



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

***Eichhornia crassipes, Lemna minor y Pistia stratiotes* como  
sorbentes de plomo, cobre y zinc en el tratamiento de aguas  
residuales, 2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORAS:**

Ayme Estacio, Marina Viviana (ORCID: 0000-0003-1880-0316)  
Ramos Pongo, Margoth Carrusell (ORCID: 0000-0002-8079-8205)

**ASESOR:**

Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0002-8683-5054)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

A nuestros progenitores, por esos innumerables momentos que han logrado encaminarnos por el buen camino y así lograr nuestro objetivo deseado.

## **Agradecimiento**

Agradecemos a Dios, por darnos la fuerza y guiarnos en nuestro camino. A nuestros padres por brindarnos su confianza, motivación y apoyo incondicional a lo largo de nuestra carrera. A nuestro asesor, el Dr. Carlos Castañeda Olivera por brindarnos su conocimiento y su apoyo en el desarrollo de nuestra tesis.

## Índice de contenidos

Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	14
3.1. Tipo y diseño de investigación	14
3.2. Variable de operacionalización	15
3.3. Población, muestra y muestreo	15
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	16
3.5. Procedimientos	17
3.6. Método de análisis de datos	27
3.7. Aspectos éticos	27
IV. RESULTADOS	27
4.1 Análisis fisiológicos de las macrófitas	27
4.2 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y metales pesados presentes en el agua residual analizada.	29
4.3. Resultados del análisis de las aguas residuales después del tratamiento con macrófitas en un periodo de 15 días.	32
V. DISCUSIÓN	41
VI. CONCLUSIONES	44
VII. RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS	46
ANEXOS	57

## Índice de tablas

Tabla 1.	Propiedades químicas de <i>Eichhornia crassipes</i>	11
Tabla 2.	Clasificación científica de <i>Eichhornia crassipes</i>	11
Tabla 3.	Clasificación científica de <i>Lemna minor</i>	12
Tabla 4.	Clasificación científica de <i>Pistia stratiotes</i>	13
Tabla 5.	Validadores de instrumentos	17
Tabla 6.	Coordenadas UTM del área de estudio	19
Tabla 7.	Caracterización física de <i>Eichhornia crassipes</i> , <i>Lemna minor</i> y <i>Pistia stratiotes</i>	27
Tabla 8.	Resultado de los parámetros fisicoquímicos y metales pesados antes del tratamiento	29
Tabla 9.	Resultados de los parámetros fisicoquímicos después del tratamiento	32
Tabla 10.	Concentración de metales pesados en el agua residual después del tratamiento con macrófitas flotantes	33
Tabla 11.	Concentración de cobre después del tratamiento	34
Tabla 12.	Concentración de plomo después del tratamiento	35
Tabla 13.	Resultado final de la concentración de zinc	36
Tabla 14.	Porcentaje de remoción de cobre	37
Tabla 15.	Porcentaje de remoción de plomo	38
Tabla 16.	Porcentaje de remoción de zinc	39

## Índice de figuras

Figura 1. <i>Eichhornia Crassipes</i> ( Ramachandra et al., 2018)	11
Figura 2. <i>Lemna minor</i> L (Vieira et al., 2019)	12
Figura 3. <i>Pistia stratiotes</i> (Ramachandra et al. 2018)	13
Figura 4. Diagrama de flujo del procedimiento general del trabajo de investigación	18
Figura 5. Comunidad de Cashaucro (Google satélite)	19
Figura 6. Aguas del río Quichas: a) toma de muestra inicial y b) midiendo los parámetros fisicoquímicos in situ	19
Figura 7. Diseño de la cubeta para el tratamiento de aguas residuales	21
Figura 8. Selección de las macrófitas: a) <i>Lemna minor</i> y b) <i>Eichhornia crassipes</i>	22
Figura 9. Esquema del procedimiento de la metodología	23
Figura 10. Recolectando agua del río Quichas: a) recolección de agua	23
Figura 11. Posición de las especies en las cubetas	24
Figura 12. Adaptación de las plantas en Cashuacro	25
Figura 13. Dilución de los reactivos	26
Figura 14. Proceso de necrosis en <i>Eichhornia Crassipes</i> : a) 7 días y b) 14 días	28
Figura 15. Proceso de necrosis en <i>Pistia stratiotes</i> : a) 7 días y b) 14 días	29
Figura 16. Proceso de despigmentación de <i>Lemna minor</i> . a) 7 días y b) 14 días	29
Figura 17. Concentración de cobre, plomo y zinc en el agua residual antes del tratamiento	31
Figura 18. Concentración de la combinación de metales antes del tratamiento	31
Figura 19. Concentración del cobre después del tratamiento del agua residual	34
Figura 20. Concentración del plomo después del tratamiento del agua residual	35
Figura 21. Concentración del Zinc después tratamiento del agua residual	36
Figura 22. Porcentaje de remoción del cobre	38
Figura 23. Porcentaje de remoción de plomo	39
Figura 24. Porcentaje de remoción de Zinc	40

Figura 25. Reactivos que se utilizaron en la solución	82
Figura 26. Pesado de los reactivos	82
Figura 27. Frasco con la muestra inicial de agua contaminada	82

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* y *Lemna minor* como sorbentes en el tratamiento de Pb, Cu y Zn en las aguas residuales de la comunidad de Cashaucro ubicada en Oyón a 3600 msnm. La investigación se desarrolló mediante un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y de diseño experimental. Para evaluar la adsorción de las macrófitas se utilizó 9 cubetas de vidrio con concentraciones de 750 mg/L de zinc, 25mg/L de cobre y 62.5 mg/L de plomo. El tratamiento se realizó durante 15 días y se monitoreó cada semana para evaluar los parámetros fisicoquímicos como el pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura. De acuerdo a los resultados obtenidos, se alcanzaron valores superiores al 90% en el mejoramiento los parámetros fisicoquímicos. Por otro lado, las eficiencias en remoción de cobre, plomo y zinc fueron de 99.86, 99.89, 29.45%, respectivamente. Finalmente, el estudio demostró que las macrófitas flotantes son buenos adsorbentes de metales pesados y podrían utilizarse como alternativa en el mejoramiento de la calidad del agua debido a su bajo costo.

**Palabras clave:** absorción, agua residual, metales pesados y macrófitas.

## ABSTRACT

The present research aimed to evaluate the *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* and *Lemna minor* as sorbents in the treatment of Pb, Cu and Zn in the wastewater of the community of Cashaucro located in Oyón at 3600 meters above sea level. The research was developed using a quantitative approach, applied and experimental design. To evaluate the adsorption of the macrophytes, 9 glass cuvettes with concentrations of 750 mg / L of zinc, 25mg / L of copper and 62.5 mg / L of lead were used. The treatment was carried out for 15 days and was monitored every week to evaluate the physicochemical parameters such as pH, electrical conductivity, dissolved oxygen and temperature. According to the results obtained, values higher than 90% were reached in the improvement of the physicochemical parameters. On the other hand, the copper, lead and zinc removal efficiencies were 99.86, 99.89, 29.45%, respectively. Finally, the study showed that floating macrophytes are good heavy metal adsorbents and could be used as an alternative to improve water quality due to their low cost.

**Key words:** absorption, waste water, heavy metals and macrophytes.

## I. INTRODUCCIÓN

En la mayoría de países en vías de desarrollo, las aguas residuales son descargadas directamente al río o al mar sin darle un tratamiento previo, produciendo la contaminación de los recursos hídricos. Esta contaminación se da principalmente por sustancias químicas que son arrojadas por las industrias mineras, y es un tema discutible debido a los efectos que causa en la salud humana, ecología y medio ambiente.

En cuanto a los principales metales pesados podemos mencionar al plomo, cadmio, mercurio y arsénico entre otros; estos metales al entrar en contacto con seres vivos generan trastornos y alteraciones en las reacciones químicas del metabolismo, que van a estar en relación con el tiempo de exposición, y la concentración. El cadmio en altas concentraciones puede producir osteoporosis. Para contrarrestar eso, existen varias tecnologías de tratamiento de aguas contaminadas, una de ellas es el tratamiento biológico mediante macrófitas flotantes. Este tratamiento ha recibido más atención después que se ha descubierto que estas especies tienen la capacidad de absorber elementos tóxicos en su estructura. Al respecto, Caviedes, Delgado y Olaya (2016) afirman que estas plantas han probado ser eficaces en la remediación de aguas que tienen materia orgánica y metales pesados. Además, menciona que *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* y *Lemna minor* han sido especies más investigado en el tratamiento de aguas residuales.

En el año 2016, la Autoridad Nacional del Agua identificó 41 unidades hidrográficas cuyos parámetros de calidad están sobre los ECA, siendo una de las causas el vertimiento de aguas residuales industriales (Aquino, 2017). Así mismo, el 70% de aguas residuales domésticas e industriales se vierten directamente a los cursos fluviales sin tratamiento. Por otro lado, para la autoridad administrativa del agua (AAA) de Madre de Dios la mayor demanda de agua es por el sector minero con 32.75 m<sup>3</sup>/ha/año, seguido del consumo poblacional con 12.89 m<sup>3</sup>/ha/año. La estimación de descarga anual de metales (toneladas/año) en los vertimientos son; los ríos y quebradas, puesto que presentan los mayores niveles

de masa respecto a la laguna y el mar siendo el sector minero con mayor descarga de metales como: Zn con 214.05 t/año, Cu con 71.35 t/año, y Pb con 28.54 t/año. Por consiguiente, es un problema alarmante para la población aledaña debido al impacto negativo que genera las actividades mineras. En la actualidad existen 143 plantas y solo el 14% cumplen con la norma vigente ANA (2017).

Oyón como provincia no cuenta con sistemas de tratamiento y sus aguas contaminadas son descargadas al río Quichas, generando acumulación de metales pesados, en consecuencia, existe la pérdida de la calidad y alteración de los parámetros fisicoquímicos del agua generando la extinción de las especies acuáticas. Así mismo, al contener elementos nocivos es inminente el riesgo para la salud de la comunidad Cashaucro que aprovecha estos recursos.

Entre los tratamientos de aguas contaminadas se tiene el tratamiento biológico usando plantas acuáticas que al ser expuestas a metales pesados pueden generar diferentes cambios fisiológicos. La técnica a desarrollar para el tratamiento es la fitorremediación y dentro de estas técnicas mencionamos la rizo filtración, que consiste en utilizar las raíces para descontaminar en la zona que la rodea mediante la absorción (Bernal, 2014). La fitorremediación en el presente trabajo de investigación fue mediante el uso de macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados. Para ello, es factible el uso de tecnología eco-amigable, económica y efectiva para remover, transformar mediante la absorción utilizando métodos alternativos más accesibles para mantener en equilibrio el ecosistema.

En la investigación se planteó como problema principal: ¿la *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* y *Lemna minor* son eficientes en la absorción de metales en el tratamiento de aguas residuales de Oyón, 2020? Y como problemas específicos: ¿cuáles son los valores de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales antes y después de la aplicación de las macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales? y ¿Cuál es porcentaje de remoción de los

metales pesados (Pb, Cu y Zn) aplicando las macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales?

La investigación se justifica a nivel ambiental, porque se busca una reducción de metales pesados en aguas residuales del río Quichas mediante proceso natural como la fitorremediación que es un proceso amigable con el ecosistema, En el aspecto económico, esta investigación se justifica porque el tratamiento se realiza “*in situ*” no generando costo en mantenimiento y operación. En el aspecto social se busca promover una alternativa de solución ante la contaminación generada por las industrias mineras y a su vez beneficiará la salud de los pobladores de Cashaucro debido a que contarán con agua de mejor calidad para regar sus cultivos y también como bebida de sus animales.

El objetivo general de la investigación es: evaluar la *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* y *Lemna minor* como sorbentes en el tratamiento de Pb, Cu y Zn en las aguas residuales, y como objetivos específicos: determinar los valores de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales antes y después de la aplicación de las macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales del río Quichas y determinar el porcentaje de remoción de los metales pesados (Pb, Cu y Zn) aplicando las macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales.

Para dicha investigación se planteó la siguiente hipótesis general: la *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* y *Lemna minor* son adsorbentes de plomo, cobre y zinc en las aguas residuales y como hipótesis específicas: los valores de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales del río Quichas antes y después de la aplicación de las macrófitas flotantes serán diferentes y la *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* y *Lemna minor* son eficientes en el porcentaje de remoción de los metales pesados (Pb, Cu y Zn).

## II. MARCO TEÓRICO

Aguas residuales, son aquellas aguas que han sido modificadas y alteradas por actividades del hombre sus características originales que requiere un tratamiento previo, por su calidad antes de ser rehusadas y vertidas a un cuerpo hídrico natural como son los ríos, lagos, lagunas y mares o descargadas al sistema de red alcantarillado conteniendo en concentraciones altas de sustancias y microorganismos que dañan la salud de los seres vivos (OEFA 2014).

Orozco y Jaramillo (2014) refieren que, las aguas residuales se caracterizan por su composición fisicoquímica. Las características químicas están relacionadas principalmente en función a los desechos que ingresan, entre ellos podemos mencionar a la materia inorgánica, metales pesados, sólidos suspendidos y otros. Mientras, las características biológicas dependen del tipo de microorganismos que se encuentran presentes en el agua como las bacterias, algas y hongos además las características físicas tienen como compuestos al carbono, oxígeno, hidrógeno y en algunos casos el nitrógeno.

El término de metales pesados se refiere a aquellos metales que tienen un número atómico superior a 20. Estos metales están considerados como elementos de transición ubicados en la tabla periódica y como uno de los componentes más tóxicos como contaminante en los ríos. Los metales que tienen interés en la toxicología clínica son el plomo, cadmio, mercurio, hierro, cromo, cobalto, cobre, níquel y zinc (Ilundain Suquía 2018). La toxicidad del metal va depender del compuesto químico que está ligado como de la vía de administración (Jaramillo y Flores 2012). Por otra parte el peligro no solo reside en su toxicidad sino también al tiempo de exposición, por más concentraciones bajas que se presente CooperAcción (2016)

Ramachandra et al. (2018) identificaron patrones especiales de acumulación de metales pesados en las macrófitas acuáticas, entre las especies dominantes fueron la *Eichhornia crassipes* y *Alternanthera philoxeroides* siendo el Pb con

mayor acumulación en las raíces con un promedio de ( $> 5 \text{ mg / kg}$ ) fitotóxico. Mientras que, el cobre osciló entre 14,5 y 164,8 mg/kg siendo un elemento esencial para el crecimiento de la macrofitas, pero la concentración que excede los 20 mg/kg en el brote es perjudicial. Al mismo tiempo, Cd fue uno de los metales que redujo la tasa fotosintética de las macrofitas disminuyendo las células de cloroplasto en las plantas.

Absorción, es el paso de agua o de sustancias en solución del exterior al interior del organismo o célula (Valcárcel Safrá 2000). Mientras que, para Cuizano, Llanos y Navarro (2009), es la incorporación de una sustancia en un estado dado, dentro de otra, que se encuentra en un otro estado. Así mismo, Álvaro (2005) refiere que la absorción es un fenómeno donde cada proceso metabólico de la planta requiere nutrimentos cualitativa y cuantitativamente diferente. Mientras que la adsorción es la adherencia de una sustancia física o la unión de iones, átomos o moléculas sobre la superficie de otra molécula. El adsorbato es la sustancia adsorbida y el adsorbente es la superficie sólida (Cuizano, Llanos y Navarro 2009). La adsorción es utilizada en la purificación del agua

La biosorción está formado por una fase líquida (agua) que contiene el ión metálico y una fase sólida (material biológico). De acuerdo a su afinidad se le conoce el ion metálico (sorbato) y al material biológico como sorbente (Mosbah y Sahmoune 2013).

Los mecanismos que presentan las plantas para poder resistir a la exposición de metales pesados involucran ciertas estrategias como la quelación, exclusión, mineralización, reducción, solubilización, acumulación y redistribución. La quelación es la formación de un complejo muy estable entre el metal y el ligante que es una molécula orgánica que tiene varios sitios de unión permitiendo adherirse fuertemente al núcleo del metal, formándose un complejo muy estable que puede ser concentrado en la vacuola de la planta. La reducción consiste en la transformación de los compuestos químicos altamente tóxicos a sustancias menos tóxicas (Núñez López et al. 2004).

Chandanshive et al. ( 2020) utilizaron *Vetiveria zizanioides*, un pasto herbáceo, planta semiacuática, para el tratamiento de aguas residuales textiles, *in situ* durante 5 días, logrando los siguientes resultados: Fito transformación de Remazol Red en metabolitos no tóxicos; reducción de DQO, DBO, TDS, TSS y la eliminación de As, Cd, Cr y Pb. Así mismo, Li et al. ( 2016) utilizaron el polvo de raíz de *Eichhornia crassipes* para ser probado para la adsorción con metales pesados ,teniendo como resultado la adsorción en el siguiente orden de Pb>Cd> Zn> Cu. Además, la contaminación por metales pesados no afectó a los componentes químicos básicos de dicho polvo.

Los complejos organometálicos, están formados por los quelantes que produce las plantas. Entre estos se tiene los ácidos orgánicos (oxalato, malato y citrato), aminoácidos (histidina), metalotioneínas y fitoqueratinas. Entre los más importantes mencionaremos a los dos últimos. Las metaloneínas son polipéptidos ricos en cisteína de bajo peso molecular que tiene afinidad por los iones de zinc, cadmio, mercurio y cobre. Las fitoquelatinas son péptidos ricos en cisteína que contienen 3 aminoácidos: glicina, cisteína y ácido glutámico. Su principal función es la destoxificación de metales y metaloides (González y Zapata, 2008).

Estudios realizados con *Lemna sp.* y estratitotas de *Pistia*, fueron evaluados bajo diferentes concentraciones de uranio en solución sintética y residuos radiactivos reales. Sólo *Lemna sp.* fue estudiada en la absorción de uranio en residuos radiactivos reales, porque presentaba una capacidad de absorción máxima (experimento:  $6,81 \times 10^{-1}$  mmol g<sup>-1</sup>; calculado:  $7,37 \times 10^{-1}$  mmol g<sup>-1</sup>) muy superior a la de los estratitas de *Pistia* (experimento:  $2,86 \times 10^{-2}$  mmol g<sup>-1</sup>; calculado:  $3,67 \times 10^{-2}$  mmol g<sup>-1</sup>) en las soluciones sintéticas. Estos dos macrófitos presentan un aspecto y áreas de superficie distintos, pero tienen los mismos grupos funcionales que actúan directamente en la biosorción (Vieira et al. 2019).

Sandoval (2019) removió cadmio a partir de aguas residuales utilizando el jacinto de agua y la lenteja de agua, obteniendo valores de remoción del 83,57%, con *Eichhornia crassipes* y 39.35% con lenteja de agua. Por otro lado, Rashid, Taha y Hameed ( 2019) utilizaron el polvo de raíz y brote de *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua) y las cenizas de quitosan como un sistema para la eliminación de

metales pesados (plomo, cobre y cadmio) de las aguas residuales a través del proceso de biosorción, logrando eliminar en mayor porcentaje el plomo y cadmio.

Mwaniki, Onyatta y Yusuf ( 2019) estudiaron la adsorción de Cd, Pb, Zn, Ni y Cr utilizando jacinto de aguas en aguas residuales y soluciones acuosas. Los resultados mostraron buena eficiencia de adsorción del jacinto de agua en la solución acuosa que las aguas residuales. Similarmente Sarkar, Rahman y Bhoumik, (2017) emplearon el polvo de jacinto de agua para eliminar metales pesados, obteniendo como resultado que el *Eichhornia crassipes* es un adsorbente potencial que puede eliminar el 99% de Cr y Cu de las soluciones acuosa, mediante el proceso de filtración.

Sekarjannah et al. (2018) construyeron sistemas de humedales con plantas de jacinto de agua, con ello lograron aumentar el pH del drenaje ácido de las minas y la disminución de la concentración de Mn y Fe en un tiempo de 33 días. Mientras, Omondi Donde et al. ( 2018) utilizaron las macrófitas en agua residuales que contenían heces con patógenos bacterianos; lo cual lograron una reducción de más de 95% de las formas patógenas de *Escherichia Coli*, *Enterococcus faecalis* y *Enterococcus faesium*.

Mishra, Tripathi y Kim ( 2009) emplearon *Pistia stratiotes* y *Azolla pinnata* para la reducción de mercurio del efluente de la minería del carbón por medio de rizofiltración, logrando con la investigación la reducción de mercurio con el 80 y 90% con las plantas respectivas después de haber sido expuesto por 21 días, sin embargo, Shammout y Zakaria ( 2015) examinaron la calidad del agua de los estanques de riego de Jordania, donde crecían las lentejas de agua, obteniendo como resultado, que los parámetros de calidad de agua de este lugar estaban dentro de los límites permitidos, también revelaron que esta planta son agentes de biorremediación del agua y fuente de proteínas. Similarmente León y Peralta (2009) afirmaron que *Eichhornia crassipes* es más eficiente en el tratamiento de aguas residuales domésticas debido al número de parámetros fisicoquímicos removidos en aguas residuales domésticos.

Qin et al. (2016) llevaron a cabo su trabajo *in situ* utilizando las plantas exóticas (jacinto de agua y lechuga de agua) en estanques contaminados con aguas residuales domésticas, teniendo como resultado que el jacinto de agua presentaba mayor capacidad de acumulación de nitrógeno (58,64%) a comparación de la lechuga de agua que se obtuvo 56,90% de acumulación. Sin embargo, esta planta mostró mayor eficiencia en la eliminación de fósforo y eliminación de algas.

Wosnie, Mengistou y Alvarez (2020) definen a las macrófitas como plantas herbáceas que crecen y se desarrollan en suelos saturados o sumergidos por agua, y que tienen la capacidad para permanecer y tolerar un largo periodo en contacto con el agua. Así mismo, son ecológicamente exitosas en el mundo, por su gran plasticidad fenotípica que se adaptan a casi todos los tipos de hábitat con mayor tolerancia a variaciones micro climáticas con eficientes mecanismos de dispersión, formas de crecimiento y colonización.

Cadavid et al.(2019) determinaron las concentraciones de metales pesados Ni, Cu, Mn, Cr, Zn, Co, Hg, Pb y Cd en hongos macromicetos, colectados de la Bahía Cispatá. El género que más concentró Zn fue el género Crepidotus (36,78mg/kg), mientras que, en otras investigaciones, se reportaron rangos de concentración entre 19,66mg/kg - 75,91mg/kg en macromicetos del orden Agaricales, que incluye a los del género Crepidotus; así, en el río Mendere como en la Bahía Cispatá, la presencia de este elemento, se debe a la acción antrópica, gran aporte de este metal, se debe por la industria camaronera en la zona estuarina.

Cuellar Reyes et al.( 2019) realizaron un monitoreo sobre el calidad de agua en la cuenca alta del río Huara mediante un laboratorio portátil obteniendo como resultado niveles superiores en fosfato, Fe, Mn, Pb y Zn para consumo humano. Por otro lado, Garay ( 2017) en su investigación usó jacinto de agua y lenteja de agua para la remoción de boro obteniendo como resultado una disminución de 89% con el tratamiento de jacinto de agua, 57.13% con la lenteja de agua y 56.37% con la combinación de lenteja de agua y jacinto de agua. Además observó

que las macrófitas durante el proceso de tratamiento presentaron anomalías en su estructura.

La biorremediación es una técnica en la que utiliza plantas acuáticas para reparar ambientes contaminados como el suelo, el aire y el agua. Para este tratamiento se puede utilizar organismos propios de la zona como también de otro lugar, en condiciones aerobias o anaerobias. Esta técnica se ha realizado con éxito para tratar lodos, suelos y sedimentos contaminados con hidrocarburos de petróleo, pesticidas y otro (Martínez et al.,2011). Según Rodríguez y Sánchez (2003), en la biorremediación se utiliza microorganismos como bacterias, hongos y levaduras para degradar de forma natural ciertos compuestos contaminantes en compuestos más simples o poco contaminantes. Asimismo, Chiriví et al. (2019) lo define como una tecnología, o un conjunto de ellas, en el que se utiliza microorganismos para la remoción o la reducción de los contaminantes, mientras que, en la fitorremediación se usa plantas, algas que almacenan y eliminan sustancias tóxicas.

Las macrófitas cumplen un papel fundamental en los sistemas de tratamiento de aguas contaminadas siendo sus principales funciones; proporcionar oxígeno a los microorganismos que viven en la rizosfera también tienen la capacidad de absorber materia orgánica, nutrientes (fósforo y nitrógeno) y airear el sistema radicular. Al mismo tiempo, mismo reduce contaminantes en el agua asimilando directamente en sus tejidos de filtración de los sólidos a través del entramado que forma su sistema radicular (Mengistou y Alvarez 2020).

Las macrófitas flotantes, se usan en las aguas contaminadas mediante tecnología ecológica. Dentro de las macrófitas flotantes tenemos el jacinto de agua, que es altamente resistente que puede tolerar la toxicidad de metales pesados, fenoles, formaldehídos, ácidos fórmicos, ácidos acéticos y ácidos oxálicos incluso en sus altas concentraciones. Para la absorción de metales pesados y materia orgánica en sistemas de fitorremediación basada en la aplicación de macrófitos acuáticos, es eficaz el uso de *Lemna minor L* y *Eichhornia crassipes* por su naturaleza tienen la capacidad de resistencia, bioacumulación, mecanismo, invasivo y reproductiva (Goswami y Das 2018).

*Eichhornia Crassipes*, pertenece a la familias pontederiáceas originaria de la cuenca del Amazonas, de América del Sur llamada comúnmente lechuguín, jacinto de agua, lirio de agua o lampazo, es una especie crassipes de herbácea flotante, de raíces cortas y sumergidas, prevista de un rizoma emergente, del cual se abre un rosetón de hojas casi circulares con superficie suave, esponjosa y notablemente hinchadas que le permite permanecer flotante sobre la superficie del agua. Con dimensiones de 2,5 a 16 cm de largo y de 3 a 12 cm de ancho ( Westhelle y Hurley, 2019). Por otro lado esto también llamada comúnmente lechuguín o buchón de agua, es una planta acuática flotante de aguas tranquilas, muy apreciado por forma abombadas de sus hojas y el color violeta de su flor. Tiene los peciolos esponjosos e inflados en la parte central, la forma de su hoja es ovada y mide aproximadamente 4-12 cm, esta especie puede reproducirse a mayor velocidad a comparación de otros vegetales, consiguiendo duplicar su peso y volumen en corto tiempo. Las flores son grandes y vistosas de color azulada-lila que se agrupan en una inflorescencia en racimo que puede componerse hasta ocho flores las semillas pueden permanecer latentes hasta siete años, como se puede observar en la Figura 1.

El jacinto de agua está compuesta de celulosa que se puede encontrar en porcentajes significativos en las hojas y tallo; siendo esto materia prima para la obtención de carboximetilcelulosa (Tejada Tovar et al. 2018). Tal como se muestra en la Tabla 1 y su clasificación científica en la Tabla 2.



**Figura 1. *Eichhornia Crassipes* (Ramachandra et al., 2018)**

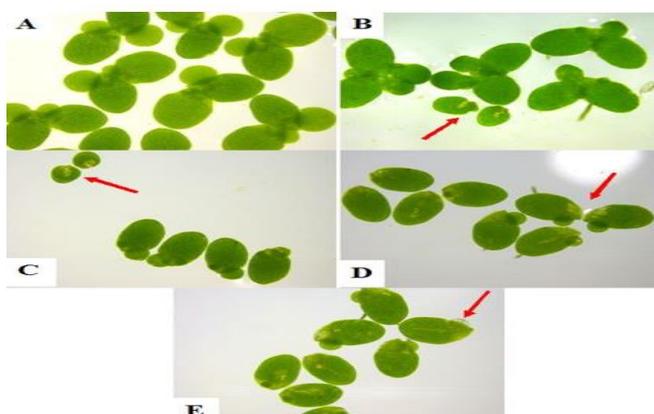
**Tabla 1. Propiedades químicas de *Eichhornia crassipes***

Compuesto	Propiedad Química (%) base seca
Hemicelulosa	28.0 ± 9.5% (base seca)
Celulosa	25.0 ± 6.2% (bs)
Lignina	11.5 ± 7.4% (bs)

**Tabla 2. Clasificación científica de *Eichhornia crassipes***

Reino	Plantae
División	magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Commelinales
Familia	Pontederiaceae
Genero	Eichhornia
Especie	E. crassipes

Para Sarkheil y Safari, (2020), la lenteja de agua (*Lemna minor L*) es una planta acuática flotante pequeña y simple que pertenece a la familia de las lemnaceae que se distribuye por todo el mundo y tiene la capacidad de crecer rápidamente y absorber nutrientes minerales (Figura 2). Así mismo, informaron que la lenteja de agua (*Lemna minor*) en los últimos años se ha utilizado en el tratamiento de aguas residuales. En su investigación logró la máxima eficiencia de eliminación de NH<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub> y PO<sub>4</sub> - en diferentes aguas residuales a razón de 96%, 98% y 96% (Basile et al. 2015). En la Tabla 3 se observa su clasificación científica.



**Figura 2. *Lemna minor L* (Vieira et al., 2019)**

**Tabla 3. Clasificación científica de *Lemna minor***

Reino	Plantae
División	Fanerógama Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Alismatales
Familia	Araceae
Genero	lemnaceae
Especie	<i>L. minor</i>

La especie *Pistia stratiotes* L. es una planta flotante con tallo corto y numerosas raíces delgadas y largas, que alcanzan los 10 y 20 cm (Figura 3). Estas plantas se encuentran fácilmente en lagunas poco profundas y áreas pantanosas, principalmente en condiciones alcalinas. Esta herbácea fue nominada por su distribución común en ambientes tropicales, su resistencia a la variabilidad climática severa, reproducción rápida y manipulación simple. Además, en la literatura se describe como macrófita capaz de fitorremediar metales pesados como Cd, Mn, Fe y Zn (Wang et al. 2018). La Tabla 4 muestra la clasificación científica de dicha especie.



**Figura 3. *Pistia stratiotes* (Ramachandra et al. 2018)**

**Tabla 4. Clasificación científica de *Pistia stratiotes***

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Alismatales
Familia	Araceae
Genero	<i>Pistia</i>
Especie	<i>Pistia stratiotes</i>

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

El presente trabajo de investigación fue de enfoque cuantitativo. Según Rehan (2018) cuando se recolecta datos para verificar la hipótesis de una investigación mediante análisis estadístico se denomina enfoque cuantitativo. Por otro lado, Palella Stracuzzi y Martins Pestana( 2012) refiere que al emplear este enfoque se utilizará instrumentos de medición y comparación, que faciliten datos para el estudio, donde se requiere la aplicación de los modelos estadísticos y matemáticos.

La investigación fue de tipo aplicada porque se emplea las teorías y leyes que han sido comprobadas para dar soluciones a problemas prácticos. Por su parte Jiménez Paneque, (1998) indica que en una investigación aplicada, el problema nace directamente de la práctica social y generan resultados en el lugar donde se realizan. En la presente investigación se contribuye con recomendaciones para uso de macrófitas en tratamiento de aguas residuales.

El diseño de la investigación fue experimental porque se manipuló una de las variables bajo condiciones estrictamente controladas. Palella y Martinez (2010), refiere que el investigador domina las condiciones bajo las cuales se realiza el experimento y modifica sus variables independientes para obtener los resultados, no toda investigación científica es factible de ser tratada experimentalmente, pero cuando las condiciones son propicias y lo permiten, el estudio experimental debe aplicarse, porque de él se obtienen beneficios para el desarrollo de la ciencia.

En cuanto al nivel fue explicativo, porque tuvo la formulación de hipótesis, ya que es imprescindible para explicar las causas que originaron la problemática, buscando enriquecer o esclarecer las teorías (Jiménez Paneque 1998).

### 3.2. Variable de operacionalización

En la presente investigación se trabajó con variables tanto independiente como dependiente, entre ellas son:

- **Variable independiente:** consiste en el uso de macrófitas flotantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia Stratioites* y *Lemna minor L.*).
- **Variable dependiente:** Absorción de metales pesados y materia orgánica de las aguas residuales. En el anexo 1 se mostrará las variables de operacionalización

### 3.3. Población, muestra y muestreo

La población es el conjunto de elementos, individuos o fenómenos que contienen características en común que van a ser estudiados, y esta puede ser finita o infinita (Ventura, 2017). La población del estudio estuvo constituida por el conjunto de aguas residuales contaminadas con metales pesados de la cuenca baja del río Quichas del distrito de Oyón, provincia de Oyón en Lima. Mientras, la muestra estuvo conformada por 270L de agua residual.

El tipo de muestreo fue probabilístico. Hernández , Fernández y Baptista ( 2014) refiere que es cuando todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser seleccionados. Así mismo, el tipo de muestreo también fue por conglomerado debido a que la cuenca baja del río Quichas se dividió en tres puntos para la toma de muestras y se recogió aproximadamente 270 litros de agua .En el presente trabajo la unidad de análisis está definida por agua residual simulada y tratada con *Lemna minor*, *Eichhornia crassipes* y *Pistia Stratiotes* durante 15 días. Se utilizó 90 L de agua residual simulada y tratada con *Eichhornia crassipes*, 90 L de agua residual simulada y tratada con *Pistia Stratioites* y 60 L de agua residual simulada y tratada con *Lemna minor* y 30 L con agua residual simulada y tratada con las tres especies.

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos que se han utilizado en el presente trabajo para la recolección de la información, están de acuerdo con las características y necesidades de cada variable. La técnica que se empleó fue la observación, que consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, mediante un conjunto de categorías y subcategorías (Hernández Fernández y Baptista, 2014). Como instrumentos se utilizó fichas para recolección de datos en campo y en laboratorio. De ello se obtuvo datos descriptivos en la investigación por medio de la observación. En la tesis se utilizaron 4 fichas, se muestran en el **Anexo 2**.

Para certificar la **validez y confiabilidad** de los instrumentos fueron analizados por tres expertos en la materia para su revisión. Tal como se muestra en la **Tabla 5**. Corral (2011) refiere que la validez de un instrumento consiste en la medición del grado de la autenticidad del procedimiento del muestreo por medio de pruebas, para ello los expertos utilizan su criterio y capacidad que poseen en juicio adecuado y conocimiento del tema. Por otro lado, Valderrama (2013) indica que en una investigación cuantitativa se utiliza fichas de datos como instrumentos de medición, que son formuladas por los investigadores. Así también se utilizaron laboratorios acreditados por INACAL para poder analizar los parámetros fisicoquímicos y la concentración de metales pesados en el agua.

**Tabla 5. Validadores de instrumentos**

<b>Especialistas</b>	<b>Profesión</b>	<b>CIP</b>	<b>Promedio de validación</b>
Dr. Castañeda Olivera Carlos Alberto	Ingeniero metalúrgico	130267	90%
Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales	Ingeniero químico	71998	90%
Dr. Acosta Suasnabar Eusterio Horacio	Ingeniero químico	25450	90%
<b>Promedio total de validación</b>			90%

### 3.5. Procedimientos

En la Figura 4 se detalla el procedimiento que se tomó en cuenta para el desarrollo de la investigación.

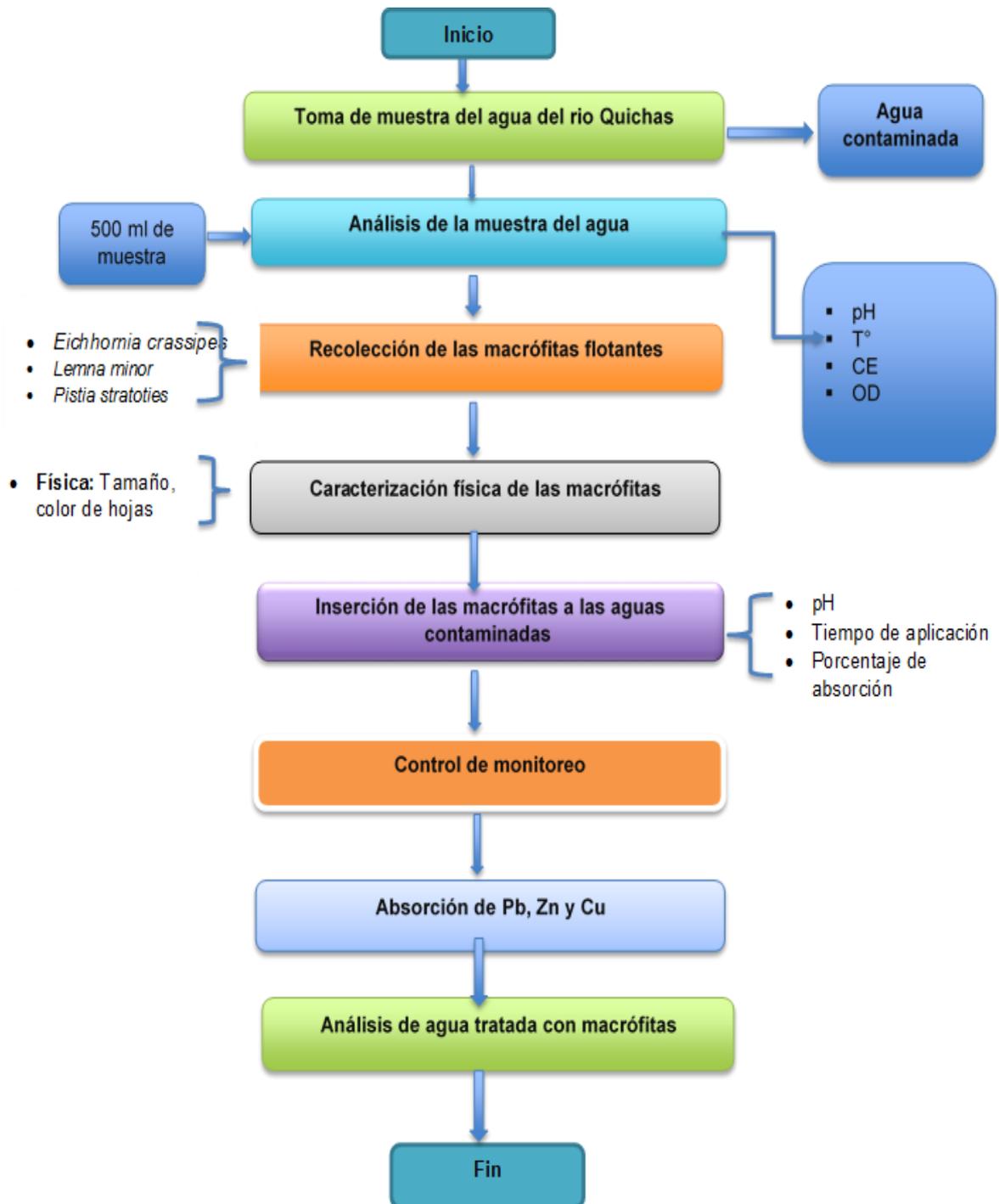


Figura 4. Diagrama de flujo del procedimiento general del trabajo de investigación

## Fase 1: Identificación de la zona de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad de Cashaucro al norte distrito de Oyón, provincia de Oyón. Se identificó el lugar debido a la presencia de mineras que actualmente están afectando a los recursos hídricos de manera indiscriminada, siendo los metales pesados una amenaza para el río Quichas y la salud de la población que viven en el lugar. Para determinar la ubicación se utilizó el sistema de posicionamiento global (GPS), el sistema UTM (Universal Transverse Mercator) para las coordenadas de los puntos de muestreo y el sistema geodésico WGS84 como se muestra en la Figura 5 y la Tabla 6.



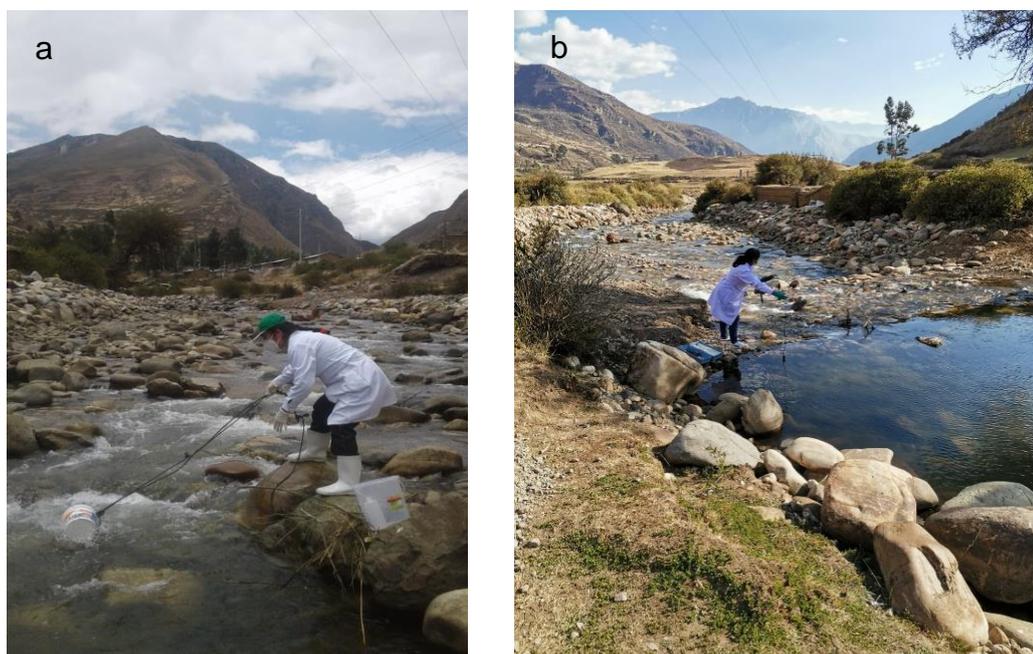
Figura 5. Comunidad de Cashaucro (Google satélite)

Tabla 6. Coordenadas UTM del área de estudio

Altura	Coordenadas Este	Coordenadas Norte
3 556,52 msnm	306022,682	8824559,765
3 560,61 msnm	306022,909	8824560,639
3 545,61 msnm	306024,33	8824560,389

## Fase 2: Recolección de la muestra inicial

Las tomas de muestra se realizaron en la cuenca baja del río Quichas, siguiendo el protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales en el marco del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. El tipo de muestreo utilizado fue probabilístico, el cual nos permite conocer el grado de contaminación que tiene el agua. Para ello se procedió a recolectar tres muestras simples en diferentes puntos de la corriente del río. Los puntos de muestreo tuvieron una profundidad de 30 cm. Las muestras recolectadas fueron de 200ml cada una que posteriormente se envió al laboratorio para su análisis respectivo. Al mismo tiempo se tomaron los parámetros “*in situ*” como el pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica (Figura 6). Asimismo, se buscó local para que nos brinde las condiciones adecuadas para el desarrollo del trabajo de investigación y de esta manera obtener facilidad en el monitoreo.



**Figura 6. Aguas del río Quichas: a) toma de muestra inicial y b) midiendo los parámetros fisicoquímicos *in situ***

Las muestras se enviaron al laboratorio con el fin de determinar, metales pesados en mayor proporción en el río Quichas. Asimismo, conocer el grado de oxidación química y biológica que tiene el agua del río, posteriormente de acuerdo

a los resultados, dar un tratamiento adecuado mediante el uso de las macrófitas acuáticas.

### Fase 3: Caracterización de la muestra

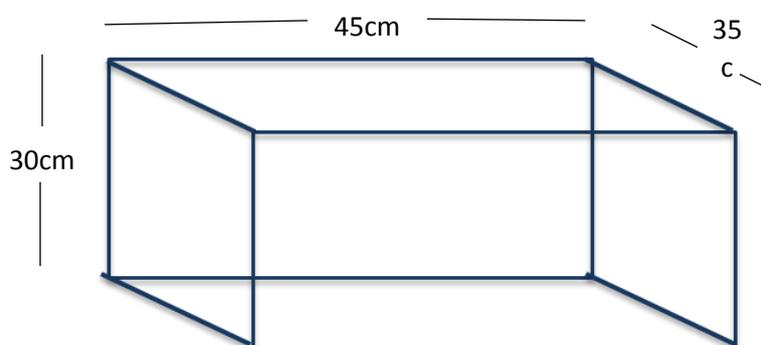
Como primer paso antes del tratamiento se observó y se determinó las características físicas de las plantas como el color de las hojas, el tamaño de la raíz y número de hojas.

Para conocer la concentración de metales pesados en la muestra fueron llevados al laboratorio SGS donde se analizaron mediante la espectrometría de absorción atómica. También se analizó los parámetros fisicoquímicos del agua in situ.

### Fase 4: Procesos en el tratamiento

#### Construcción de las cubetas

Se diseñaron 11 cubetas de vidrio para el tratamiento de las aguas residuales con una capacidad de 30 litros. Las medidas de la cubeta fueron 35 cm de ancho, 30 cm de altura y 45 cm de largo como muestra la Figura 7.



**Figura 7. Diseño de la cubeta para el tratamiento de aguas residuales**

#### Origen y obtención de las macrófitas

Las plantas de *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* y *Lemna minor* fueron compradas en la ciudad de Lima (mercado de flores). Las macrófitas fueron expuestas a un método llamado selección masal positiva para mejorar las características y sean deseables (Saquimux 2011). Tal como se muestra Figura 8.

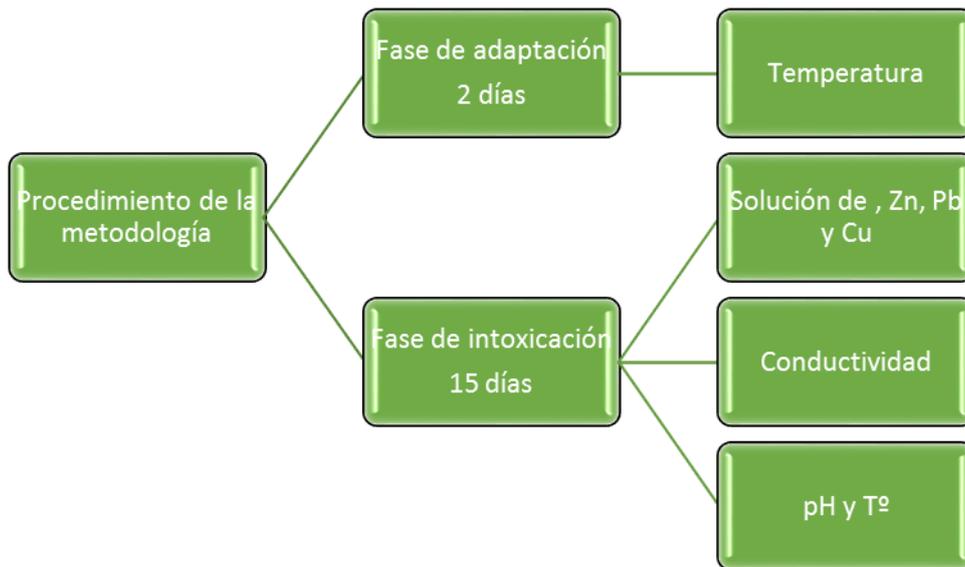


**Figura 8. Selección de las macrófitas: a) *Lemna minor* y b) *Eichhornia crassipes***

### **Fase 5: Metodología experimental**

El experimento se realizó en la azotea de una vivienda cerca al río Quichas en el pueblo de Cashaucro. Para ello se instalaron 10 cubetas de vidrio en el cual se añadieron 29 litros de agua residual del río Quichas en cada una de las cubetas, más un litro de dilución de metales que se colocaron en la fase de intoxicación, donde el agua estuvo en un sistema estático, es decir el agua residual del río permaneció alojada en el estanque. Para desarrollar dicha experimentación se realizaron cuatro tratamientos.

La experimentación se realizó en dos fases, de adaptación y de intoxicación, todo este proceso tuvo una duración de 17 días, como se muestra en la Figura 9.



**Figura 9. Esquema del procedimiento de la metodología**

### Procedimiento de la metodología

#### Recolección de agua

El agua se recolectó del río Quichas con baldes para luego ser llevadas al local y proceder con la experimentación. Tal como se muestra en la Figura 10.



**Figura 10. Recolectando agua del río Quichas: a) recolección de agua b) transporte del agua y c) el agua en el local**

## Fase de adaptación

Esta fase tuvo un tiempo de dos días. Las macrófitas se colocaron en los recipientes en el orden que se muestra en la Figura 11 y 12. Todas las cubetas contenían 29 litros de agua del río.

- Tratamiento con jacinto de agua: se colocaron 3 plantas que tendrán relativamente el mismo peso. Para seleccionar las macrófitas se utilizaron la técnica que utilizaron (León y Lucero, 2009) que consistió en seleccionar las plantas que tenían bulbos blanquecinos. En este tratamiento se midieron los siguientes parámetros: altura (desde la raíz hasta la hoja más alta), número de bulbos, número de hijuelos y peso de la planta.
- Tratamiento con lechuga de agua: se colocaron 3 plantas de igual peso
- Tratamiento con lenteja de agua: se colocaron 20 g.
- Tratamiento con las tres plantas: se colocaron 3 de lechuga de agua, 3 de jacinto de agua y 15 g de lenteja de agua.



**Figura 11. Posición de las especies en las cubetas**



**Figura 12. Adaptación de las plantas en Cashuacro**

### **Fase 6: Fase de intoxicación**

En esta fase tuvo una duración de 15 días, una vez pasado los dos días se colocaron un litro de dilución de sulfato de cobre, sulfato de zinc y nitrato de plomo en diferentes concentraciones en las cubetas respectivas como se indica en la figura 11.

Cada semana se hizo el monitoreo de las macrófitas haciendo uso de las fichas para colocar sus características físicas, así mismo, se anotará el pH, conductividad, temperatura de agua de cada cubeta.

### **Preparación de la solución**

Para preparar las soluciones patrones se utilizó las sales de Sulfato de Zn ( $\text{ZnSO}_4$ ), Sulfato de Cu ( $\text{CuSO}_4$ ) y nitrato de Pb ( $\text{Pb NO}_4$ ) siendo diluidas con agua del Río Quichas. Y para obtener las concentraciones se tomó como referencia el Decreto Supremo N° 004-2017- MINAM. Las sales utilizadas en esta investigación se pueden apreciar en el **Anexo 5**.

### **Reactivos**

- Sulfato de Zn ( $\text{ZnSO}_4$ )
- Sulfato de Cu ( $\text{CuSO}_4$ )
- Nitrato de Pb ( $\text{Pb NO}_4$ )

## Materiales

- Balanza
- Varilla de agitación
- Frascos de vidrio

Para preparar las diluciones se procedió de la manera siguiente:

- Se pesó en la balanza el sulfato de zinc 3 g, sulfato de cobre 0.1g y 0.25g de nitrato de plomo (**Anexo 5**)
- En un balde se colocaron 4 litros de agua del río Quichas y 3g de sulfato de zinc, se agitó hasta que se disuelva por completo para luego colocar un litro a cada cubeta designada para la intoxicación. Tal como se muestra en la Figura 13. Dicho procedimiento se repitió para intoxicación con sulfato de cobre y el nitrato de plomo.



**Figura 13. Dilución de los reactivos**

## Recolección de las muestras

Luego de echar las diluciones en las cubetas se recolectó las muestras de cada dilución en un frasco agregando 10 gotas de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) para luego ser llevadas al laboratorio para poder verificar la concentración inicial (**Anexo 4**).

Trancurrido el tiempo de 15 días de la experimentación se recogió las 9 muestras de un contenido de 200 ml de la parte media de la cubeta sin remover el agua para ser analizada su concentración en Zn, Cu y Pb después del tratamiento con las macrófitas

Los tratamientos realizados con las diferentes plantas fueron monitoreados cada semana. Para el monitoreo de descontaminación de las aguas se usaron fichas para registrar los datos como pH, conductividad, temperatura y oxígenos disueltos.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Para el desarrollo de nuestro trabajo de investigación se utilizó la estadística descriptiva porque se emplearon tablas de frecuencia y gráficos de barras. Para ello se utilizó el programa Microsoft Excel siendo este programa que nos brinda confiabilidad en el procesamiento de datos y los resultados fueron analizados mediante gráficos estadísticos para una mejor interpretación.

### **3.7. Aspectos éticos**

En la presente investigación se respetó la propiedad intelectual de los autores de libros, tesis, artículos, revistas, etc. De la misma forma, se respetó los lineamientos establecidos en el código de ética, reglamento de investigación, líneas de investigación, guía de productos de investigación 2020 de la Universidad César Vallejo. Además, se utilizó el software Turnitin para verificar la originalidad de la tesis.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Análisis fisiológicos de las macrófitas

El análisis fisiológico de las macrófitas se realizó mediante la técnica de la observación. El comportamiento fisiológico de las macrófitas al ser intoxicadas con sulfato de zinc, sulfato de cobre y nitrato de plomo tuvo resultado cambio en el color de sus hojas y daños en sus raíces. Tal como muestra en la Tabla 7 y en las Figuras 14, 15 y 16.

**Tabla 7. Características físicas de *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor* y *Pistia stratiotes***

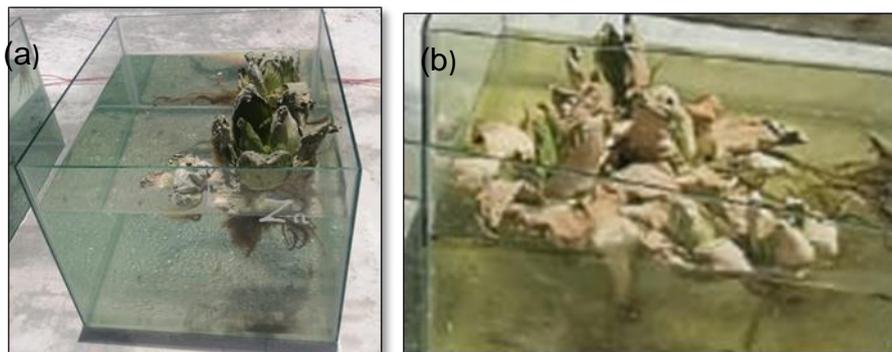
Macrófitas	Cubetas (unidad)	Cantidad	Color de hoja	Número de hojas (unidad)	Tamaño de raíz (cm)
<b>Jacinto de agua</b> ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	1	3 jacintos	Las hojas externas presentaron un color marrón conforme pasó el tiempo y luego se espació hacia los peciolo	El número de hojas fue de 1 a 2 hojas	El crecimiento de las raíces varió entre 2cm y 3 cm.
	2	3 jacintos			
	3	3 jacintos			
<b>Lechuga de agua</b> ( <i>Pistia stratiotes</i> )	1	3 lechugas	Las hojas externas fueron cambiando el color de un verde a un color marrón mientras que las hojas internas permanecían de color verde.	El número de hojas fue de 1 a 2 hojas	El crecimiento vario entre 1cm a 2 cm Desprendimiento de sus raíces
	2	3 lechugas			
	3	3 lechugas			
<b>Lenteja de agua</b> ( <i>Lemna minor</i> )	1	15 gramos de lentejas	Se dio un proceso de despigmentación es decir cambió de un color verde a un verdoso-amarillento Finalmente un color blanco.	El brote de hojas no se pudo contabilizar, pero se observó un ligero aumento de especies en la primera semana y luego se	En la primera semana la medida de crecimiento osciló entre 1mm a 2 mm En la segunda semana el tamaño de la raíz se
	2	15			

		gramos de lentejas		mantuvo constante.	mantuvo. El color de su raíz cambió de verde claro a un color blanquecino.
<b>Mixto</b>	1	3 jacintos	Las características fueron similares a lo trabajado en forma individual. Se pudo observar que algunas especies de lenteja de agua permanecían de color verde	Las características fueron similares a lo trabajado en forma individual	Las características fueron similares a lo trabajado en forma individual
		3 lechugas			
		6 gramos de lentejas			

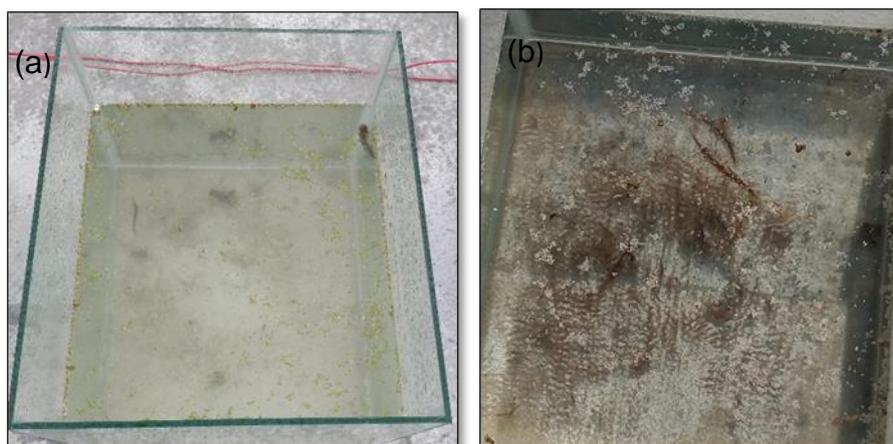
A partir de la figura 14, 15 y 16 quien también fue observado a los 15 días del tratamiento.



**Figura 14. Proceso de necrosis en *Eichhornia Crassipes*: a) 7 días y b) 15 días**



**Figura 15. Proceso de necrosis en *Pistia stratiotes*: a) 7 días y b) 15 días**



**Figura 16. Proceso de despigmentación de *Lemna minor*: a) 7 días y b) 15 días**

#### 4.2 Resultados de los parámetros fisicoquímicos y metales pesados presentes en el agua residual analizada.

A continuación, se muestra los resultados antes y después del tratamiento del agua residual Tablas 8, 9 y 10 con sus respectivas Figuras.

**Tabla 8. Resultado de los parámetros fisicoquímicos y metales pesados antes del tratamiento**

Concentraciones Parámetros	Cu	Pb	Zn	Cu, Pb y Zn	DS N° 004-2017- MINAM	
					Riego de vegetales	Bebida de animales
pH (1-14)	7.03	5.90	6.12	5.95	6.5- 8.5	6.5-8.4
Temperatura (°C)	14	14	14	14	Δ3	Δ3
OD (mg/L)	4.72	5.18	4.50	4.18	≥4	≥5
CE (μs/cm)	890	888	895	893	2500	5000
Cobre (mg/L)	0.2150	-	-	0.2669	0,2	0,5
Plomo (mg/L)	-	1.831	-	2.620	0,05	0,05
Zinc (mg/L)	-	-	6.3049	6.2766	2	2.4

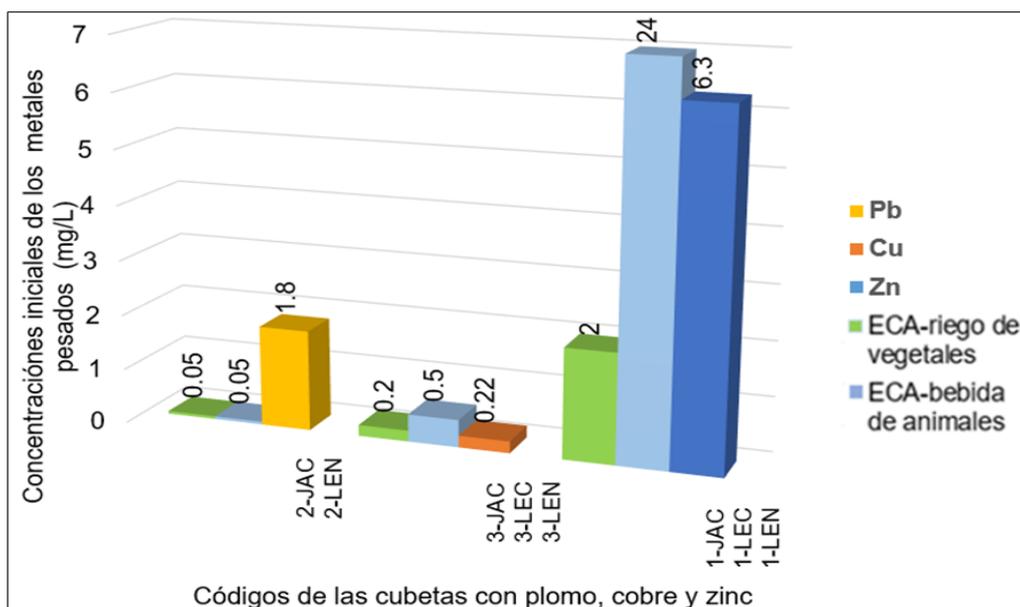
En la Tabla 8 se muestra los resultados de concentración inicial de los parámetros fisicoquímicos y metales pesados presentes en el agua simulada del río "Quichas". Los mismos que son comparados con los Estándares de Calidad Ambiental.

Resultados de los parámetros físicos antes del tratamiento correspondiente a la Tabla 8. La temperatura del agua del río Quichas fue de 14 °C, temperatura que se mantiene en todos los resultados de los análisis realizados en las cubetas simuladas con los metales.

En los valores iniciales de la Conductividad Eléctrica existen una variación entre las cubetas simuladas, con respecto al cobre fue de 890  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , para el plomo fue de 888  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , para el zinc fue 895  $\mu\text{s}/\text{cm}$  y para la combinación de ambos metales fue de entre 893 $\mu\text{s}/\text{cm}$ , valores que ha ingresado el agua residual para su tratamiento.

Los resultados de los parámetros químicos antes del tratamiento de la Tabla 8, muestra que el pH para las cubetas simuladas con cobre y zinc se encuentra dentro del ECA tanto para agua de bebida de animales y como agua de riego de vegetales, mientras que el agua simulada con plomo y la mezcla de metales no cumple la categoría 3 del ECA.

Con respecto al Oxígeno Disuelto el agua del río de Quichas ingresó a tratamiento con una concentración que varío entre ente 4.18 mg/L y 5.18 mg/L, el agua presenta concentración de oxígeno adecuado para las diferentes formas de vida presentes en ella.



### Figura 17. Concentración de plomo, cobre y zinc en el agua residual antes del tratamiento

En la Figura 17 de la Tabla 8 el resultado inicial de la concentración de cobre (Cu), perteneciente a la cubeta (3-JAC, 3-LEC y 3-LEN), es de 0.22 mg/L, valor que se encuentra por encima de los ECA categoría 3 que es 0.2 mg/L para riego de vegetales. Sin embargo, si cumple el ECA para bebida de animales que es que 0.5 mg/L.

La concentración inicial del plomo (Pb), perteneciente a la cubeta (2-JAC, 2-LEC) es de 1.83 mg/L, concentración que se encuentra muy por encima de los ECA categoría 3 que es 0.05 mg/L tanto para el riego de vegetales y como para bebida de animales.

La concentración de zinc (Zn) perteneciente a la cubeta (1-JAC, 1-LEC y 1-LEN) es de 6.30 mg/L, concentración que se encuentra por encima de los (ECA categoría 3), que es 2 mg/L para riego de vegetales, mientras la categoría para bebida de animales que es 24 mg/L, se encuentra dentro lo establecido por el MINAM.

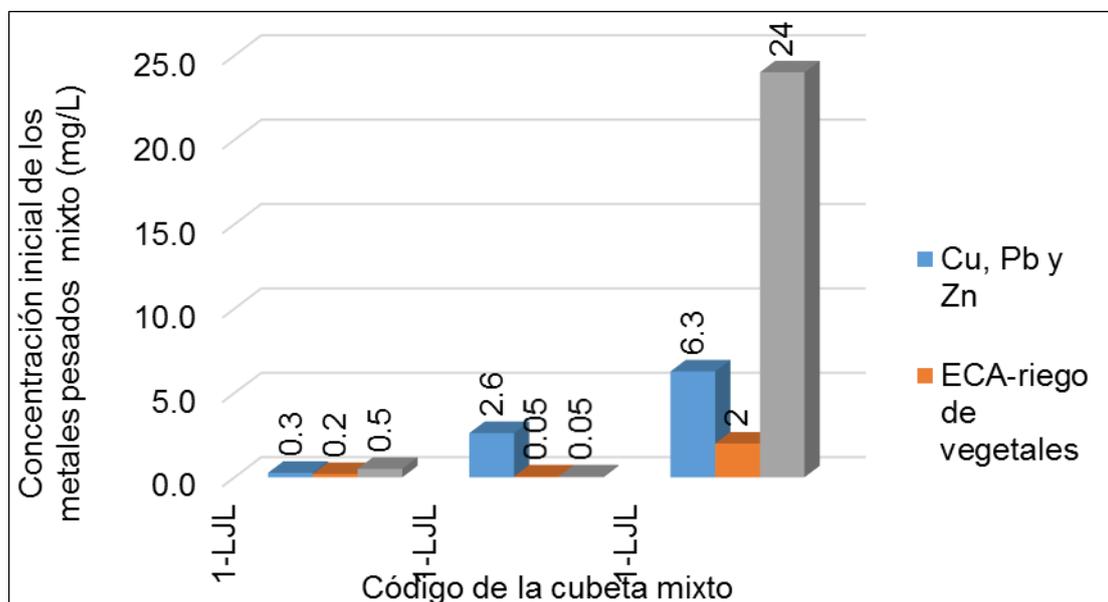


Figura 18. Concentración de la combinación de metales antes del tratamiento

De la Tabla 8 y la Figura 18 se presentó los resultados iniciales de la cubeta con código (1-LJL) donde se analizaron los metales pesados de cobre, plomo y zinc. Las concentraciones de cobre (Cu), fue de 0.27 mg/L, de plomo (Pb) fue de

2.62 mg/L y de zinc (Zn) fue de 6.28 mg/L. Los valores se encuentran por encima de los ECA categoría 3 que son para riego de vegetales.

#### 4.3. Resultados del análisis de las aguas residuales después del tratamiento con macrófitas en un periodo de 15 días.

En la Tabla 9 se evidencia los resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua simulada de Quichas, después del tratamiento con macrófitas

**Tabla 9. Resultados de los parámetros fisicoquímicos después del tratamiento**

Plantas		ECA- Riego vegetales	$\Delta 3$	6.5- 8.5	$\geq 4$	2500
		ECA- Bebida animales	$\Delta 3$	6.5-8.4	$\geq 5$	5000
		Metal	T° (°C)	pH (1-14)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{s/cm}$ )
Macrófitas flotantes	Jacinto ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	Zn (1-JAC)	15°	7.6	6.24	350
		Pb (2-JAC)	15°	8.5	7.32	38.3
		Cu (3-JAC)	15°	7.8	6.87	78.7
	Lechuga ( <i>Pistia Stratiotes</i> )	Zn (1-LEC)	15°	7.3	5.42	130.0
		Pb (2-LEC)	15°	7.2	8.69	96.3
		Cu (3-LEC)	15°	8.4	7.10	185.5
	Lenteja ( <i>Lemna minor</i> )	Zn (1-LEN)	15°	7.8	5.90	286
		Cu (2-LEN)	15°	8.2	5.85	260
	Jacinto, Lechuga y Lenteja	Zn Pb (1-LJL) Cu	15°	7.5	6.18	157.3

De la Tabla 9 se muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos final de cada tratamiento usado tres tipos de macrófitas.

#### Parámetros físicos después del tratamiento de las aguas residuales

Los parámetros físicos se aprecian en la Tabla 9. Los tratamientos con jacinto, lechuga, lenteja y la combinación de las tres plantas han mantenido la temperatura de 15 °C, valor que aumento 1 °C con respecto a la temperatura inicial que fue 14 °C.

Con respecto a la conductividad eléctrica, la concentración de sales presentes en la muestra de agua residual tratada con las macrófitas flotantes han reducido entre un 67.08 % y 95.69 % de conductividad eléctrica con respecto a los valores iniciales.

### Parámetros químicos después del tratamiento del agua residual

Los parámetros químicos se pueden visualizar en la Tabla 9. En cuanto al pH, los valores de las 9 cubetas realizados con diferentes tratamientos el pH se encuentra dentro de los ECA que es 6.5-8.5, concentraciones establecida por el MINAM como un agua de buena calidad y apta tanto para riego de vegetales y bebida de animales.

La presencia del Oxígeno Disuelto en las nueve cubetas aumento entre 1mg/L y 2 mg/L con respecto al valor del resultado inicial. Mejoró la calidad del agua para su uso adecuado.

### Análisis de la concentración de metales pesados en el agua residual después del tratamiento

A continuación, se presenta en la Tabla 10, 11 y 12 las concentraciones de metales pesados en el agua residual después del tratamiento con la *Eichhornia crassipes*, *Pistia Stratiotes* y *Lemna minor*.

**Tabla 10. Concentración de metales pesados en el agua residual después del tratamiento con macrófitas flotantes**

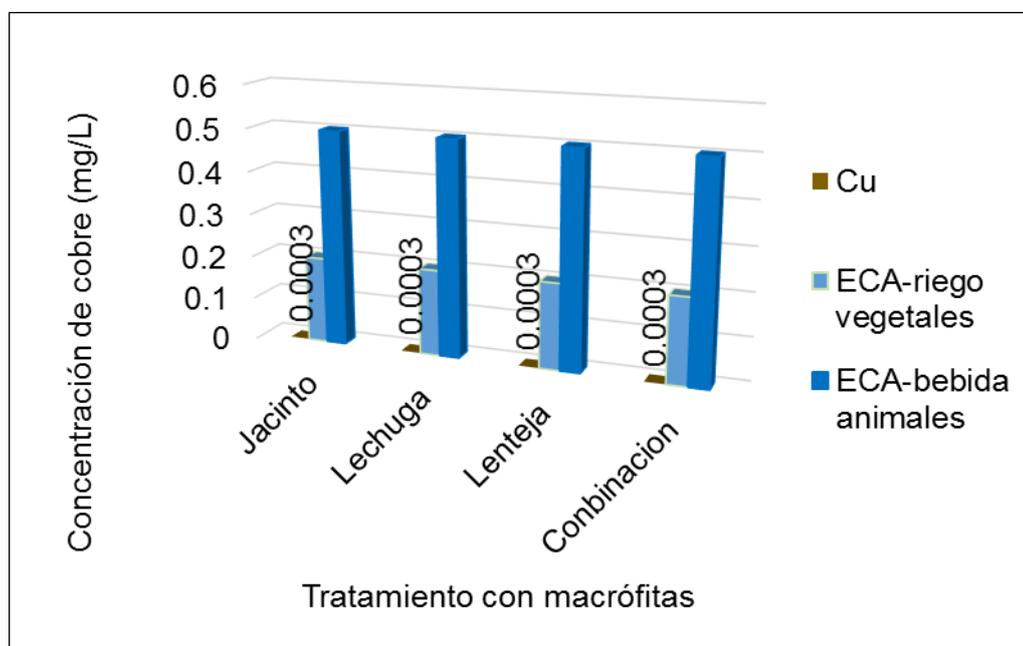
Metales	ECA- D.S N° 004-2017-MINAM		Jacinto ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	Lechuga ( <i>Pistia Stratiotes</i> )	Lenteja ( <i>Lemna minor</i> )	Combinación
	Riego	Bebida animales				
Cobre (mg/L)	0.2	0.5	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Plomo (mg/L)	0.05	0.05	<0.002	<0.002	-	0.002
Zinc (mg/L)	2	2.4	4.448	5.751	5.383	4.79

De la Tabla 10 los metales se encuentran dentro los Estándares de Calidad Ambiental establecido por el MINAM. Para una mejor visualización Tablas del 11 al 13 y Figuras del 23, 24 y 25.

**Tabla 11. Concentración de cobre después del tratamiento**

Metal	ECA- D.S N° 004-2017-MINAM		Jacinto ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	Lechuga ( <i>Pistia Stratiotes</i> )	Lenteja ( <i>Lemna minor</i> )	Combinación
	Riego de vegetales	Bebida animales				
Cobre (mg/L)	0.2	0.5	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003

En la Tabla 11 se mostró los resultados del cobre, con respecto al tratamiento jacinto de agua, lechuga de agua, lenteja de agua y la combinación de los tres tratamientos, se encontró en los cuatro tipos de tratamientos con macrófitas los resultados fueron similares que fue de <0.0003 mg/L de cobre.



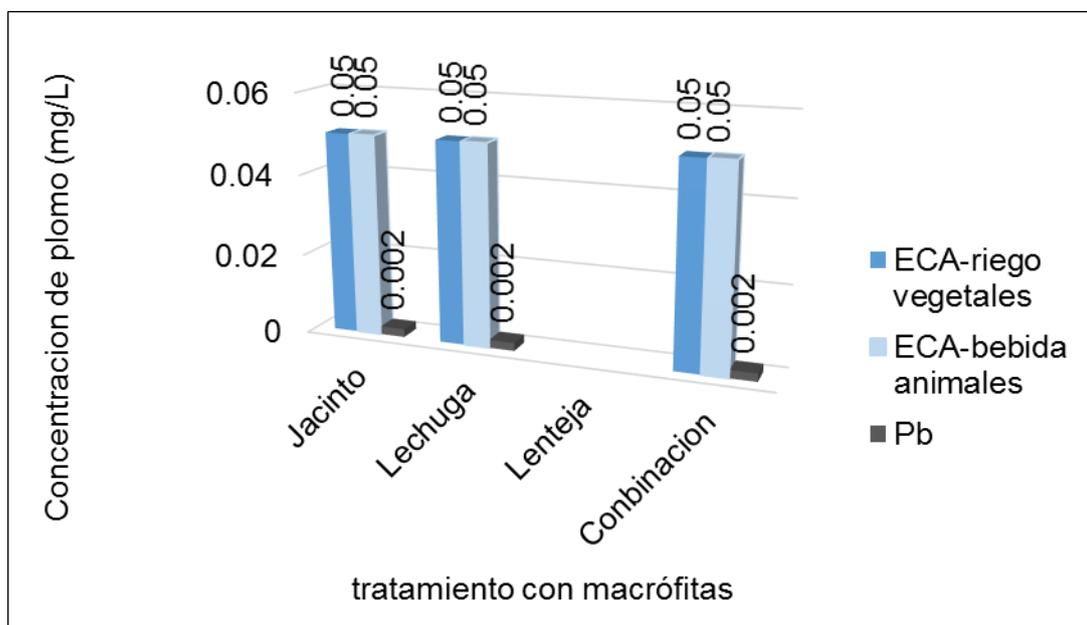
**Figura 19. Concentración del cobre después del tratamiento del agua residual**

En la Figura19 se visualiza que los tratamientos con jacinto, lechuga, lenteja, la combinación (jacinto de agua, lechuga de agua y lenteja de agua) la concentración de cobre fue de 0.0003mg/L, buen resultado que se encuentra muy por debajo de los ECA que es 0.2 mg/l para riego de vegetales y 0.5 mg/L para bebida de animales.

**Tabla 12. Concentración de plomo después del tratamiento**

Metal	CA- D.S N° 004- 2017- MINAM		Jacinto ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	Lechuga ( <i>Pistia stratiotes</i> )	Combinación
	Riego de vegetales	Bebida de animales			
Plomo(mg/L)	0.05	0.05	<0.002	<0.002	0.002

En la Tabla 12 los resultados del análisis de plomo con respecto al tratamiento jacinto de agua, lechuga de agua y la combinación se logró resultado similar que fue de <0.002 mg/L, valor que se encuentra dentro de los (ECA categoria3).



**Figura 20. Concentración del plomo después del tratamiento del agua residual**

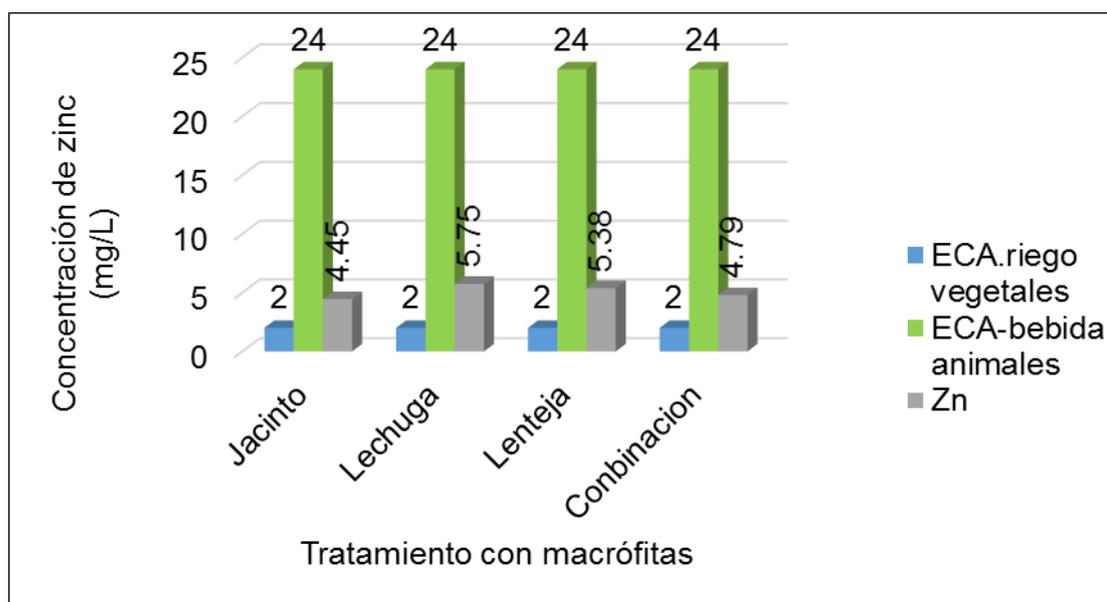
De la Figura 20 se observa que los tratamientos con jacinto de agua, lechuga de agua y la combinación, la concentración de plomo para estos tratamientos fue

de 0.002 mg/L, buen resultado ya que se encuentra muy por debajo de los ECAS que es 0.5 mg/L tanto para riego de vegetales y como para bebida de animales.

**Tabla 13. Resultado final de la concentración de zinc**

Metal	ECA- D.S N° 004-2017-MINAM		Jacinto ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	Lechuga ( <i>Pistia Stratiotes</i> )	Lenteja ( <i>Lemna minor</i> )	Combinación
	Riego	Bebida animales				
Zinc (mg/L)	2	24	4.448	5.751	5.383	4.790

En la Tabla 13 los resultados del zinc con respecto al tratamiento jacinto, de agua lechuga de agua, lenteja de agua y la combinación de los tres tratamientos. Los valores se encuentran por encima de los ECA establecidos por el MINAM.



**Figura 21. Concentración del zinc después tratamiento del agua residual**

En la Figura 21, la concentración del plomo con el tratamiento jacinto de agua fue de 4.45 mg/L, seguido el tratamiento combinado que fue de 4.79 mg/L, luego el tratamiento con lentejas fue de 5.38 mg/L y por último el tratamiento con lechuga que fue de 5.75 mg/L. Estos resultados comparados con los ECA que es 2 mg/L tanto para riego de vegetales y 24 mg/L para bebida de animales, se encuentra dentro de los valores máximos permisibles establecidos por el MINAM.

## Comparación de tratamientos en la remoción de los contaminantes

Fórmula para determinar el porcentaje de la remoción (Cu):

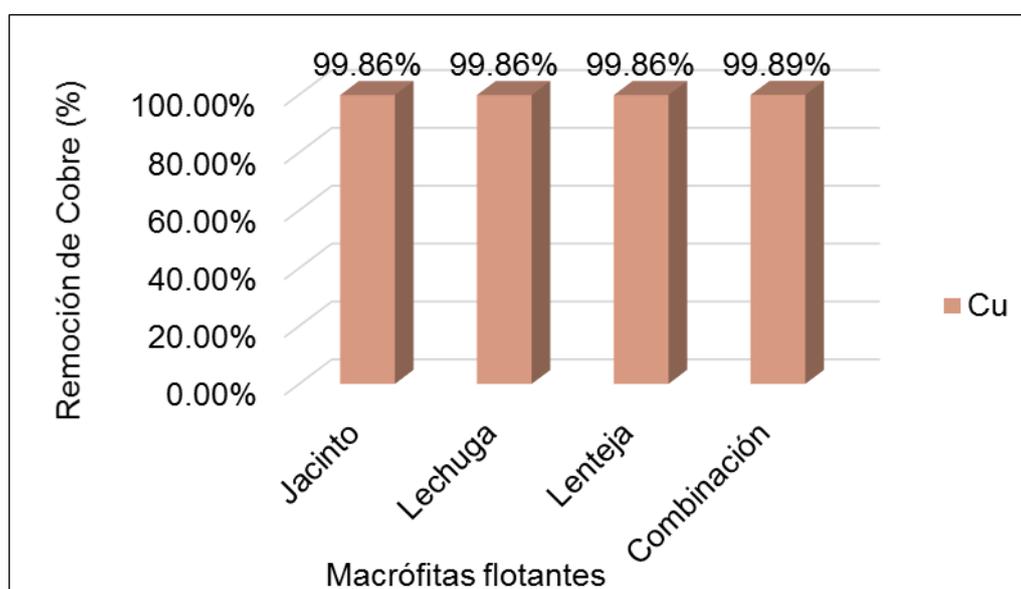
$$\% R = \frac{(\text{Concetracion de Cu inicial} - \text{Concetracion de Cu final})}{\text{Concetracion de Cu inicial}} \times 100$$

Luego de remplazar las concentraciones de cobre antes del tratamiento y después del tratamiento en la fórmula, se obtuvo los siguientes porcentajes de remoción, como se muestra en la Tabla 14.

**Tabla 14. Porcentaje de remoción de cobre**

Tratamientos	% de remoción de cobre
<b>Jacinto</b> ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	99.86%
<b>Jenteja</b> ( <i>Lemna minor</i> )	99.86%
<b>Lechuga</b> ( <i>Pistia Stratiotes</i> )	99.86%
<b>Combinación</b>	99.86%

De la Tabla 14 se observa los porcentajes de remoción de cobre (Cu) obtenidos con los tratamientos usando las plantas acuáticas jacinto de agua, lenteja de agua, lechuga de agua y la combinación de ambos tratamientos.



### Figura 22. Porcentaje de remoción del cobre

De la Figura 22, los tratamientos combinados (jacinto, lechuga, lenteja) presentan una alta eficiencia en la remoción del cobre de 99.89%, seguido con una pequeña diferencia en remoción de 0.03% los tratamientos por separado jacinto de agua, lechuga de agua y lenteja de agua.

Fórmula para determinar el porcentaje de la remoción (Pb):

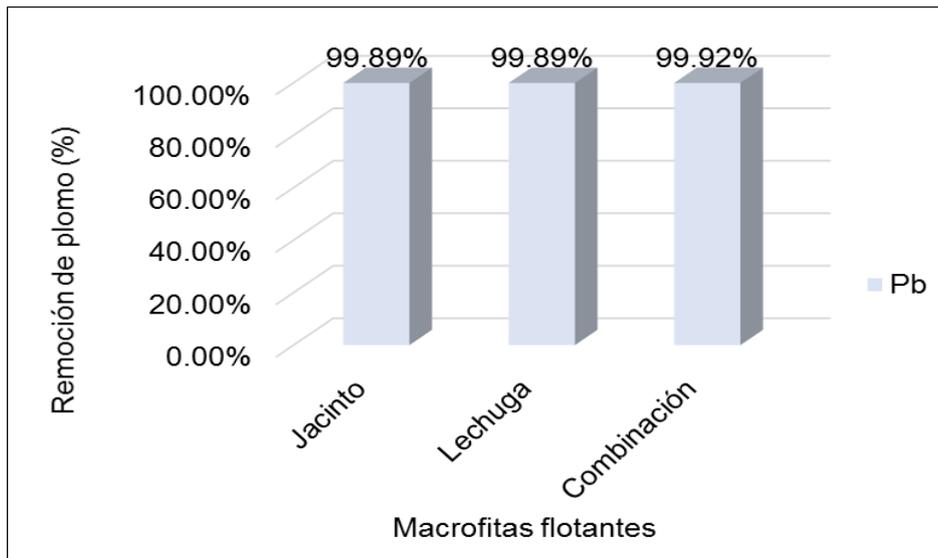
$$\% R = \frac{(\text{Concetracion de Pb inicial} - \text{Concetracion de Pb final})}{\text{Concetracion de Pb inicial}} \times 100$$

Se reemplazó las concentraciones de plomo antes del tratamiento y después del tratamiento en la fórmula, se tiene los siguientes porcentajes de remoción, como se muestra en la Tabla15.

**Tabla 15. Porcentaje de remoción de plomo**

<b>Tratamientos</b>	<b>% de remoción de plomo</b>
<b>Jacinto</b> ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	99.89%
<b>Lechuga</b> ( <i>Pistia stratiotes</i> )	99.89%
<b>Combinación</b>	99.89%

De la Tabla 15 se mostró los porcentajes de remoción de plomo (Pb) obtenidos con los tratamientos usando las plantas acuáticas jacinto de agua, lechuga de agua y combinación de tratamientos.



**Figura 23. Porcentaje de remoción de plomo**

De la Figura 23 se observa que los tratamientos con jacinto de agua y lechuga de agua fueron muy eficientes en la remoción de plomo, los mismos que lograron un porcentaje de remoción similar que fue de 99.89%, seguido el tratamiento combinación que removió 99.92% de plomo.

Fórmula para determinar el porcentaje de la remoción (Zn):

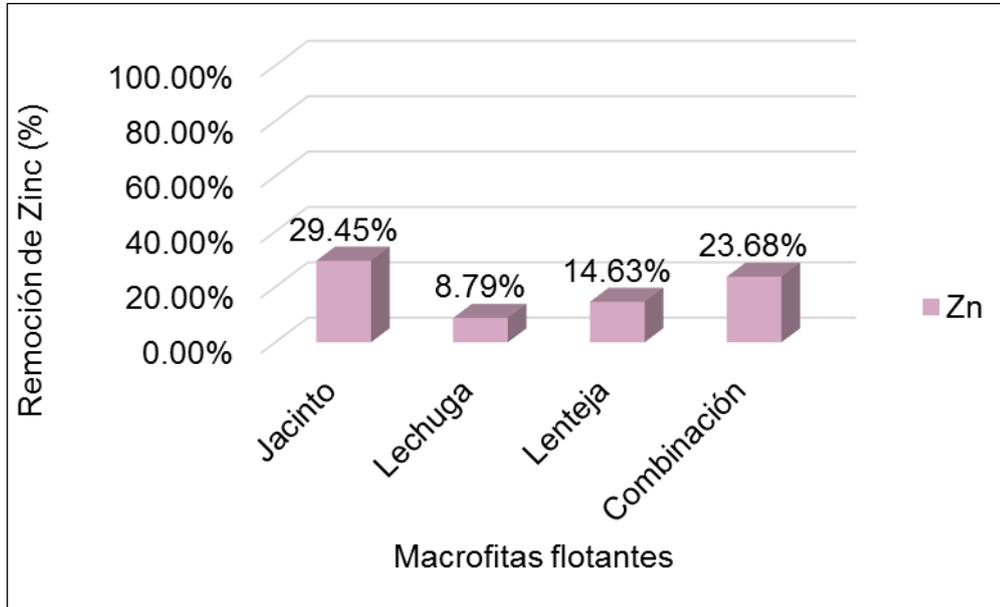
$$\% R = \frac{\text{Concentración de Zn inicial} - \text{Concentración de Zn final}}{\text{Concentración de Zn inicial}} \times 100$$

Después de reemplazar las concentraciones de zinc antes del tratamiento y después del tratamiento en la fórmula, los resultados de porcentajes de remoción se muestran en la Tabla 16.

**Tabla 16. Porcentaje de remoción de zinc**

Tratamientos	% de remoción de zinc
<b>Jacinto</b> ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	29.45%
<b>Lenteja</b> ( <i>Lemna minor</i> )	8.788%
<b>Lechuga</b> ( <i>Pistia stratiotes</i> )	14.63%
<b>Combinación</b>	23.68%

En la Tabla 16 se observa los porcentajes de remoción de zinc (Zn) obtenidos con los tratamientos usando las plantas acuáticas jacinto lenteja y lechuga.



**Figura 24. Porcentaje de remoción de zinc**

En la Figura 24, se muestra que el jacinto de agua es más eficiente en la remoción de zinc con un 29,45%, seguido la lenteja con un 14.63% y finalmente la lechuga de agua con un 8.79%.

## V. DISCUSIÓN

En la presente investigación, la *Eichhornia crassipes* alcanzó remociones de cobre y de zinc de 99.98 y 29.45% respectivamente. Estos resultados coincidió el estudio realizado por Li et al. (2016), quienes utilizaron polvo de raíz de la *Eichhornia crassipes* para la adsorción de metales pesados en soluciones acuosas obteniendo como resultado en la absorción el siguiente orden: Pb 87% > Zn 70.23% > Cu 35.62%. Por otro lado Mwaniki, Onyatta y Yusuf (2019) usaron el polvo de jacinto de agua para la adsorción de Pb y Zn en aguas residuales, obteniendo una eficiencia de 81.1% en plomo y zinc con 78.7%. Mientras que Sarkar, Rahman y Bhoumik, (2017) demostraron que el polvo de *Eichhornia crassipes* es un adsorbente disponible localmente y económicamente viable, que puede eliminar 98,83% Cr y 99,59% Cu en los efluentes de curtiduría.

Los resultados indicaron que las macrófitas flotantes disminuyeron los valores de conductividad eléctrica, de 907  $\mu\text{S}/\text{cm}$  hasta 895  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , comparando con la investigación de León y Peralta (2009) las macrófitas disminuyeron la conductividad eléctrica que iniciaron con 670  $\mu\text{S}/\text{cm}$  hasta 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  llegando a disminuir de 650  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Shammout y Zakaria, (2015) manifiesta que la reducción de CE se debe a la absorción de nutrientes de la lenteja de agua, lo que permite mejorar la calidad de agua. Sin embargo, Sandoval (2019) manifiesta que *Lemna minor* en la remoción de conductividad eléctrica en los primeros días decrece para luego incrementar progresivamente.

En cuanto a los cambios morfológicos de las macrófitas se pudo observar que la especie *Eichhornia crassipes* cambió de color verde oscuro a un marrón y en la planta *Lemna minor* sus hojas fueron amarillentando. Similarmente, Sandoval (2019) menciona que la *Eichhornia crassipes* presenta una eficiencia de 83,57% en la remoción de cadmio en aguas residuales y con *Lemna minor* obtuvo una remoción de 39,35%. Asimismo, dichas especies durante la investigación se observó cambios morfológicos, la *Eichhornia crassipes* cambió de color verde brillante a marrón mientras que, *Lemna minor* de color verde a amarillento. Mientras, Garay (2017) observó anomalías en las macrófitas. La lenteja de agua

presentó una clorosis, y en el jacinto de agua fue cambiando de color verde a un marrón claro desde sus hojas hacia los peciolos. La muestra inicial tenía una concentración >25 mg/L de boro y al finalizar el jacinto de agua tuvo una disminución al 6.88 mg/L, con la lenteja de agua obtuvieron una concentración de 26.93 mg/L y con el tratamiento mixto lograron disminuir hasta 27.41 mg/L.

La remoción de parámetros fisicoquímicos demuestran que *Eichhornia cassipes*, *Pistia stratiotes* y *Lemna minor* aumentan el pH del agua residual, además se acerca a la neutralidad con 7.5 de pH. El agua residual que ingresó al sistema de tratamiento con macrofitas flotantes era ácida, presentando un pH de 5.95. El tratamiento con *Eichhornia cassipes* subió los niveles de pH hasta 7.6. El resultado está corroborado por Qin et al. (2016) quienes menciona al *Eichhornia cassipes* como buen estabilizador de pH y que contribuye a producir valores más cercanos a la neutralidad del agua. Se demuestra que *Lemna minor* puede incrementar el pH de 5.90 hasta 8.4 este resultado, se debe al tiempo de exposición es decir *Lemna minor* neutraliza el pH en un tiempo máximo de 15 días. Por lo tanto, a más tiempo de exposición el pH será alcalino este resultado coincide con Sekarjannah et al. (2018) donde obtuvo como resultado pH de 11.6 en 33 días en el tratamiento de agua residual con *Lemna minor*.

Para el plomo y cobre se lograron eficiencia de remoción en promedio de 99.88% con *Eichhornia Crassipes*, este resultado es corroborado por Mishra, Tripathi y Kim (2009) donde la *Eichhornia crassipes* removió Pb, Cu, y Zn en 95.23%. Sin embargo, para zinc la remoción fue 29.45%. El resultado coincide con Sarkheil y Safari (2020) donde obtuvo en zinc 32% de remoción a una temperatura de 16°C, concluyendo que la temperatura es uno de los factores que altera la remoción de metales pesados. Mientras que, Megistou y Alvarez, (2020) la *Eichornia crasspis* presenta una eficiencia de 80% en remoción de zinc a una temperatura 24°C, y el proceso se realiza en sus tejidos de filtración de los sólidos a través del entramado, que forma su sistema radicular.

Las remociones de plomo, cobre y zinc por *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* y *Lemna minor* fueron de 99.92%, 99.89% y 23.18% respectivamente.

Los resultados muestran que los tratamientos son eficientes en la remoción de metales pesados. Sin embargo, la *Lemna minor* logró remover más que *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*. Garay (2017) manifiesta que *Lemna minor* posee un sistema de raíces, que tiene microorganismos asociados a ellas, lo que le permite remover los metales pesados y disminuir los niveles de los parámetros físicos. Por otro lado, Tejada Tovar et al.(2018) obtuvo como resultado la remoción de zinc en 25% con el tratamiento de las macrofitas flotantes.

## VI. CONCLUSIONES

El estudio demostró que las especies *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* y *Lemna minor* mejoran los parámetros fisicoquímicos y son buenos absorbentes de Pb, Cu y Zn en lugares a 3600 msnm. Entre los resultados más relevantes se tiene:

- El agua residual tratada con *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor*, *Pistia stratiotes* y la combinación de estas especies mejoraron las condiciones de los parámetros fisicoquímicos. La *Eichhornia crassipes* obtuvo una eficiencia promedio de remoción de 95.69%, *Pistia stratiotes* en 89.15%, la combinación ((*Eichhornia crassipes*, *Lemna minor* y *Pistia stratiotes*) en 82.39%, mientras que *Lemna minor* lo hizo en un 67.08%.
- La remoción de cobre fue de 99.86% en los 4 tratamientos (*Eichhornia crassipes*, *Lemna minor*, *Pistia stratiotes* y la combinación de estas especies) y la remoción de plomo en los 4 tratamientos fue de 99.89%. Mientras, la remoción de zinc fue de 29.45% con el tratamiento de *Eichhornia crassipes*, 14.63% con *Pistia stratiotes*, 8.79% con *Lemna minor* y 23.68% con macrófitas combinadas, de modo que el agua tratada se podría utilizar en el riego de la agricultura de la población Cashaucro.

## VII. RECOMENDACIONES

- Evaluar mediante espectroscopía de emisión atómica la concentración de metales pesados en las estructuras de las plantas después del tratamiento.
- Usar *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor*, *Pistia stratiotes* y las macrófitas combinadas para tratar otros tipos de aguas residuales.
- Analizar la composición taxonómica de *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor*, *Pistia stratiotes* después del tratamiento de las aguas residuales.
- Realizar ensayos en otras condiciones para el desarrollo de las macrófitas flotantes, evitando la exposición a las heladas que se presentan en el lugar.
- Evaluar el nivel de remoción de los parámetros fisicoquímicos y metales pesados del agua residual en periodos de tiempo más prolongados, con el fin de conocer su máxima eficiencia de los tres tipos de tratamientos.

## REFERENCIAS

- ÁLVARO, Maeco A. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile dulce (*Capsicum annum* cv. UCR 589) en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, vol. 29, no. 1, pp. 77-84, 2005. ISSN 0377-9424.
- AQUINO, Pavel, *Calidad del Agua en el Perú*. Lima: s.n. 2017. ISBN 9786124210501.
- BASILE, A., SORBO, S., CARDI, M., LENTINI, M., CASTIGLIA, D., CIANCIULLO, P., CONTE, B., LOPPI, S. y ESPOSITO, S. Effects of heavy metals on ultrastructure and Hsp70 induction in *Lemna minor* L. exposed to water along the Sarno River, Italy. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 114, pp. 93-101, 2015. ISSN 10902414. DOI 10.1016/j.ecoenv.2015.01.009.
- BERNAL, Andrea. Fitorremediación en la recuperación de suelos: una visión general. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, vol. 5, no. 2, pp. 245, 2014. ISSN 2145-6097. DOI 10.22490/21456453.1340.
- CADAVID, Edith, PÉREZ, Nabi y MARRUGO, José,. Metales pesados en macromicetos del manglar de la bahía Cispatá, Córdoba, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, vol. 22, no. 2, pp. 1-9, 2019. ISSN 01234226. DOI 10.31910/rudca.v22.n2.2019.1082.
- CAVIEDES, Diego, DELGADO, Daniel y OLAYA, Alfredo. Remoción de metales pesados comúnmente generados por la actividad industrial, empleando macrófitas neotropicales. *Producción + Limpia*, vol. 11, no. 2, pp. 126-149, 2016. ISSN 19090455. DOI 10.22507/pml.v11n2a11.
- CHANDANSHIVE, Vishal, KADAM, Suhas, RANE, Niraj, JEON, Byong Hun, JADHAV, Jyoti y GOVINDWAR, Sanjay. In situ textile wastewater treatment in high rate transpiration system furrows planted with aquatic macrophytes

and floating phytobeds. *Chemosphere* [en línea], vol. 252, pp. 9, 2020. ISSN 18791298. DOI 10.1016/j.chemosphere.2020.126513. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126513>.

- CHIRIVÍ, Juan, CARLOS, Salomón, FAJARDO, Andrés, LUZ, Gómez, GÓMEZ, Adriana, SANTIAGO, Rodríguez y DELGADO, Daniel, *REVISIÓN Y PANORAMA NACIONAL DE LA BIORREMEDIACIÓN MICROBIANA*. Bogotá: s.n. 2019. ISBN 9789586517287.
- COOPERACIÓN, DERECHOS HUMANOS SIN FRONTERAS, Instituto de Defensa Legal y Broederlijk Delen. Metales pesados tóxicos y salud pública: el caso de Espinar. 2016, pp. 38.
- CUELLAR, José, CHINGA, Nolverio, LLANOS, Nicolás, AIRAHUACHO, Félix y LEGUA, JÓse. Monitoreo químico –microbiológico del agua de la cuenca alta del río Huaura Chemical-microbiological. *Infinitu*, vol. 9, no. 1, pp. 21-28, 2019.
- CUIZANO, Norma A., LLANOS, Bertha P. y NAVARRO, Abel E.. Aplicaciones Ambientales De La Adsorción Mediante Biopolímeros Naturales : Parte 1- Compuestos Environmental Applications of Adsorption By Natural Biopolymers . Parte I – Phenolic Compounds. *Rev Soc Quim Peru*, vol. 75, no. 4, pp. 495-508, 2009.
- GARAY, Ingrid. “*Eficacia de las macrófitas jacinto y lenteja de agua para disminuir la concentración del boro, en las aguas minerotermales de la «laguna la milagrosa»- Chilca, 2017*”. S.l.: César Vallejo.
- GONZÁLEZ, Daniel y ZAPATA, Omar. Mecanismos de tolerancia a elementos potencialmente tóxicos en plantas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, vol. 82, pp. 53-61, 2008. ISSN 03662128. DOI 10.17129/botsci.1781.
- GOSWAMI, Sunayana y DAS, Suchismita, 2018. *Eichhornia crassipes*

mediated copper phytoremediation and its success using catfish bioassay. *Chemosphere*, vol. 210, pp. 440-448. ISSN 18791298. DOI 10.1016/j.chemosphere.2018.07.044.

- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA María, *METODOLOGÍA DE A INVESTIGACIÓN*. Sexta. S.l.: s.n. 2014. ISBN 9781456223960.
- ILUNDAIN, José, *Intoxicación Por Metales*. S.l.: s.n. 2018.
- JARAMILLO, Mariuxi y FLORES , Edison. *Fit orremedi ción medi a ante el us so de dos especies vegetales Lemna mi inor (Lente eja de agu ua), y Eic hornia crassipes (Jacinto de a gua) en a uas residu les produ to de la actividad minera. g a c AUTORES: S.l.: UNIV VERSIDAD P POLI TÉCNIC CA,SALESIA ANA S DE CUENC E A CARRERA. , 2012*
- JIMÉMEZ, Rosa. *Metodología De La Investigación Elementos Básicos Para La Investigación Clínica*. , pp. 1-95, 1998.
- LEÓN, Mónica y LUCERO, Ana. *ESTUDIO DE Eichhornia crassipes, Lemna gibba y Azolla filiculoides EN EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN SISTEMAS COMUNITARIOS Y UNIFAMILIARES DEL CANTÓN COTACACHI* [en línea]. S.l.: Universidad Técnica del Norte, 2009. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.refiri.2017.07.010><http://coop-ist.cirad.fr><http://www.theses.fr/2014AIXM5048><http://www.cairn.info/revue-management-et-avenir-2010-6-page-84.htm><http://www.cairn.info/bifurcations--9782707156006-page-349.htm><http://w>.
- LI, Qiang, CHEN, Bo, LIN, Peng, ZHOU, Jiali, ZHAN, Juhong, SHEN, Qiuying y PAN, Xuejun. Adsorption of heavy metal from aqueous solution by dehydrated root powder of long-root Eichhornia crassipes. *International*

*Journal of Phytoremediation*, vol. 18, no. 2, pp. 103-109, 2016. ISSN 15497879. DOI 10.1080/15226514.2014.898017.

- MARTÍNEZ, Adriana, PÉREZ, Ma Elena, PINTO, Joaquín, GURROLA NEVÁREZAMELIA, Blanca, OSORIO, ANA, Lillia y NUEVA, Col. Bioremediation of hydrocarbon polluted soil using sewages sludge as alternative source of nutrients. *Revista internacional de contaminación ambiental* [en línea], vol. 27, no. 3, pp. 241-252, 2011. ISSN 0188-4999. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992011000300009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992011000300009).
- MISHRA, Virendra, TRIPATHI, B.D. y KIM, Ki Hyun. Removal and accumulation of mercury by aquatic macrophytes from an open cast coal mine effluent. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 172, no. 2-3, pp. 749-754, 2009. ISSN 03043894. DOI 10.1016/j.jhazmat.2009.07.059.
- MOSBAH, Rachid y SAHMOUNE, Mohamed N.. Biosorption of heavy metals by *Streptomyces* species - An overview. *Central European Journal of Chemistry*, vol. 11, no. 9, pp. 1412-1422. ISSN 18951066. DOI 10.2478/s11532-013-0268-6.

- MWANIKI, J.M., ONYATTA, J.O. y YUSUF, A.O.. Adsorption of Heavy Metal Ions from Aqueous Solutions and Wastewater using Water Hyacinth Powder. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD)* [en línea], vol. 4, no. 1, pp. 51-55, 2019. Disponible en:  
<https://www.ijtsrd.com/papers/ijtsrd29419.pdf><https://www.ijtsrd.com/chemistry/environmental-chemistry/29419/adsorption-of-heavy-metal-ions-from-aqueous-solutions-and-wastewater-using-water-hyacinth-powder/j-m-mwaniki>.
- NÚÑEZ, Roberto, VONG , Yunny, ORTEGA, Raúl y OLGUÍN, Eugenia J.. Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones La. *Ciencia*, vol. 10, no. 1, pp. 69-83, 2004. ISSN 14242818. DOI 10.3390/D10010016.
- OEFA. Fiscalización ambiental en aguas residuales. *Organismo de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental* [en línea], pp. 36, 2014. Disponible en:  
[https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827).
- OMONDI, Oscar, TIAN, Cuicui, TIAN, Yingying y XIAO, Bangding. Efficacy of macrophyte dominated wastewater inclosure as post-treatment alternative in domestic wastewater quality polishing for eradication of faecal pathogenic bacteria pollution. *Process Safety and Environmental Protection* [en línea], vol. 114, pp. 39, 2018. ISSN 09575820. DOI 10.1016/j.psep.2017.12.023. Disponible en:  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.psep.2017.12.023>.
- PALELLA, Santa y MARTINS, Feliberto, *Metodología de la investigación cuantitativa*. 3ra. Caracas: s.n. 2012. ISBN 9802734454.
- QIN, Hongjie, ZHANG, Zhiyong, LIU, Minhui, LIU, Haiqin, WANG, Yan, WEN, Xuezheng, ZHANG, Yingying y YAN, Shaohua. Site test of phytoremediation of an open pond contaminated with domestic sewage using water hyacinth and water lettuce. *Ecological Engineering* [en línea],

vol. 95, pp. 753-762, 2016. ISSN 09258574. DOI 10.1016/j.ecoleng.2016.07.022. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.07.022>.

- RAMACHANDRA, T. V., SUDARSHAN, P.B., MAHESH, M.K. y VINAY, S.. Spatial patterns of heavy metal accumulation in sediments and macrophytes of Bellandur wetland, Bangalore. *Journal of Environmental Management* RAMACHANDRA, T. V., SUDARSHAN, P.B., MAHESH, M.K. y VINAY, S., 2018. *Spatial patterns of heavy metal accumulation in sediments and macrophytes of Bellandur wetland, Bangalore. Journal of Environmental Management*, vol. 20, vol. 206, pp. 1204-1210, 2018. ISSN 10958630. DOI 10.1016/j.jenvman.2017.10.014.
- RASHID, Farah H., TAHA, Ali A. y HAMEED, Nahida J.. Study of toxic heavy metal removal by different chitosan / hyacinths plant composite Abstract: *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, vol. 50, no. 5, pp. 1416-1424, 2019.
- REHAN, Balqis M.. Accounting public and individual flood protection measures in damage assessment: A novel approach for quantitative assessment of vulnerability and flood risk associated with local engineering adaptation options. *Journal of Hydrology*, vol. 563, pp. 863-873, 2018. ISSN 00221694. DOI 10.1016/j.jhydrol.2018.06.061.
- RODRÍGUEZ José Luis y SÁNCHEZ, Jesús. Biorremediación: Fundamentos y aspectos microbiológicos. , vol. 351, pp. 12-16, 2003.
- SANDOVAL, Joselyn. *EFICIENCIA DEL JACINTO DE AGUA EICHHORNIA CRASSIPES Y LENTEJA DE AGUA LEMNA MINOR L. EN LA REMOCIÓN DE CADMIO EN AGUAS RESIDUALES*. S.l.: s.n. , 2019.
- SAQUIMUX, Federico, *Selección masal en el cultivo de maíz para pequeños agricultores* [en línea]. Primera. Quetzaltenango: s.n. 2011.

Disponible en: [http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Maiz/seleccion del maiz.pdf](http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Maiz/seleccion_del_maiz.pdf).

- SARKAR, M., RAHMAN, A.K.M.L. y BHOUMIK, N.C.. Remediation of chromium and copper on water hyacinth (*E. crassipes*) shoot powder. *Water Resources and Industry* [en línea], vol. 17, no. December 2016, pp, 2017. 1-6. ISSN 22123717. DOI 10.1016/j.wri.2016.12.003. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wri.2016.12.003>.
- SARKHEIL, Mehrdad y SAFARI, Omid. Phytoremediation of nutrients from water by aquatic floating duckweed (*Lemna minor*) in rearing of African cichlid (*Labidochromis lividus*) fingerlings. *Environmental Technology and Innovation*, vol. 18, pp. 100747, 2020. ISSN 23521864. DOI 10.1016/j.eti.2020.100747.
- SHAMMOUT, Maisa'a W. y ZAKARIA, Hana. Water lentils (duckweed) in Jordan irrigation ponds as a natural water bioremediation agent and protein source for broilers. *Ecological Engineering* [en línea], vol. 83, pp. 71-77, 2015. ISSN 09258574. DOI 10.1016/j.ecoleng.2015.05.041. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.05.041>.
- TEJADA, Candelaria, PAZ, Isabel, VILLABONAORTÍZI, Angel, ESPINOSA, María y LÓPEZ, Cristina. Aprovechamiento del Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) para la síntesis de carboximetilcelulosa Utilization of water hyacinth ' s (*Eichhornia crassipes*) for the synthesis of carboxymethylcellulose Resumen Introducción. , vol. 30, no. 2, pp. 211-221, 2018.
- THARP, Rebecca, WESTHELLE, Kelly y HURLEY, Stephanie. Macrophyte performance in floating treatment wetlands on a suburban stormwater pond: Implications for cold climate conditions. *Ecological Engineering*, vol. 136, no. June, pp. 152-159, 2019. ISSN 09258574. DOI 10.1016/j.ecoleng.2019.06.011.

- VALCÁRCEL, Luz, *Biología Integrada*. Segunda. Lima: Facultad de Educación-UNMSM. 2000.
- VIEIRA, Ludmila, DE ARAUJO, Leandro, DE PADUA, Rafael, DA SILVA, Edson, CANEVESI, Rafael y MARUMO, Júlio T. Uranium biosorption by *Lemna* sp. and *Pistia stratiotes*. *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 203, no. February, pp. 179-186, 2019. ISSN 18791700. DOI 10.1016/j.jenvrad.2019.03.019.
- WANG, Jinqing, FU, Guihua, LI, Weiyue, SHI, Ying, PANG, Jicai, WANG, Qiang, LÜ, Weiguang, LIU, Change y LIU, Jiansheng. The effects of two free-floating plants (*Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes*) on the burrow morphology and water quality characteristics of pond loach (*Misgurnus anguillicaudatus*) habitat. *Aquaculture and Fisheries*, vol. 3, no. 1, pp. 22-29, 2018. ISSN 2468550X. DOI 10.1016/j.aaf.2017.12.001.
- WOSNIE, Assefa, MENGISTOU, Seyoum y ALVAREZ, Miguel. Aquatic macrophytes in Ethiopian Rift Valley Lake Koka: Biological management option to reduce sediment loading. *Aquatic Botany*, vol. 165, no. June 2019, pp. 103242, 2020. ISSN 03043770. DOI 10.1016/j.aquabot.2020.103242.

## **ANEXOS**

## Anexo 1: Matriz de Operacionalización de Variables

Eichhornia crassipes, Lemna minor y Pistia stratiotes como sorbentes de plomo, cobre y zinc en el tratamiento de aguas residuales, 2020								
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES		INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN/UNIDADES		
VARIABLE INDEPENDIENTE	Macrófitas flotantes ( <i>Eichhornia crassipes</i> , <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Lemna minor</i> L)	La <i>Eichhornia crassipes</i> , <i>Salvinia rotundifolia</i> y <i>Pistia stratiotes</i> son macrófitas flotantes que tienen la capacidad de absorber metales pesados como Cd, Ni, Cu, Zn, Cr, Al y Pb. (Cirujano, Meco, y García, 2014)	La <i>Eichhornia crassipes</i> , <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Lemna minor</i> se evaluó teniendo en cuenta las características físicas de las macrófitas flotantes. Luego fueron aplicadas según la solución sintética de contaminantes.	Caracterización física de las macrófitas		Tamaño de la raíz	cm	
						Color de hojas		
						Número de hojas		Unidad
				ZnSO <sub>4</sub>	Cubeta 1	3 ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	unidad	
					Cubeta 2	3 <i>Pistia stratiotes</i>	unidad	
					Cubeta 3	20 <i>Lemna minor</i>	g	
				CuSO <sub>4</sub>	Cubeta 4	3 ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	unidad	
					Cubeta 5	3 <i>Pistia stratiotes</i>	unidad	
					Cubeta 6	20 <i>Lemna minor</i>	g	
				PbNO <sub>3</sub>	Cubeta 7	3 ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	unidad	
cubeta 8	3 <i>Pistia stratiotes</i>	unidad						
combinación	Cubeta 9	Las 3 plantas	unidad/g					
VARIABLE DEPENDIENTE	Absorción de Pb, Cu y Zn en las aguas residuales	Es la reducción de metales pesados, mediante tratamiento físico químico y biológico del agua residual. (Martelo, y Lara, 2012)	Para determinar los parámetros fisicoquímicos, el tiempo de aplicación y la absorción de metales pesados se midió su concentración antes y después del uso de las macrófitas flotantes ( <i>Eichhornia crassipes</i> , <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Lemna minor</i> L).	Parámetros fisicoquímicos		pH	1-14	
						Temperatura		° C
						CE		µs/cm
				Tiempo de aplicación		15		días
				Porcentaje de absorción		Concentración inicial del metal		mg/L
		Concentración final del metal						

## Anexo 2: Instrumentos de recolección de datos

Ficha 1. Ubicación del área de estudio					
Título		<i>Eichhornia crassipes</i> , <i>Lemna minor</i> y <i>Pistia stratiotes</i> como sorbentes de plomo, cobre y zinc en el tratamiento de aguas residuales, 2020			
Línea de investigación		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales			
Responsable		Ayme Estacio, Marina Viviana Ramos Pongo, Margoth Carrusell			
Asesor		Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto			
Fecha		Distrito		Departamento	
Hora		Provincia		zona	
Coordenada (WGS 84)	Norte			Altitud	
	Este				
Observaciones					

  
 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

  
 Dr. Elmer G. Benites Alfaro  
 CIP. 71998

  
 Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP. Nº 25450

Ficha 2. Toma de muestra del agua residual					
Título	<i>Eichhornia crassipes, Lemna minor y Pistia stratiotes</i> como sorbentes de plomo, cobre y zinc en el tratamiento de aguas residuales, 2020				
Línea de investigación	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales				
Responsable	Ayme Estacio, Marina Viviana Ramos Pongo, Margoth Carusell				
Asesor	Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto				
Procedencia de la muestra					
Código del punto de muestreo					
Unidad de muestreo					
Fecha				Hora del muestreo	
Ubicación del punto de muestreo	Código				
	Coordenadas (WGS 84)		Norte		
	Altitud		Este		
<b>Análisis de los parámetros (<i>in-situ</i>)</b>					
Equipo			Marca		
Parámetros	Unidad de medida	Resultado promedio			
Temperatura	°C				
pH	1-14				

  
 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

  
 Dr. Elmer G. Benites Alfaro  
 CIP. 71998

  
 Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP. Nº 25450

**Ficha 3. Caracterización física de *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor* y *Pistia stratiotes***

<b>Título</b>	<i>Eichhornia crassipes</i> , <i>Lemna minor</i> y <i>Pistia stratiotes</i> como sorbentes de plomo, cobre y zinc en el tratamiento de aguas residuales, 2020			<b>Fecha</b>	
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales				
<b>Responsable</b>	Ayme Estacio, Marina Viviana Ramos Pongo, Margoth Carrusell			<b>Lugar</b>	
<b>Asesor</b>	Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto				
<b>Macrófitas</b>	<b>Cubetas (unidad)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Color de hoja</b>	<b>Número de hojas (unidad)</b>	<b>Tamaño de raíz (cm)</b>
<b>Jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>)</b>	1-JAC	3 plantas			
	2-JAC	3 plantas			
	3-JAC	3 plantas			
<b>Lechuga de agua (<i>Pistia stratiotes</i>)</b>	1-LEC	3 plantas			
	2-LEC	3 plantas			
	3-LEC	3 plantas			
<b>Lenteja de agua (<i>Lemna minor</i>)</b>	1-LEN	15 gramos			
	2-LEN	15 gramos			
<b>Mixto</b>	1-LJL	3 plantas			
		3 plantas			
		6 gramos			

1-JAC, 2-JAC Y 3- JAC: N° cubetas para jacinto de agua

1-LEC, 2-LEC y 3-LEN: N° cubetas para lechuga de agua

1-LEN, 2-LEN y 3- LEN: N° cubetas para lenteja de agua

1-LJL: N° cubeta para jacinto de agua, lechuga de gua y lenteja de aua

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

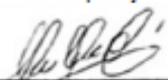
  
**Dr. Elmer G. Benites Alfaro**  
 CIP. 71998

  
**Dr. Eusebio Horacio Acosta Suesnabar**  
 CIP. N° 25450

Ficha 4. Recolección de datos antes y después del tratamiento del agua residual con macrófitas

<b>Título</b>		<i>Eichhornia crassipes, Lemna minor y Pistia stratiotes</i> como sorbentes de plomo, cobre y zinc en el tratamiento de aguas residuales, 2020										<b>Fecha</b>		
<b>Línea de investigación</b>		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales												
<b>Responsable</b>		Ayme Estacio, Marina Viviana Ramos Pongo, Margoth Carrusell										<b>Lugar</b>		
<b>Asesor</b>		Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto												
<b>Nº de cubetas</b>	<b>Parámetros fisicoquímicos</b>								<b>Concentración de metales pesados</b>					
	<b>D.S. Nº004-2017 MINAN Riego</b>	<b>pH</b>		<b>°T (°C)</b>		<b>CE (µS/cm)</b>		<b>Zn (mg/L)</b>		<b>Cu (mg/L)</b>		<b>Pb (mg/L)</b>		
		6.5 - 8.5				2500		2		0.2		0.05		
		6.5 - 8.4				5000		24		0,5		0,05		
	<b>Bebida de animales</b>	6.5 - 8.4		5000		24		0,5		0,05				
<b>Tiempo de aplicación (días)</b>	<b>Inicial</b>	<b>Final</b>	<b>Inicial</b>	<b>Final</b>	<b>Inicial</b>	<b>Final</b>	<b>Inicial</b>	<b>Final</b>	<b>Inicial</b>	<b>Final</b>	<b>Inicial</b>	<b>Final</b>		
1-JAC	15													
2-JAC	15													
3-JAC	15													
1-LEC	15													
2-LEC	15													
3-LEC	15													
1-LEN	15													
2-LEN	15													
1-LJL	15													

1-JAC, 2-JAC Y 3- JAC: Nº cubetas para jacinto de agua  
 1-LEC, 2-LEC y 3-LEN: Nº cubetas para lechuga de agua  
 1-LEN, 2-LEN y 3- LEN: Nº cubetas para lenteja de agua  
 1-LJL: Nº cubeta para jacinto de agua, lechuga de gua y

  
 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

  
 Dr. Elmer G. Benites Alfaro  
 CIP. 71998

  
 Dr. Eusebio Horacio Acosta Suesnabar  
 CIP. Nº 25450

## Anexo 3: Validación de recolección de datos

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: Docente e Investigador/UCV Lima Norte
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Ubicación del área de estudio
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: Ayme Estacio, Marina Viviana / Ramos Pongo, Margoth Carrusell

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la Investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El Instrumento muestra la relación entre los componentes de la Investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 26 de noviembre del 2020

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0076275

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de Investigación: **Calidad y Gestión de Recursos Naturales**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Toma de muestra del agua residual**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Ayme Estacio, Marina Viviana / Ramos Pongo, Margoth Carrusell**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

**90%**

Lima, 28 de noviembre del 2020

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: Docente e Investigador/UCV Lima Norte
- 1.3. Especialidad o línea de Investigación: Calidad y Gestión de Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Caracterización física de la *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor* y *Pistia stratiotes*
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: Ayme Estacio, Marina Viviana / Ramos Pongo, Margoth Carruseñ

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El Instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

**90%**

Lima, 28 de noviembre del 2020

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de Investigación: **Calidad y Gestión de Recursos Naturales**
- 1.4. Nombre del Instrumento motivo de evaluación: **Recolección de datos antes y después del tratamiento del agua residual con macrofitas**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Ayme Estalio, Marina Viviana / Ramos Pongo, Margoth Carrusell**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

**90%**

Lima, 28 de noviembre del 2020

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. BENITES ALFARO, ELMER GONZALES**
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de Investigación: **Calidad y Gestión de Recursos Naturales**
- 1.4. Nombre del Instrumento motivo de evaluación: **Ubicación del área de estudio**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Ayme Estacio, Marina Viviana / Ramos Pongo, Margoth Carrusell**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la Investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El Instrumento muestra la relación entre los componentes de la Investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

**90%**

Lima, 03 de diciembre del 2020

  
**Dr. Elmer G. Benites Alfaro**  
 CIP. 71998

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. BENITES ALFARO, ELMER GONZALES**

1.2. Cargo e Institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**

1.3. Especialidad o línea de Investigación: **Calidad y Gestión de Recursos Naturales**

1.4. Nombre del Instrumento motivo de evaluación: **Toma de muestra del agua residual**

1.5. Autor(a) de Instrumento: **Ayme Estacio, Marina Viviana / Ramos Pongo, Margoth Carruseil**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la Investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El Instrumento muestra la relación entre los componentes de la Investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

**90%**

Lima, 03 de diciembre del 2020

  
**Dr. Elmer G. Benites Alfaro**  
**CIP. 71998**

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. BENITES ALFARO, ELMER GONZALES**
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de Investigación: **Calidad y Gestión de Recursos Naturales**
- 1.4. Nombre del Instrumento motivo de evaluación: **Caracterización física de la *Elchhornia crassipes*, *Lemma minor* y *Pistia stratiotes***
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Ayme Estacio, Marina Viviana / Ramos Pongo, Margoth Carrusell**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la Investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la Investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

**90%**

Lima, 03 de diciembre del 2020

  
**Dr. Elmer G. Benites Alfaro**  
**CIP. 71998**

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. BENITES ALFARO, ELMER GONZALES**
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de Investigación: **Calidad y Gestión de Recursos Naturales**
- 1.4. Nombre del Instrumento motivo de evaluación: **Recolección de datos antes y después del tratamiento del agua residual con macrofitas**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Ayme Estacio, Marina Viviana / Ramos Pongo, Margoth Carrusell**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la Investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la Investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

**90%**

Lima, 03 de diciembre del 2020

  
**Dr. Elmer G. Benites Alfaro**  
**CIP. 71998**

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de Investigación: **Ingeniería química y ambiental**
- 1.4. Nombre del Instrumento motivo de evaluación: **Ubicación del área de estudio**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Ayme Estacio, Marina Viviana / Ramos Pongo, Margoth Carrusell**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e Indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El Instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

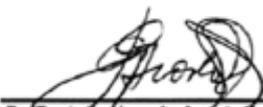
- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

**90%**

Lima, 28 de noviembre del 2020

  
**Dr. Eustasio Horacio Acosta Suasnabar**  
**CIP N° 25450**

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería química y ambiental**
- 1.4. Nombre del Instrumento motivo de evaluación: **Toma de muestra del agua residual**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Ayme Estacio, Marina Viviana / Ramos Pongo, Margoth Carrusell**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El Instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

**90%**

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

Lima, 28 de noviembre del 2020

  
**Dr. Eustasio Horacio Acosta Suasnabar**  
**CIP N° 25450**

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO
- 1.2. Cargo e Institución donde labora: Docente e Investigador/UCV Lima Norte
- 1.3. Especialidad o línea de Investigación: Ingeniería química y ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Caracterización física de la *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor* y *Pistia stratiotes*
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: Ayme Estacio, Marina Viviana / Ramos Pongo, Margoth Carrusell

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la Investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la Investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

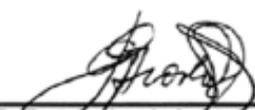
- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

**90%**

Lima, 28 de noviembre del 2020

  
 Dr. Eustasio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP. N° 25450

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de Investigación: **Ingeniería química y ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Recolección de datos antes y después del tratamiento del agua residual con macrofitas**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Ayme Estacio, Marina Viviana / Ramos Pongo, Margoth Carrusell**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

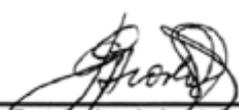
- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

**90%**

Lima, 28 de noviembre del 2020

  
**Dr. Eustasio Horacio Acosta Suasnar**  
**CIP N° 25450**

## Anexo 4: Resultado de la muestra inicial



### INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-6039

#### I- DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: MARINA VIVIANA AYME ESTACIO
2.-DIRECCIÓN	: CALLE 1E .MZ C LT 7 SAN EULOGIO 2DA ETAPA COMAS
3.-PROYECTO	: EICHHORNIA CRASSIPES, LEMNA MINOR Y PISTIA STRATIOTES COMO SORBETES DE METALES PESADOS Y MATERIA ORGANICA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, 2020
4.-PROCEDENCIA	: RIO QUICHAS - OYON
5.-SOLICITANTE	: MARINA VIVIANA AYME ESTACIO
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-20-2076
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2020-10-29

#### II-DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: AGUA
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 4
3.-FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	: 2020-10-22
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2020-10-22 al 2020-10-29

Marco Valencia Huerta  
Ingeniero Químico  
N° CIP 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.  
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.  
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Prolongación Zaramilla Mz 2D lote 3 Bellavista - Callao

Tel. +51 453 1389 / 717 0636

www.alab.com.pe

Página 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-6039

III.-METODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales <sup>2</sup>	EPA Method 200.7 Rev.4.4 1994	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

<sup>1</sup>EPA<sup>1</sup> : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

FIN DEL DOCUMENTO

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-6039**
**IV. RESULTADOS**

ITEM			1	2	3	4	
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-20-19673	M-20-19674	M-20-19675	M-20-19676	
CÓDIGO DEL CLIENTE:			1ZN	1CU	1PB	1PCZ	
PRODUCTO:			AGUA NATURAL				
SUB PRODUCTO:			SUPERFICIAL (RÍO)				
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			NO APLICA				
MUESTREO			FECHA:	2020-10-22	2020-10-22	2020-10-22	2020-10-22
			HORA:	06:00	06:00	06:00	06:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	RESULTADOS				
<b>Metales Totales<sup>2</sup></b>							
Cobre	mg/L	0.0003	-	0.2150	-	0.2669	
Plomo	mg/L	0.002	-	-	1.831	2.620	
Zinc	mg/L	0.0001	6.3049	-	-	6.2766	

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

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

**V. OBSERVACIONES**

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió

"FIN DE DOCUMENTO"

## Anexo 4: Resultado de la muestra final



### INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-6769

#### I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: Marina Viviana Ayme Estacio
2.-DIRECCIÓN	: Calle 1E .Mz C Lt 7 San Eulogio 2da Etapa Comas
3.-PROYECTO	: EICHHORNIA CRASSIPES, LEMNA MINOR, PISTIA STRATIUS COMO ABSORBENTES DE METALES PESADOS EN LAS AGUAS DE RIO OYÓN 2020
4.-PROCEDENCIA	: DISTRITO CASHAUCRO - PROVINCIA OYÓN
5.-SOLICITANTE	: MARINA VIVIANA AYME ESTACIO
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-20-2195
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2020-11-18

#### II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 9
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2020-11-09
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2020-11-09 al 2020-11-18

  
Marco Valencia Huerta  
Ingeniero Químico  
N° CIP 152207



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.  
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.  
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

## INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-6769

## III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales <sup>2</sup>	EPA Method 200.7 Rev.4.4 1994	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

<sup>1</sup>EPA<sup>1</sup> : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-6769

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4	5	6
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-20-22293	M-20-22294	M-20-22295	M-20-22296	M-20-22297	M-20-22298
CÓDIGO DEL CLIENTE:	CASHAUCRO -OYON / JACINTO (ZN)	CASHAUCRO -OYON / LECHUGA (ZN)	CASHAUCRO -OYON / LENTEJA (ZN)	CASHAUCRO -OYON / JACINTO DE H2O (CU)	CASHAUCRO -OYON / LECHUGA (CU)	CASHAUCRO -OYON / LENTEJA (CU)
COORDENADAS:	E:0306022	E:0306022	E:0306022	E:0306022	E:0306022	E:0306022
UTM WGS 84:	N:8824560	N:8824560	N:8824560	N:8824560	N:8824560	N:8824560
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA					
FECHA y HORA DE MUESTREO:	05-11-2020 15:00	05-11-2020 15:00	05-11-2020 15:00	05-11-2020 15:00	05-11-2020 15:00	05-11-2020 15:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Metales Totales <sup>2</sup>						
Cobre	mg/L	0,0003	0,0010	-	-	-
Plomo	mg/L	0,002	0,006	-	-	-
Zinc	mg/L	0,0001	0,0004	4,4480	5,7508	5,3827

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

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

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

"-" No ensayado.

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-6769**

ITEM	7	8	9			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-20-22299	M-20-22300	M-20-22301			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	CASHAUCRO-OYON / JACINTO (PB)	CASHAUCRO-OYON / LECHUGA (PB)	CASHAUCRO-OYON / LENTEJA (ZN,CU,PB)			
COORDENADAS:	E:0306022	E:0306022	E:0306022			
UTM WGS 84:	N:8824560	N:8824560	N:8824560			
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		NO APLICA				
FECHA y HORA DE MUESTREO :	05-11-2020 15:00	05-11-2020 15:00	05-11-2020 15:00			
<b>ENSAYO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>L.D.M.</b>	<b>L.C.M.</b>	<b>RESULTADOS</b>		
<b>Metales Totales<sup>2</sup></b>						
Cobre	mg/L	0,0003	0,0010	-	-	<0,0003
Plomo	mg/L	0,002	0,006	<0,002	<0,002	<0,002
Zinc	mg/L	0,0001	0,0004	-	-	4,7903

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

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

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

"-" No ensayado.

**"FIN DE DOCUMENTO"**

## Anexo 5: Registro fotográfico del desarrollo de tesis



Figura 25. Reactivos que se utilizaron en la solución



Figura 26. Pesado de los reactivos



Código filtro	Código de Laboratorio
Punto de muestreo	
Ensayo	
Preservante	
Tipo de muestra	
Fecha / Hora	
Muestreado por	

Figura 27. Frasco con la muestra inicial de agua contaminada



Figura 28. Frascos de la muestra final

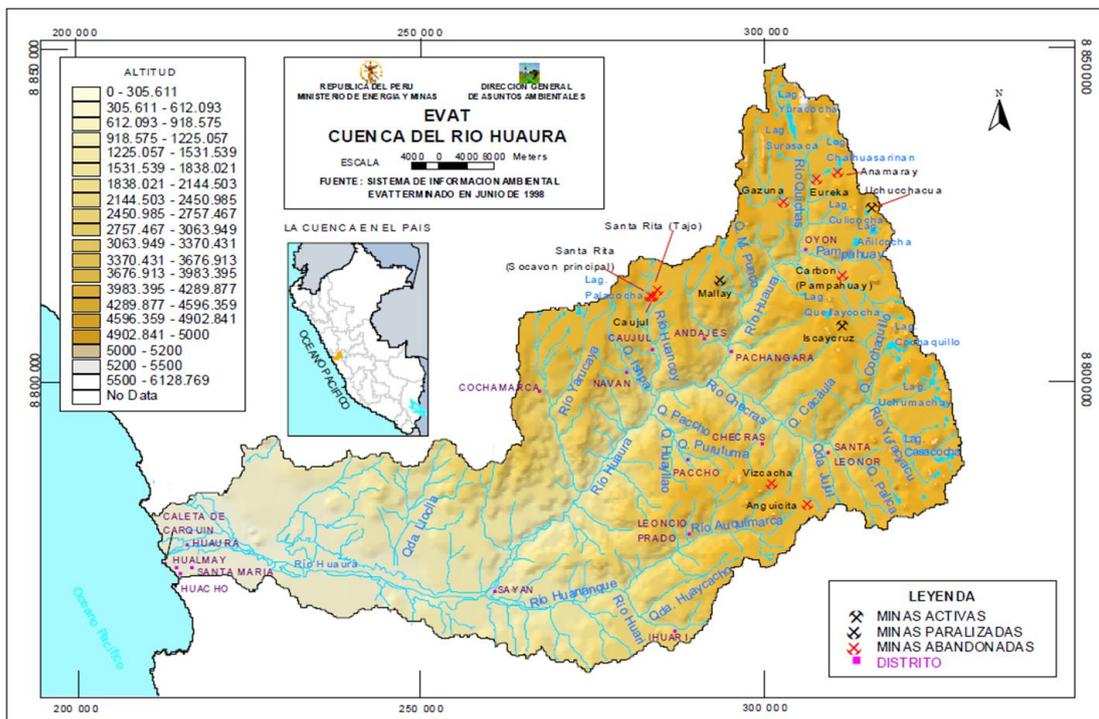


Figura 29. Mapa de ubicación de los tratamientos