SÁNCHEZ, JOSE. Metodología de la investigación científica y tecnológica. *Editdiazdesantos* [online]. 2020. Available from: <https://www.editdiazdesantos.com/libros/cegarra-sanchez-jose-metodologia-de-la-investigacion-cientifica-y-tecnologica-L03006241201.html> Metodología de la investigación científica y tecnológica, Escrito por Cegarra Sánchez, Isbn 9788479786243)
68. ARROYO ALIAGA, Jacinto Venancio. *¿Cómo ejecutar un plan de investigación?* [online]. 2012. Available from: <https://drive.google.com/file/d/0B4MdQCIR0y1PbzR4ODJsWGZHNE0/view>
69. PAZ, Guillermina Baena. *Metodología de la investigación*. 2018. ISBN 9786077447481.
70. ARIAS G, Fidas. *El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científico*. 2016. ISBN 9800785299.
71. ANA. *Protocolo Nacional de Monitoreo de Calidad de Agua R.J. 010-2016* [online]. 2016. Available from: [https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/turismo/asuntos\\_ambientales\\_turisticos/Normas\\_Ambientales/Normas\\_Ambientales\\_Transversales/Recursos\\_Hidricos/RJN\\_010\\_2016\\_ANA.pdf](https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/turismo/asuntos_ambientales_turisticos/Normas_Ambientales/Normas_Ambientales_Transversales/Recursos_Hidricos/RJN_010_2016_ANA.pdf)
72. MACEO, Antonio and UNIVERSIDAD, De. Redalyc. Caracterización de las aguas residuales de la comunidad “Antonio Maceo” de la Universidad de Oriente. . 2013.
73. GÓMEZ, Erika Vanessa Vanegas. Eficiencia del Jacinto de Agua (Eichhornia Crassipes) en

la Fitodepuración de Aguas Residuales Domésticas (ARD) y Aguas Residuales no Domésticas (ARnD). *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* [online]. 2014. Vol. 58, no. 12, p. 7250–7257. DOI 10.1128/AAC.03728-14. Available from: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/35009/evvanegasg.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

74. VALLE, Carolina Isabel. Aprovechamiento Del Jacinto Acuático De La Planta De Tratamiento “Ing. Arturo Pazos Sosa” Para La Producción De Abono Orgánico. . 2009.
75. DIPCA. Aprovechamiento sostenible del Jacinto de agua ( *Eichornia crassipes* ) y estudio del uso potencial de las microalgas del sitio RAMSAR Embalse Cerrón Grande Índice. . 2015. P. 173–177.
76. I, Candelaria Tejada-tovar, II, Isabel Paz-astudillo and I, Angel Villabona-ortíz. Aprovechamiento del Jacinto de Agua (*Eichornia crassipes*) para la síntesis de carboximetilcelulosa. *Revista Cubana de Química*. 2018. Vol. 30, no. 2, p. 211–221.

## ANEXOS

### **Anexo N°01: Matriz de consistencia**

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	DISEÑO METODOLOGICO	POBLACION Y MUESTRA
<p style="text-align: center;"><b>GENERAL</b></p> <p>¿Cuál es la eficiencia de remoción de contaminantes de las especies <i>Hydrocotyle bonariensis</i> (Redondita de agua) y <i>Eichhornia Crassipes</i> (Jacinto de agua) en el tratamiento de las aguas residuales del río Shullcas, desembocadura al río Mantaro?</p> <p style="text-align: center;"><b>ESPECIFICOS</b></p> <p>¿Cuáles son las características de las especies <i>Hydrocotyle bonariensis</i> (Redondita de agua) y <i>Eichhornia Crassipes</i> (Jacinto de agua)?</p> <p>¿Cuál es la diferencia entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales antes y después del tratamiento con las especies <i>Hydrocotyle bonariensis</i> (Redondita de agua) y <i>Eichhornia Crassipes</i> (Jacinto de agua)?</p> <p>¿Cuál es la diferencia entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual tratada y los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas residuales domésticas o municipales D.S. N°003-2010-MINAM?</p>	<p style="text-align: center;"><b>GENERAL</b></p> <p>Determinar el porcentaje de eficiencia de remoción de las especies <i>Hydrocotyle bonariensis</i> (Redondita de agua) y <i>Eichhornia Crassipes</i> (Jacinto de agua) en el tratamiento de las aguas residuales del río Shullcas, desembocadura al río Mantaro.</p> <p style="text-align: center;"><b>ESPECIFICOS</b></p> <p>Describir las características de las especies <i>Hydrocotyle bonariensis</i> (Redondita de agua) y <i>Eichhornia Crassipes</i> (Jacinto de agua).</p> <p>Determinar la diferencia entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales antes y después del tratamiento con las especies <i>Hydrocotyle bonariensis</i> (Redondita de agua) y <i>Eichhornia Crassipes</i> (Jacinto de agua).</p> <p>Determinar la diferencia entre los parámetros fisicoquímicos del agua residual tratada y los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas residuales domésticas o municipales.</p>	<p><b>INDEPENDIENT</b></p> <p><b>E</b></p> <p>Eficiencia de remoción</p> <p><b>DEPENDIENTE</b></p> <p><i>Hydrocotyle bonariensis</i></p> <p><i>Eichhornia crassipes</i></p>	<p><b>Tipo de investigación:</b></p> <p>El tipo de investigación es aplicativo</p> <p><b>Nivel de investigación:</b></p> <p>Exploratorio, correlacional</p> <p><b>Diseño y esquema de la investigación:</b></p> <p>El diseño de la investigación es pre experimental</p>	<p><b>Población:</b></p> <p>60 L de agua residual extraída del río</p> <p><b>Muestra:</b></p> <p>La muestra fue de 2500 ml</p>

**Anexo N°02: Obtención de la especie *Hydrocotyle bonariensis***



**Anexo 03: Obtención de la especie *Eichhornia crassipes***



#### **Anexo 04. Recolección de la muestra del agua residual**



#### **Anexo 05: Cadena de custodia de monitoreo de agua**





LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL ORGANISMO  
INTERNATIONAL ACCREDITATION  
SERVICE, INC. - IAS  
CON REGISTRO TL - 829



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 047



## INFORME DE ENSAYO N° 151211 - 2021 CON VALOR OFICIAL

**RAZÓN SOCIAL** : ELIZABETH HUAMANI LEÓN  
**DOMICILIO LEGAL** : C.P. LIRIO - ACORIA - HUANCAMELICA  
**SOLICITADO POR** : ELIZABETH HUAMANI LEÓN  
**REFERENCIA** : ANÁLISIS DE AGUA PARA LA TESIS "DETERMINAR LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE LA ESPECIE Eichhornia crassipes (JACINTO DE AGUA) Y Hydrocotyle bonariensis (REDONDITA DE AGUA) EN LAS AGUAS RESIDUALES DEL RÍO SHULLCAS - 2021" - UNIVERSIDAD CONTINENTAL  
**PROCEDENCIA** : RÍO SHULLCAS - LA RIBERA - HUANCAYO  
**FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA** : 2021-03-24  
**FECHA(S) DE ANÁLISIS** : 2021-03-24 AL 2021-03-31  
**FECHA(S) DE MUESTREO** : 2021-03-23  
**MUESTREO POR** : AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.  
**CONDICIÓN DE LA MUESTRA** : LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

### I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Oil and Grease Aceites y grasas	ASTM D7678 - 17. Standard Test Method for Total Oil and Grease (TOG) and Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) in Water and Wastewater with Solvent Extraction using Mid-IR Laser Spectroscopy.	0.50	mg/L
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value. Electrometric Method.	---	Unid. pH
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test.	2.00 <sup>(b)</sup>	mg/L
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method.	10.0	O <sub>2</sub> mg/L
Numeración de Coliformes Fecales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.	1.8 <sup>(a)</sup>	NMP/100mL
Numeración de <i>Escherichia coli</i>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 G. (Item 2), 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation. Technique for Members of the Coliform Group. Other <i>Escherichia coli</i> Procedures (PROPOSED).	1.8 <sup>(a)</sup>	NMP/100mL

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.

(b) Expresado como límite de detección del método.

ing. Mariño Yelo Paucar  
Director Técnico  
C.I.P. N° 219624  
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU

Cod. FI 004/ Versión 02/ E.E.: 09/2020

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Río: Norte - Lima • Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 1 de 2



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL ORGANISMO  
INTERNATIONAL ACCREDITATION  
SERVICE, INC. - IAS  
CON REGISTRO TL - 829



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 047



## INFORME DE ENSAYO N° 151211 - 2021 CON VALOR OFICIAL

### II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua superficial	
Matriz analizada	Agua natural	
Fecha de muestreo	2021-03-23	
Hora de inicio de muestreo (h)	16:05	
Coordenadas	0474561E 8665578N	
Condiciones de la muestra	Refrigerada/ Preservada	
Código del Cliente	PM-01	
Código del Laboratorio	21031427	
<b>ENSAYOS ACREDITADOS ANTE IAS</b>		
Ensayos	Unidades	Resultados
Oil and Grease Aceites y grasas	mg/L	1.58
<b>ENSAYOS ACREDITADOS ANTE INACAL-DA</b>		
Ensayos	Unidades	Resultados
**pH	Unid. pH	7.27
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	7.54
Demanda Química de oxígeno (DQO)	O <sub>2</sub> mg/L	26.6
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP/100mL	33 x 10 <sup>4</sup>
Numeración de <i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	23 x 10 <sup>4</sup>

(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

Medición de pH realizada a 25°C.

\*\*Resultado fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA e IAS por haber superado el tiempo de perecibilidad.

Lima, 06 de Abril del 2021.

Cod. FI 004/ Versión 02/ F.E.: 09/2020

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento solo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Río: Norte - Lima • Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 2 de 2

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU



## LABORATORIO DE ENSAYOS "AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"

### INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-042-21

**NOMBRE DEL CLIENTE** : Elizabeth Huamani León.  
**DOMICILIO LEGAL** : C.P. Lirio – Acoría – Huancavelica.  
**SOLICITADO POR** : Elizabeth Huamani León.  
**REFERENCIA DEL CLIENTE** : Análisis de Agua para la Tesis "Determinar la Influencia de Remoción de la Especie *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de Agua) y *Hydrocotyle Bonariensis* (Redondita de Agua) en las Aguas Residuales del Río Shullcas – 2021" – Universidad Continental.  
**PROCEDENCIA** : Río Shullcas – La Ribera – Huancayo.  
**ORDEN DE SERVICIO N°** : AL/OS – 018 – 2021.  
**CANTIDAD DE MUESTRAS** : Monitoreo en Campo.  
**FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA** : 23/03/2021.  
**PERIODO DE ENSAYO** : 1 Día.  
**TOMA DE MUESTRA** : Por Ambiental Laboratorios s.a.c.  
**CONDICIÓN DE LA MUESTRA** : Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió.

#### I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

Código del Cliente	Código de Laboratorio	Coordenadas		Fecha de Monitoreo	Hora de Monitoreo	Producto Declarado
		Este	Norte			
PM-01	M-21-67	0474561	8665578	23/03/2021	16:05	Agua Superficial

#### II. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método de Referencia	Descripción
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 - H+ B, 23rd Ed.2017	pH Value. Electrometric Method.
Temperatura	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed.2017	Temperature, Laboratory and Field Methods

#### III. RESULTADOS:

Código del Cliente	Ensayo	Resultado	Unidad
PM-01	pH	7.30	Unidad pH
	Temperatura	13.2	°C



Huancayo, 08 de Abril del 2021

AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.

Ing. Irvin H. Lavente Garza  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP N° 175912

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C, su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública, Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Las muestras serán conservadas en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excedido el tiempo se procede a su eliminación. Estos resultados 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.

Página 1 de 1

Oficina principal: Av. Ferrocarril N° 661 – Chilca – Huancayo. Laboratorio: Av. Ferrocarril S/N – Barrio Chanchas - Huayucachi  
Cel.: 998900666 - 956000691 Email: ambiental.lab@ambientallaboratorios.com.pe

## Anexo 07: Certificado de calibración



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL -DA CON REGISTRO N° LC- 019

# Certificado de Calibración



LA-490-2020

Pág. 1 de 1

- 1 Cliente : AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.  
 2 Dirección : Av. Ferrocarril N° 661 Chilca - Huancayo - Junín  
 3 Datos del Instrumento  
 . Instrumento de medición : pH metro . N° de serie del Instrumento : J0072757  
 . Marca : HANNA instruments . N° de serie del sensor : 0408053N  
 . Modelo : HI 83141 . Intervalo de Indicación : 0,00 pH a 14,00 pH  
 . Identificación : EQ-001-LAB . Resolución : 0,01 pH  
 4 Lugar de calibración : Laboratorio de Aguas - Green Group PE S.A.C.  
 5 Fecha de calibración : 2020-09-07  
 6 Método de calibración.

La calibración se realizó por comparación de la indicación del Instrumento con valores asignados a materiales de referencia de pH certificados, según procedimiento PC 020 Calibración de medidores de pH de INACAL 2 ed. 2017.

7 Condiciones Ambientales.

	Temperatura (°C)	Humedad relativa (% hr)
Inicial	24,8	57,7
Final	24,5	60,2

8 Trazabilidad

Patrón usado	Código Interno	N° Lote o N° Certificado	F. Vencimiento
MRC pH 4	GGP-S-01.52	CC651498	2021-12-02
MRC pH 7	GGP-S-02.51	CC652909	2021-12-11
MRC pH 10	GGP-S-03.52	CC650628	2021-11-21

9 Resultados de medición

Indicación del Instrumento (pH)	Valor del patrón (pH)	Error (pH)	Incertidumbre (pH)
3,99	4,006	-0,016	0,015
6,99	6,999	-0,009	0,015
9,96	10,015	-0,055	0,015



10 Observaciones

- a. Los resultados están dados a la temperatura de 25 °C  
 b. El coeficiente de correlación calculado es: 1,0000

Documento de uso exclusivo para trabajos realizados por AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.

- La Incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.
- Los resultados emitidos son válidos solo para el instrumento y sensor calibrado, en el momento de la calibración.
- Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.
- La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directrices de: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.
- Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Sin firma y sello carecen de validez.

Fecha de emisión

2020-09-08

AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.

Irvin A. Larreateca Colarza  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP N° 175912

ISAÍAS CURÍ MELGAREJO  
 Jefe de Laboratorio de Calibración  
 GREEN GROUP PE S.A.C

LA IMPRESIÓN DE ESTE CERTIFICADO CONSTITUYE UNA COPIA DEL ORIGINAL EN VERSIÓN ELECTRÓNICA (FIRMA DIGITAL, SEGÚN LEY N° 27269 LEY DE FIRMAS Y CERTIFICADOS DIGITALES)

FO-[LC-PR-01]-03

Av. Aviación 4210 - Surquillo

Central: 560-6134 / 273-3550

www.greengroup.com.pe

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL -DA CON REGISTRO N° LC- 019

# Certificado de Calibración

LA-491-2020



Registro N° LC -019

Pág. 1 de 1

1 Cliente : AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.  
2 Dirección : Av. Ferrocarril N° 661 Chilca - Huancayo - Junin

### 3 Datos del Instrumento

. Instrumento de medición : Termómetro digital\* . N° de serie del instrumento : J0072757  
. Marca : HANNA instruments . N° de serie de sensor : No indica  
. Modelo : HI 83141 . Intervalo de Indicación : 0,0 °C a 100,0 °C  
. Identificación : EQ-001-LAB . Resolución : 0,1 °C

4 Lugar de calibración : Laboratorio de Aguas - Green Group PE S.A.C.

5 Fecha de calibración : 2020-09-07

### 6 Método de calibración

La calibración se realizó por comparación siguiendo el procedimiento "PC-017 Calibración de Termómetros Digitales" Edición 2° de INDECOPI

### 7 Condiciones Ambientales

	Temperatura (°C)	Humedad relativa (% hr)
Inicial	24,4	60,7
Final	24,7	58,5

### 8 Trazabilidad

Patrón Usado	Código Interno	N° de Certificado	F. Vencimiento
Indicadores digitales con sensores de termistor de resolución de 0,001 °C	GGP-25	LT-228-2019 INACAL/DM	2021-09-05
	GGP-26	LT-216-2019 INACAL/DM	2021-08-21

### 9 Resultados de medición

T.C.V. (°C)	Indicación del Termómetro (°C)	Corrección (°C)	Incertidumbre (°C)
10,02	10,0	0,02	0,11
15,02	15,0	0,02	0,11
25,02	25,0	0,02	0,09

Temperatura Convencionalmente Verdadera (T.C.V.) = Indicación del termómetro + Corrección.



### Observaciones

- La profundidad de inmersión del sensor fue de 4 cm
  - El tiempo de estabilización de temperatura fue de 6 minutos.
  - La precisión del instrumento es  $\pm 0,4$  °C
- \* Termómetro perteneciente al pH metro HANNA HI 83141.

Documento de uso exclusivo para trabajos realizados por AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.

- Las temperaturas convencionalmente verdaderas mostradas en los resultados de medición son las de la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (International Temperature Scale ITS-90).
- La Incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.
- Los resultados emitidos son válidos solo para el instrumento y sensor calibrado, en el momento de la calibración.
- Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.
- La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directrices de: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.
- Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firma y sello carecen de validez.

Fecha de Emisión

2020-09-08

AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.

Ing. Irvin M. Laurente Calarza  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP N° 175079

ISAÍAS CURI MELGAREJO  
Jefe de Laboratorio de Calibración  
GREEN GROUP PE S.A.C

LA IMPRESIÓN DE ESTE CERTIFICADO CONSTITUYE UNA COPIA DEL ORIGINAL EN VERSIÓN ELECTRÓNICA (FIRMA DIGITAL SEGÚN LEY N° 27269 LEY DE FIRMAS Y CERTIFICADOS DIGITALES)

FO-[LC-PR-01]-03

Av. Aviación 4210 - Surquillo

Central: 560-8134 / 273-3550

www.greengroup.com.pe

EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY

## Anexo 08: Adaptación de las especies *Hydrocotyle bonariensis*



**Anexo 09: Armado del sistema para la especie *Hydrocotyle bonariensis***



**Anexo 10: Armado del sistema para la especie *Eichhornia crassipes***



**Anexo 11: Recolección de muestra de agua residual tratada con la especie *Eichhornia crassipes***



**Anexo 12: Recolección de muestra de agua residual tratada con la especie *Hydrocotyle bonariensis***



**Anexo 13: Cadena de custodia del monitoreo**



### CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS

FR-015  
Versión 06  
F.E. 11/2019  
Página... de ...

Cliente: ELIZABETH HUAMANÍ LEÓN

Lugar: ACCORIA - HUANCAYELCA

Empresa: Empresa: Contacto: LILA ANGELEHO DE LA CRUZ

Plantas: Proyecto: MUESTREO POR SAG MUESTREO POR CLIENTE

Carta/Olización: N° 2021-03VI-129-4-1

Email: janchine@amboraki.com.pe

Telef(s) 95600691

PUNTO DE MUESTREO o CODIGO DEL CLIENTE	FECHA	HORA	TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU		ANÁLISIS DE LABORATORIO						MUESTREO POR CLIENTE
				PH	Temperatura	AyG	DOB5	DOB	Col. Feab	E. Coli	1º Muestra	
PH-01	05/04/21	9:20	A. Residual	X	X	X	X	X	X	X	X	15/2/21-2021
PH-02	05/04/21	9:25	A. Residual	X	X	X	X	X	X	X	X	21/03/21

Observaciones de Muestreo:

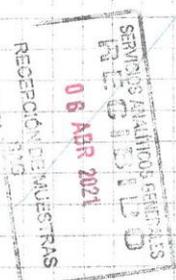
Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: Elizabeth Huamani Leon

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: [Firma]

Firma(s): [Firma]

Recibido en laboratorio: [Firma]

Día/Hora: 14:00



Anexo 14: Certificado de calibración de los instrumentos utilizados



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL -DA CON REGISTRO N° LC- 019



# Certificado de Calibración

LA-490-2020

Registro N° LC -019

Pág. 1 de 1

- 1 Cliente : AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.
- 2 Dirección : Av. Ferrocarril N° 661 Chilca - Huancayo - Junin
- 3 Datos del Instrumento
  - . Instrumento de medición : pH metro . N° de serie del Instrumento : J0072757
  - . Marca : HANNA instruments . N° de serie del sensor : 0408053N
  - . Modelo : HI 83141 . Intervalo de Indicación : 0,00 pH a 14,00 pH
  - . Identificación : EQ-001-LAB . Resolución : 0,01 pH
- 4 Lugar de calibración : Laboratorio de Aguas - Green Group PE S.A.C.
- 5 Fecha de calibración : 2020-09-07
- 6 Método de calibración.

La calibración se realizó por comparación de la indicación del Instrumento con valores asignados a materiales de referencia de pH certificados, según procedimiento PC 020 Calibración de medidores de pH de INACAL 2 ed. 2017.

7 Condiciones Ambientales.

	Temperatura (°C)	Humedad relativa (% hr)
Inicial	24,8	57,7
Final	24,5	60,2

8 Trazabilidad

Patrón usado	Código Interno	N° Lote o N° Certificado	F. Vencimiento
MRC pH 4	GGP-S-01.52	CC651498	2021-12-02
MRC pH 7	GGP-S-02.51	CC652909	2021-12-11
MRC pH 10	GGP-S-03.52	CC650628	2021-11-21

9 Resultados de medición

Indicación del Instrumento (pH)	Valor del patrón (pH)	Error (pH)	Incertidumbre (pH)
3,99	4,006	-0,016	0,015
6,99	6,999	-0,009	0,015
9,96	10,015	-0,055	0,015



Documento de respaldo para trabajos realizados por AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.

10 Observaciones

- Los resultados están dados a la temperatura de 25 °C
- El coeficiente de correlación calculado es: 1,0000

- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.
- Los resultados emitidos son válidos solo para el instrumento y sensor calibrado, en el momento de la calibración.
- Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.
- La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directrices de: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.
- Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Sin firma y sello carecen de validez.

Fecha de emisión

2020-09-08

*Isaias Curi Melgarejo*  
**ISAÍAS CÚRI MELGAREJO**  
 Jefe de Laboratorio de Calibración  
 GREEN GROUP PE S.A.C

*Irvin E. Larrañaga Galarza*  
**AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.**  
 Irvin E. Larrañaga Galarza  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP N° 175912

LA IMPRESIÓN DE ESTE CERTIFICADO CONSTITUYE UNA COPIA DEL ORIGINAL EN VERSIÓN ELECTRÓNICA (FIRMA DIGITAL, SEGÚN LEY N° 27269 LEY DE FIRMAS Y CERTIFICADOS DIGITALES)

FO-[LC-PR-01]-03

Av. Avlección 4210 - Surquillo

Central: 660-6134 / 273-3550

www.greengroup.com.pe

EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL -DA CON REGISTRO N° LC- 019

*Certificado de Calibración*  
LA-491-2020



Registro N°LC -019

Pág. 1 de 1

1 Cliente : AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.  
2 Dirección : Av. Ferrocarril N° 661 Chilca - Huancayo - Junin

3 Datos del Instrumento

. Instrumento de medición : Termómetro digital\* . N° de serie del instrumento : J0072757  
. Marca : HANNA instruments . N° de serie de sensor : No indica  
. Modelo : HI 83141 . Intervalo de Indicación : 0,0 °C a 100,0 °C  
. Identificación : EQ-001-LAB . Resolución : 0,1 °C

4 Lugar de calibración : Laboratorio de Aguas - Green Group PE S.A.C.

5 Fecha de calibración : 2020-09-07

6 Método de calibración

La calibración se realizó por comparación siguiendo el procedimiento "PC-017 Calibración de Termómetros Digitales" Edición 2° de INDECOPÍ

7 Condiciones Ambientales

	Temperatura (°C)	Humedad relativa (% hr)
Inicial	24,4	60,7
Final	24,7	58,5

8 Trazabilidad

Patrón Usado	Código Interno	N° de Certificado	F. Vencimiento
Indicadores digitales con sensores de termistor de resolución de 0,001 °C	GGP-25	LT-228-2019 INACAL/DM	2021-09-05
	GGP-26	LT-216-2019 INACAL/DM	2021-08-21

9 Resultados de medición

T.C.V. (°C)	Indicación del Termómetro (°C)	Corrección (°C)	Incertidumbre (°C)
10,02	10,0	0,02	0,11
15,02	15,0	0,02	0,11
25,02	25,0	0,02	0,09

Temperatura Convencionalmente Verdadera (T.C.V.) = Indicación del termómetro + Corrección.



Observaciones

- a) La profundidad de inmersión del sensor fue de 4 cm
  - b) El tiempo de estabilización de temperatura fue de 6 minutos.
  - c) La precisión del instrumento es  $\pm 0,4$  °C
- \* Termómetro perteneciente al pH metro HANNA HI 83141.

Documento de uso exclusivo para trabajos realizados por AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.

- Las temperaturas convencionalmente verdaderas mostradas en los resultados de medición son las de la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (International Temperature Scale ITS-90).
- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.
- Los resultados emitidos son válidos solo para el instrumento y sensor calibrado, en el momento de la calibración.
- Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.
- La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directrices de: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.
- Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firma y sello carecen de validez.

Fecha de Emisión

2020-09-08

AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.

Ing. Iván H. Laurente Galarza  
JEFE DE LABORATORIO

ISAÍAS CURI MELGAREJO  
Jefe de Laboratorio de Calibración  
GREEN GROUP PE S.A.C

LA IMPRESIÓN DE ESTE CERTIFICADO CONSTITUYE UNA COPIA DEL ORIGINAL EN VERSIÓN ELECTRÓNICA (FIRMA DIGITAL, SEGUN LEY N° 27269 LEY DE FIRMAS Y CERTIFICADOS DIGITALES)

FO-[LC-PR-01]-03

Av. Aviación 4210 - Surquillo

Central: 560-8134 / 273-3550

www.greengroup.com.pe

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"

Anexo 15: Informe de ensayo de los análisis del agua residual tratada, realizada por la empresa "Ambiental laboratorios S.A.C."



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL ORGANISMO  
INTERNATIONAL ACCREDITATION  
SERVICE, INC. - IAS  
CON REGISTRO TL - 829



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 047



## INFORME DE ENSAYO N° 151511 - 2021 CON VALOR OFICIAL

**RAZÓN SOCIAL** : ELIZABETH HUAMANI LEÓN  
**DOMICILIO LEGAL** : C.P. LIRIO - ACORIA - HUANCAYELICA  
**SOLICITADO POR** : ELIZABETH HUAMANI LEÓN  
**REFERENCIA** : ANÁLISIS DE AGUA PARA LA TESIS "EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE LA ESPECIE Hydrocotyle bonariensis (REDONDITA DE AGUA) Y Eichhornia crassipes (JACINTO DE AGUA) EN LAS AGUAS RESIDUALES DEL RÍO SHULLCAS - 2021" - UNIVERSIDAD CONTINENTAL  
**PROCEDENCIA** : C.P. LIRIO - ACORIA - HUANCAYELICA  
**FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA** : 2021-04-06  
**FECHA(S) DE ANÁLISIS** : 2021-04-06 AL 2021-04-16  
**FECHA(S) DE MUESTREO** : 2021-04-05  
**MUESTREO POR** : AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.  
**CONDICIÓN DE LA MUESTRA** : LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

### I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Oil and Grease Aceites y grasas	ASTM D7678 - 17. Standard Test Method for Total Oil and Grease (TOG) and Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) in Water and Wastewater with Solvent Extraction using Mid-IR Laser Spectroscopy.	0.50	mg/L
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value. Electrometric Method.	---	Unid. pH
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>2</sub> )	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	2.00 <sup>(b)</sup>	mg/L
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.	10.0	O <sub>2</sub> mg/L
Numeración de Coliformes Fecales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.	1.8 <sup>(a)</sup>	NMP/100mL
Numeración de <i>Escherichia coli</i>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 G. (Item 2), 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation. Technique for Members of the Coliform Group. Other <i>Escherichia coli</i> Procedures (PROPOSED).	1.8 <sup>(a)</sup>	NMP/100mL

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.

(b) Expresado como límite de detección del método.

Ing. Maritza Tello Paucar  
Director Técnico  
C.I.P. N° 219624  
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU

Cod. FI 004/Versión 02/ F.E.: 09/2020

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 1 de 2



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL ORGANISMO  
INTERNATIONAL ACCREDITATION  
SERVICE, INC. - IAS  
CON REGISTRO TL - 829



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 047



## INFORME DE ENSAYO N° 151511 - 2021 CON VALOR OFICIAL

### II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua residual	Agua residual
Matriz analizada	Agua residual	Agua residual
Fecha de muestreo	2021-04-05	2021-04-05
Hora de inicio de muestreo (h)	09:20	09:25
Coordenadas	0512039E	0512039E
	8609564N	8609564N
Condiciones de la muestra	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada
Código del Cliente	PM-01	PM-02
Código del Laboratorio	21040183	21040184

ENSAYOS ACREDITADOS ANTE IAS			
Ensayos	Unidades	Resultados	
Oil and Grease Aceites y grasas	mg/L	<0.50	<0.50

ENSAYOS ACREDITADOS ANTE INACAL-DA			
Ensayos	Unidades	Resultados	
**pH	Unid. pH	7.09	6.77
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00	11
Demanda Química de oxígeno (DQO)	O <sub>2</sub> mg/L	<10.0	25.7
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP/100mL	7.8	11
Numeración de <i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	2	6.8

(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

Medición de pH realizada a 25°C.

\*\*Resultado fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA e IAS por haber superado el tiempo de perecibilidad.

Lima, 19 de Abril del 2021.

17025

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU

Cod. FI 004/ Versión 02/ F.E.: 09/2020

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 2 de 2



## LABORATORIO DE ENSAYOS "AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"

### INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-044-21

**NOMBRE DEL CLIENTE** : Elizabeth Huamani León.  
**DOMICILIO LEGAL** : C.P. Lirio – Acoria – Huancavelica.  
**SOLICITADO POR** : Elizabeth Huamani León.  
**REFERENCIA DEL CLIENTE** : Análisis de Agua para la Tesis "Determinar la Influencia de Remoción de la Especie *Eichhornia Crassipes* (Jacinto de Agua) y *Hydrocotyle Bonariensis* (Redondita de Agua) en las Aguas Residuales del Río Shullcas – 2021" – Universidad Continental.  
**PROCEDENCIA** : C.P. Lirio – Acoria – Huancavelica.  
**ORDEN DE SERVICIO N°** : AL/OS – 021 – 2021.  
**CANTIDAD DE MUESTRAS** : Monitoreo en Campo.  
**FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA** : 05/04/2021.  
**PERIODO DE ENSAYO** : 1 Día.  
**TOMA DE MUESTRA** : Por Ambiental Laboratorios s.a.c.  
**CONDICIÓN DE LA MUESTRA** : Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió.

#### I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

Código del Cliente	Código de Laboratorio	Coordenadas		Fecha de Monitoreo	Hora de Monitoreo	Producto Declarado
		Este	Norte			
PM-01	M-21-74	0512039	8609564	05/04/2021	09:20	Agua Residual
PM-02	M-21-75	0512039	8609564	05/04/2021	09:25	Agua Residual

#### II. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método de Referencia	Descripción
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 - H+ B, 23rd Ed.2017	pH Value. Electrometric Method.
Temperatura	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed.2017	Temperature, Laboratory and Field Methods

#### III. RESULTADOS:

Código del Cliente	Ensayo	Resultado	Unidad
PM-01	pH	7.10	Unidad pH
	Temperatura	11.5	°C
PM-02	pH	6.79	Unidad pH
	Temperatura	11.2	°C

Huancayo, 19 de Abril del 2021

AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.  
Ing. Arvin Laurente Galarza  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP N° 175912

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C, su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública, Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Las muestras serán conservadas en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excedido el tiempo se procede a su eliminación. Estos resultados 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.

Página 1 de 1

Oficina principal: Av. Ferrocarril N° 661 – Chilca – Huancayo. Laboratorio: Av. Ferrocarril S/N – Barrio Chanchas - Huayucachi  
Cel.: 998900666 - 956000691 Email: ambiental.lab@ambientallaboratorios.com.pe