






Phytoremediation with *Eichhornia Crassipes* and *Lemna Minor* L. in Water Contaminated with Heavy Metals – Trujillo – Peru

Cárdenas León, Ruth Marianella, Bachiller ¹ ; Ponce Moreno, Melanie Carolina, Bachiller ¹ ; Llaque-Fernández, Grant Ilich, Magister ¹ ; Villar Quiroz, Josualdo Carlos, Magister ¹ ; Cárdenas Rodríguez, Karina Jacqueline, Magister ¹ 






¹Universidad Privada del Norte (UPN) Perú. n00171769@upn.pe, N00167209@upn.pe, grant.llaque@upn.edu.pe, josualdo.villar@upn.edu.pe, karina.cardenas@upn.edu.pe

*Abstract -The objective of this research was to compare the species (*Lemna Minor* and *Eichhornia crassipes*) by phytoremediation in waters contaminated with Pb in Trujillo, Peru, 2023. Methodologically, it was framed in an applied type, quantitative approach, experimental design and correlational level, as well as the phytoremediation technique and the observation guide instrument applied to 7 samples. The results showed 84.4437 ppm of Pb in the initial sample; for the samples with *Lemna Minor*, where 10 g, 15 g, 20 g were used respectively; in which the % of removal was determined where it obtained 26.93521415% for 10 g, for 15 g the % of removal was 54.88165541%; finally, for 20 g the % of removal was 55.48145958%. For the samples with *Eichhornia crassipes*, where 10 g, 15 g and 20 g were used, respectively, the % removal was 21.34453896% for 10 g, for 15 g the % removal was 48.00477592%; finally, for 20 g the % removal was 63.78924295%. It was concluded that the species with the highest removal efficiency in Pb-contaminated water was *Lemna Minor* with a removal % of 46.7661097133% and the species with the lowest removal efficiency in Pb-contaminated water was *Eichhornia crassipes* with a percentage of 44.379519276%.*

Keywords-- Phytoremediation, Pb, *Lemna Minor*, *Eichhornia crassipes*.

Identificador de Objeto Digital:(solo para trabajos completos, insertados por LEIRD).
ISSN, ISBN:(a insertar por LEIRD).**NO QUITAR**

Fitorremediación con *Eichhornia Crassipes* y *Lemna Minor* L. en Aguas Contaminadas con Metales Pesados – Trujillo – Perú

Cárdenas León, Ruth Marianella, Bachiller¹ ; Ponce Moreno, Melanie Carolina, Bachiller¹ ; Llaque-Fernández, Grant Ilich, Magister¹ ; Villar Quiroz, Josualdo Carlos, Magister¹ ; Cárdenas Rodríguez, Karina Jacqueline, Magister¹ 

¹Universidad Privada del Norte (UPN) Perú, n00171769@upn.pe, N00167209@upn.pe, grant.llaque@upn.edu.pe, josualdo.villar@upn.edu.pe, karina.cardenas@upn.edu.pe

Resumen—Investigación que tuvo como objetivo comparar las especies (*Lemna Minor* y *Eichhornia crassipes*) por fitorremediación en aguas contaminadas con Pb en Trujillo Perú, 2023. Metodológicamente, se enmarcó en un tipo aplicado, enfoque cuantitativo, diseño experimental y de nivel correlacional, así mismo se empleó la técnica de fitorremediación y el instrumento de guía de observación aplicada a 7 muestras. Los resultados dieron un 84.4437 ppm de Pb en la muestra inicial; para las muestras con *Lemna Minor*, donde se utilizó 10gr, 15 gr, 20gr respectivamente; en el cual se determinó el % de remoción donde obtuvo 26.93521415% para 10 gr, para 15 gr el % de remoción fue de 54.88165541%; por último, para 20gr el % de remoción fue 558.48145958%. Para las muestras con *Eichhornia crassipes*, donde se utilizó 10gr, 15 gr, 20gr respectivamente; en el cual se determinó el % de remoción donde obtuvo 21.34453896% para 10 gr, para 15 gr el % de remoción fue de 48.00477592%; por último, para 20gr el % de remoción fue 63.78924295%. Se concluye que la especie con mayor eficacia en remoción en aguas contaminadas con Pb fue *Lemna Minor* donde se obtuvo una % de remoción de 46.7661097133% y la especie con menor eficiencia en remoción de aguas contaminadas con Pb fue *Eichhornia crassipes* donde se obtuvo un porcentaje de 44.3795192767%.

Palabras clave—Fitorremediación, Pb, *Lemna Minor*, *Eichhornia crassipes*.

I. INTRODUCCIÓN

A. Realidad problemática

La contaminación ambiental se puede definir como la alteración de la calidad de la vida debido al cambio de las condiciones del medio ambiente que puede ser por la presencia o ausencia de agentes físicos, químicos o biológicos y puede traer consecuencias para los seres vivos. Todo esto puede pasar por la emisiones o inmisiones de algunos productos contaminantes los cuales pueden afectar el bienestar de la población. Este impacto ambiental puede alterar cualquier ecosistema, eso quiere decir que se puede presentar en agua, suelo y aire [1].

La mayor inquietud con respecto a la contaminación del recurso hídrico es la existencia de los diversos metales pesados, debido a su fácil disolución en agua o en el caso de partículas

en suspensión se pueden aglomerar o sedimentar. Este tipo de contaminación suele ser el resultante de la industria de la minería sobre todo de la ilegal,

esto pasa por la falta de vigilancia o control del impacto que causan en la calidad del agua; siendo sus principales actividades contaminantes los mercurios y del proceso de la quema de la amalgama. [2].

Según la Organización Mundial de la Salud [3]. El nivel establecido es de 0.01 mg/l, valor sobre el cual se mantiene la mayoría de los países americanos, en total el 63.15%. República Dominicana, Argentina, Brasil, Chile y Uruguay por su parte permiten un límite máximo de 0.05 mg/l excediendo la recomendación de la OMS. México y los Estados Unidos también admiten valores superiores a los recomendados por la OMS con un 0.025 mg/l y un 0.015 mg/l respectivamente. Estos países conforman el 36.84% del total. Ningún país establece su límite con niveles inferiores al recomendado.

Según el Boletín Oficial del Estado para el año(BOE) [4] Los límites establecidos en el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, establecen unos máximos en la presencia de metales Arsénico:10, microgramos/l, Cobre: 2 miligramos/l, Plomo: 10 microgramos/l, Cromo: 50 microgramos/l, Cadmio: 5 microgramos/l, Mercurio: 1 microgramos/l, Níquel: 20 microgramos/l.

La contaminación por metales pesados en el Perú representa uno de los problemas ambientales más importantes que afectan al país en especial los identificados en el agua de consumo con presencia de arsénico y plomo. Lo que requiere una intervención rápida para prevenir un desastre de salud pública, especialmente hacia las poblaciones cercanas a las áreas de explotación minera, en las cuales la contaminación del agua ha sido el centro de conflictos socio- ambientales.

Un estudio realizado por el Ministerio de Salud del Perú [5], indica que en El río Tambo reporta: contenido de arsénico 0,2034 mg/L, boro 7,9000 mg/L. El río Quilca: boro 6,7500 mg/L, plomo 0,1070 mg/L y cadmio 0,0190 mg/L. Río Camaná: plomo 0,0500 mg/L. El río Ocoña: boro 1,0000 mg/L. Los reportes no cumplen con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM 07 de junio del 2017-Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

Los metales son elementos que se pueden encontrar en forma natural en la superficie del agua no contaminada según el tipo de suelo y rocas presentes a lo largo de una corriente

Identificador de Objeto Digital:(solo para trabajos completos, insertados por LEIRD).

ISSN, ISBN:(a insertar por LEIRD).**NO QUITAR**

superficial. En pequeñas concentraciones muchos de estos metales son esenciales para la vida acuática y humana en general. Aunque algunas veces pueden encontrarse en los sistemas acuáticos en concentraciones que sobrepasan a los LMP, ocasionados en la mayoría de los casos por la actividad humana [6]

El alto grado de toxicidad de estos elementos químicos causa efectos en la salud del ser humano, pero también generadaños irreversibles en la flora y fauna, así como en el medio ambiente en general, lo cual, a su vez, produce grandes impactos socioeconómicos. En las zonas altoandinas del Perú es escasa la investigación sobre la presencia y efectos de metales, y al mismo tiempo hay una urgencia de que las cuencas y microcuencas -áreas productoras y proveedoras de productos agrícolas de primera necesidad sean monitoreadas periódicamente.

La presente investigación, pertenece a la línea de investigación de desarrollo sostenible, así mismo a la sub línea de biorremediación, pues actualmente, distintos países se ven afectados debido a la contaminación de metales pesados en el agua. Es idóneo realizar la investigación a partir de la siguiente pregunta: ¿Cómo es que *Eichhornia crassipes* y *Lemna Minor* L. realizan el proceso de fitorremediación de aguas contaminadas con metales pesados en la ciudad de Trujillo 20223

B. Antecedentes

A partir de la revisión de los antecedentes, respecto al impacto generado de los metales pesados en aguas, [7] dice que los metales pesados se encuentran en dos grupos, el primer grupo se encuentra el Zn, Cu y Cr+3 que son necesarios en el cuerpo humano en dosis moderadas, pero al superar la concentración necesaria pueden llegar a ser tóxicos. El segundo grupo está constituido por el As, Cd, Hg y Pb junto con el Cr+6 los cuales no tienen ninguna función biológica conocida pero sí son altamente tóxicos. Asimismo, [8] dice que entre las principales consecuencias de la contaminación del agua se tiene la desaparición de la biodiversidad y de los ecosistemas acuáticos, siendo también afectados los seres humanos debido a que se causa una alteración en la cadena alimentaria, y se puede llegar a contraer enfermedades al consumir esta agua.

En la investigación presentada por Poma [9] señala que obtuvo resultados de una dosis óptima de 1mL de A y 0,5 mL de B, pH 5, concentración de Cd (II) y Hg (II) 5mg/L y porcentaje de absorción máxima en *Eichhornia crassipes*, 16,56 % para el Cd (II) y 15,60 % para el Hg (II) en el séptimo día, Se logró determinar las condiciones óptimas para obtener una absorción cuantitativa de Cd (II) y Hg (II) con *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua), concluyendo así la efectividad de la planta. Así mismo En la tesis presentada por Sandoval Díaz [10]. Evidencia que *Eichhornia crassipes* presenta una eficiencia de 83.57% mientras que *Lemna minor* L. presenta eficiencia de 39.35%. Se concluyó que la planta con más eficacia fue *Eichhornia crassipes*.

En la investigación presentada por Choque [11], tuvo como objetivo utilizar plantas acuáticas como, (*Lemna spp.*) y (*Azolla fuliculoides*), para la cuantificación y remoción de metales pesados de agua de la bahía interior de Puno. Se pesaron 10 g. de plantas de ambas especies y se introdujeron a los

contenedores de polietileno de 1L de agua obtenida de la bahía, realizando controles de tratamiento cada 5 días, resultado entre los días 15 a 30 la más alta capacidad de remoción de la Lenteja de Agua. Se demostró los beneficios de la biorremediación como método de limpieza de aguas contaminadas y que es una alternativa viable.

En el artículo redactado por Garaboto [12], tuvo como objetivo evaluar la biosorción de cadmio y plomo en solución empleado *Lemna Minor*. El tamaño de la biomasa no afectó el porcentaje de remoción de plomo, para el caso del Cadmio la tendencia mostró que con mayor tamaño de biomasa (0,595 mm) tienen mayor capacidad de remoción. Su comportamiento varió durante una hora de prueba, mientras que el Cadmio al cabo de los 45 minutos de contacto se observó un proceso de desorción. Y se concluyó que el estudio desarrolló una tecnología eficaz y económica factible usando *Lemna Minor*, debido al acelerado crecimiento que tuvo y el bajo costo, esta sería una buena opción para la eliminación de Pb+2 y Cd en aguas contaminadas con metales pesados.

En el artículo de la revista presentado por Quispe, Arias, Martínez y Cruz [13] tuvo como objetivo evaluar la eficiencia en la remoción de los parámetros fisicoquímicos, metales pesados de la especie *Macrófita Jacinto de Agua (Eichhornia crassipes)* y evaluar el crecimiento en función al tiempo y adopción al medio en la laguna de la Universidad Peruana Unión. Obteniendo como resultado que hubo una eficiencia del 31% en la remoción de parámetros fisicoquímicos y así mismo el crecimiento fue rápido y en 15 días se llegó a duplicar la cantidad de plantas, debido a que se contaba con los suficientes nutrientes. Se concluyó que se obtuvo la eficiencia de 31% en la remoción de parámetros físico Químico y en cuanto al crecimiento del Jacinto de agua, fue más rápido en comparación con las especies del invernadero.

En la investigación presentada por Jorge Martelo y Jaime Lara, [14] tuvo como objetivo hacer un recorrido por la literatura existente sobre macrófitas flotantes, identificando los aspectos generales, ventajas y desventajas del uso de estas plantas para depurar aguas residuales. Los metales pesados también han sido objeto de numerosos estudios. Por ejemplo, *Eichhornia crassipes* resultaron excelentes bio absorbedores de Cd, Ni, Cu, Zn, Cr y Pb. Entre las especies más empleadas se encuentran el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y la lenteja de agua (*Lemna spp.*). Estos sistemas son semejantes a las lagunas de estabilización, pero con la gran diferencia de la presencia de macrófitos en lugar de algas, además de las profundidades someras.

Atehortua y Carmina.[15] Según la tesis titulada, Estudios preliminares de la biomasa seca de *Eichhornia Crassipes* como adsorbente de plomo y cromo en aguas, Se observa su estructura esponjosa y bulbosa, lo cual es una característica que le permite flotar a la planta. Se encontró que los tallos de la planta contienen una humedad superior al 90%; este resultado se aproxima a lo reportado por Harun et al, quienes encontraron que la planta contiene alrededor del 95% de humedad. . Por su parte el material triturado y seco contiene un promedio de 5.9% de humedad, como se encontró por termogravimetría.

Es por ello por lo que el objetivo de este trabajo es dar a conocer la influencia de plantas acuáticas (*Eichhornia Crassipes* y *Lemna Minor* L.) por fitorremediación de aguas con Pb. A fin de establecer cuál de las dos especies es más eficaz para ser utilizada en aguas contaminadas con metales pesados.

II. METODOLOGÍA

Este artículo de investigación pertenece a un estudio experimental que permite describir o precisar las variables de estudio mediante una recolección de muestras, pues se dará a conocer cuál de las dos especies fue más eficiente para el proceso de absorción en aguas contaminadas con Pb. Según el conocimiento será una investigación aplicada, ya que los conocimientos principales en esta investigación serán de ayuda para dar una solución a la problemática presentada [16].

Del mismo modo, la investigación presentada fue cuantitativa al poder controlar, manipular y observar las características de ambas variables examinando el efecto que la variable independiente genera en la variable dependiente

1. Población, Muestra y muestreo

La investigación se llevó a cabo en la cuenca baja del río Moche, geográficamente ubicada entre las coordenadas -8.127330, -78.995724 en el departamento de La Libertad, provincia de Trujillo, Perú; durante los meses de julio y agosto del año 2023. La población estuvo constituida por 45 gr de Lemna Minor y Eichhornia Crassipes respectivamente, los cuales fueron separados en 10gr, 15gr y 20gr respectivamente; y 4 L de agua contaminada con Pb, para luego ser separada en muestras de 500ml cada una; lo cual permitió realizar el proceso de Fitorremediación para ver cuál de las dos especies absorbe una mayor cantidad de plomo(Pb).

2. Técnica e Instrumentos

Para la elección y el desarrollo de la investigación, al ser de carácter cuantitativo, se utilizó la técnica de la observación, la cual permite obtener tanto datos cualitativos como cuantitativos la cual es utilizada comúnmente en áreas que tienen como fin obtener conocimientos de lo experimentado; sin embargo, esta misma tiene sus dificultades que deben ser manejadas debido a la demanda de tiempo, conocimientos e interpretación de los hechos.

Como instrumento a aplicar, se optó por la guía de observación, la cual es denominada como un documento que permite dirigir la observación de los fenómenos y reacciones presentes en el proyecto de investigación.

3. Procedimiento

1) Recolección de muestras

La toma de muestras se realizó según las especificaciones mencionadas en el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales elaborado por el ANA [17]. Se recolectó 4L de agua de la cuenca baja del Río Moche ubicado en las coordenadas -8.127330, -78.995724, en el departamento de La Libertad, provincia de Trujillo.

2) Manejo de muestras

De los 4L de agua contaminada con Pb, se procedió a separar en 7 muestras de 500 ml cada una, las cuales se nombraron como MI, LM-001; LM-002; LMM-003; EC-001, EC-002, EC-003.

Luego se procedió a secar por 24 horas las especies de Lemna Minor y Eichhornia crassipes; pasando las 24 h se pesaron las especies en 10 gr, 15 gr y 20 respectivamente para poder ser colocadas en las muestras mencionadas anteriormente, donde se dejó reposar por 24 horas.

Pasada las 24 horas se procedió a llevar las muestras a la plancha de calor en la cual se llevó 3 repeticiones de 30 minutos para cada muestra respectivamente. Luego se procedió a filtrar cada muestra para así poder ser llevada al laboratorio F.Q.A.PERÚ.S.A.C.

III. RESULTADOS

A. Análisis de muestras de agua del río Moche para determinar la cantidad Pb.

Las muestras de agua recolectadas en la cuenca baja del río Moche, ubicadas en las coordenadas -8.127330, -78.995724, fueron transportadas al laboratorio de investigación de residuos sólidos y peligrosos de la facultad de ingeniería ambiental de la Universidad Nacional de Trujillo para realizar los análisis físicoquímicos correspondientes, para obtener la cantidad de plomo en la muestra recolectada.

TABLA I
ANÁLISIS DE Pb DE LA MUESTRA INICIAL

CODIFICACIÓN DE MUESTRA		MUESTRA INICIAL
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
PLOMO	ppm	88.4437± 0.007

En la muestra de agua tomada de la cuenca baja del río Moche, se puede observar que en el análisis realizado se obtuvo 88.4437± 0.007 de Pb en la muestra inicial.

B. Análisis de calidad de las muestras de agua de la cuenca baja del río Moche para la determinación final de Pb.

Se recolectaron 500 ml de cada una de las muestras tratadas con *Eichhornia crassipes* y *Lemna Minor* respectivamente las cuales fueron transportadas hasta investigación de residuos sólidos y peligrosos de la facultad de ingeniería ambiental de la Universidad Nacional de Trujillo para realizar el proceso y los análisis correspondientes con el fin de obtener los valores de los parámetros finales posteriores al tratamiento los cuales se encuentran detallados en las siguientes tablas.

TABLA II.
RESULTADO DE ABSORCIÓN DE LAS REPETICIONES DE LAS MUESTRAS LEMNA MINOR

Codificación de muestra	Parámetro	Unidades	Resultados
LM-001-R1	Plomo	ppm	63.5711 ± 0.006
LM-001-R2	Plomo	ppm	65.1816 ± 0.006
LM-001-R3	Plomo	ppm	65.1109 ± 0.006
LM-002-R1	Plomo	ppm	40.1920 ± 0.006
LM-002-R2	Plomo	ppm	39.1895 ± 0.006
LM-002-R3	Plomo	ppm	40.3315 ± 0.006
LM-003-R1	Plomo	ppm	37.1126 ± 0.006
LM-003-R2	Plomo	ppm	36.6371 ± 0.006
LM-003-R3	Plomo	ppm	36.4119 ± 0.006

En la tabla Numero II se observa los resultados de absorción en ppm de las repeticiones en la plancha de calor de cada muestra de agua con la planta Lemna Minor. Donde inicialmente se obtuvo un valor de 63.5711 ± 0.006 y finalmente se tiene un valor de 36.4119 ± 0.006.

TABLA III.
RESULTADO DE ABSORCIÓN EN PPM DE LAS REPETICIONES DE LAS MUESTRAS DE EICHHORNIA CRASSIPES

Codificación de muestra	Parámetro	Unidades	Resultados
EC-001-R1	Plomo	ppm	69.1614 ± 0.006
EC-001-R2	Plomo	ppm	70.0944 ± 0.006
EC-001-R3	Plomo	ppm	69.4416 ± 0.006
EC-002-R1	Plomo	ppm	45.9862 ± 0.006
EC-002-R2	Plomo	ppm	46.0019 ± 0.006
EC-002-R3	Plomo	ppm	45.9714 ± 0.006
EC-003-R1	Plomo	ppm	32.1007 ± 0.006
EC-003-R2	Plomo	ppm	31.9860 ± 0.006
EC-003-R3	Plomo	ppm	31.9917 ± 0.006

En la tabla Numero III se observa los resultados de absorción en ppm de las repeticiones en la plancha de calor de cada muestra de agua con la planta Eichhornia crassipes. Donde inicialmente se obtuvo un valor de 69.1614 ± 0.006 y finalmente se tiene un valor de 31.9917 ± 0.006

TABLA IV.
RESULTADO DE PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE LEMNA MINOR

Codificación de muestra	Porcentaje con respecto a la muestra inicial	Porcentaje de remoción
LM001-R1	71.18	28.12
LM-001-R2	73.70	26.30
LM-001-R3	73.62	26.38
LM-002-R1	45.44	54.56
LM-002-R2	44.31	55.69
LM-002-R3	45.60	54.40
LM-003-R1	41.96	58.04
LM-003-R2	41.42	58.58
LM-003-R3	41.17	58.53

En la tabla IV se muestra los resultados de absorción en % de las repeticiones en la plancha de calor de cada muestra de agua con la planta Lemna Minor. Donde inicialmente se obtuvo un 28.12% y finalmente se tiene un valor de 58.53 % de remoción.

TABLA V.
RESULTADO DE PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE EICHHORNIA CRASSIPES

Codificación de muestra	Porcentaje con respecto a la muestra inicial	Porcentaje de remoción
EC-001-R1	78.20	21.80
EC-001-R2	79.25	20.75
EC-001-R3	78.52	21.48
EC-002-R1	51.99	48.01
EC-002-R2	52.01	47.99
EC-002-R3	51.98	48.02
EC-003-R1	36.30	63.70
EC-003-R2	36.17	63.83
EC-003-R3	36.17	63.83

En la tabla V se presenta los resultados de absorción en % de las repeticiones en la plancha de calor de cada muestra de agua con la planta Eichhornia crassipes. Donde inicialmente se obtuvo un 21.80 % y finalmente se tiene un valor de 63.83 % de remoción.

TABLA VI.
RESULTADO DE PROMEDIO FINAL DE REMOCIÓN POR LEMNA MINOR Y EICHHORNIA CRASSIPES.

codificación de muestra	Promedio de remoción	Codificación de muestra	Promedio de remoción
LM001-R1	26.93521415	EC-001-R1	21.34453896
LM-001-R2		EC-001-R2	
LM-001-R3		EC-001-R3	
LM-002-R1	54.88165541	EC-002-R1	48.00477592
LM-002-R2		EC-002-R2	
LM-002-R3		EC-002-R3	
LM-003-R1	58.48145958	EC-003-R1	63.78924295
LM-003-R2		EC-003-R2	
LM-003-R3		EC-003-R3	

En la tabla VI podemos observar el resultado promedio de absorción de las repeticiones en la plancha de calor de cada muestra de agua con la planta Lemna Minor y Eichhornia crassipes. Donde se obtuvo un promedio final de 58.48145958 utilizando Lemna Minor y para Eichhornia crassipes se obtuvo un promedio final 63.78924295.

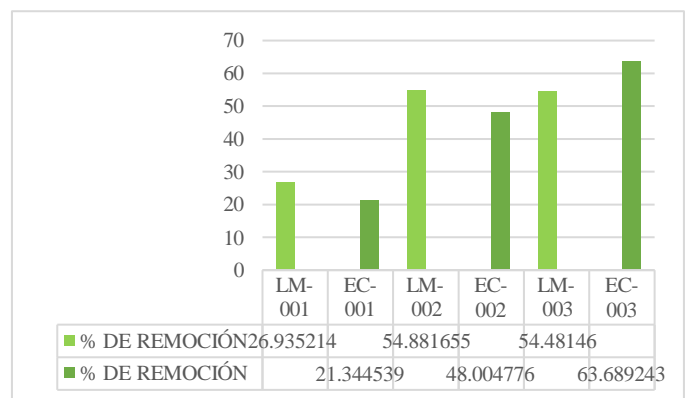


Fig. 1 Comparativo de porcentaje de remoción entre las especies Lemna Minor y Eichhornia crassipes

En esta figura se puede observar el porcentaje de remoción entre las dos especies, donde se obtuvo que la planta con mayor remoción fue Lemna Minor.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

Se planteó como objetivo identificar cuál de las dos plantas (*Eichhornia crassipes* y *Lemna Minor*) es más eficiente para tratar aguas contaminadas por Pb. En los resultados se puede observar la muestra inicial del agua recolectada de la cuenca baja del río Moche ubicada en las coordenadas -8.127330, -78.995724, en el cual los resultados arrojaron una cantidad de 88.4437 ± 0.007 ppm.

Los resultados de cada repetición en las planchas de calor de la planta *Lemna Minor* donde, en la LM-001/R1 se obtuvo 63.5711 ± 0.006 ; en la repetición LM-001/R2 se obtuvo 65.1816 ± 0.006 ; en la LM-001-R3 se obtuvo 65.1109 ± 0.006 ; en la LM-002-R1 se obtuvo 40.1920 ± 0.006 ; en la LM-002-R2 se obtuvo 39.1895 ± 0.006 ; en la LM-002-R3 se obtuvo 40.3315 ± 0.006 ; en la LM-003-R1 donde se obtuvo 37.1126 ± 0.006 ; en la LM-003-R2 se obtuvo 36.4119 ± 0.006 ; por último, en la LM-003-R3 se obtuvo 36.4119 ± 0.006 . Concluyendo que en la tabla N°2 el mayor resultado de Pb se da en la repetición LM-001/R2 con 65.1816 ± 0.006 ppm y el menor resultado de Pb se da en la LM-003-R3 con 36.4119 ± 0.006 ppm.

En caso de *Eichhornia crassipes* se puede observar los resultados de cada repetición en las planchas de calor de *Eichhornia crassipes* donde, en la EC-001-R1 se obtuvo 69.1614 ± 0.006 ; en la EC-001-R2 se obtuvo 70.0944 ± 0.006 ; en la EC-001-R3 se obtuvo 69.4416 ± 0.006 ; en la EC-002-R1 se obtuvo 45.9862 ± 0.006 ; en la EC-002-R2 se obtuvo 46.0019 ± 0.006 ; en la EC-002-R3 se obtuvo 45.9714 ± 0.006 ; en EC-003-R1 se obtuvo 32.1007 ± 0.006 ; en la EC-003-R2 se obtuvo 31.9860 ± 0.006 ; en la EC-003-R3 se obtuvo 31.9917 ± 0.006 . Concluyendo que en la tabla N°3 el mayor resultado de Pb se da en la EC-001-R2 con 70.0944 ± 0.006 ppm y el menor resultado se da en EC-003-R3 con 31.9917 ± 0.006 ppm.

Se observa el porcentaje de remoción para *Lemna Minor* donde, LM001-R1 se tiene un % inicial de 71.18 y un % final de 28.12; LM-001-R2 se tiene un % inicial de 73.70 y un % final de 26.30; LM-001-R3 se tiene un % inicial de 73.62 y un % final de 26.38; LM-002-R1 se tiene un % inicial de 45.44 y un % final de 54.56; LM-002-R2 se tiene un % inicial de 44.31 y un % final de 55.69; LM-002-R3 se tiene un % inicial 45.60 y un % final de 54.40; LM-003-R1 se tiene un % inicial 41.96 y un % final de 58.04; LM-003-R2 se tiene un % inicial 41.42 y un % final de 58.58 y finalmente tenemos LM-003-R3 se tiene un % inicial 41.17 y un % final de 58.53.

En caso de *Eichhornia crassipes* se puede observar el porcentaje de remoción donde, EC-001-R1 se obtuvo un % inicial 78.20 y un % final 21.80; EC-001-R2 se obtuvo un % inicial de 79.25 y un % final de 20.75; EC-001-R3 se obtuvo un % inicial de 78.52 y un % final de 21.48; EC-002-R1 se obtuvo un % inicial de 51.99 y un % final de 48.0; EC-002-R2 se obtuvo un % inicial de 52.01 y un % final de 47.99; EC-002-R3 se obtuvo un % inicial de 51.98 y un % final de 48.02; EC-003-R1 se obtuvo un % inicial de 36.30 y un % final

de 63.70; EC-003-R2 se obtuvo un % inicial de 36.17 y un % final de 63.83; EC-003-R3 se obtuvo un % inicial de 36.17 y un % final de 63.83.

Se puede observar el promedio de remoción de *Lemna Minor* y *Eichhornia crassipes* respectivamente donde, LM-001 es de 26.93521415; LM-002 es de 54.88165541; LM-003 es de 58.48145958; Dando así un promedio de 46.7661097133 de remoción.

Para EC-001 es de 21.34453896; EC-002 es de 48.00477592; EC-003 es de 63.78924295; dando así un promedio de 44.3795192767 de remoción.

Se observa en los resultados la comparación de porcentaje de remoción entre las especies *Lemna Minor* y *Eichhornia crassipes*, donde en la primera muestra de 10 gr respectivamente se tiene 26.93521415 para *Lemna Minor* y 21.34453896 para *Eichhornia crassipes*; en la segunda muestra de 15 gr respectivamente se tiene 54.88165541 para *Lemna Minor* y 48.00477592 para *Eichhornia crassipes*; para la tercera muestra de 20 gr respectivamente se tiene 58.48145958 para *Lemna Minor* y 63.78924295 para *Eichhornia crassipes*.

En la investigación de Choque Martín [11], se obtuvo el porcentaje de remoción con pb de 65.56 en 30 días con una cantidad de 10 gr a comparación de nuestra investigación, al igual que en la investigación se utilizó 10gr de *lemna minor* en el cual se obtuvo una remoción de 26.93%

En la investigación de Jorge Martel y Jaime Lara [14] se obtuvo un 98.55% de pb utilizando 15 gr de muestra de *lemna minor* al comparar con nuestro artículo dio una remoción de 54.88%, para nuestra muestra de 20 gr el porcentaje de remoción fue de 58.48

En la investigación de Quispe [13] se obtuvo un 87% de remoción utilizando *Eichhornia crassipes* en el transcurso de un día, a diferencia de nuestra tesis que con 10gr de esta especie se obtuvo un porcentaje de 21.34%; para 15gr 48.004% de remoción en 24 horas. Por último, en la investigación Atehortua y Carmaña, [15] se obtuvo un % de remoción del 84.08% en un tiempo de 6 días utilizando una cantidad de 20gr. En nuestros análisis de la muestra de 20gr para *Eichhornia crassipes* obtuvimos un porcentaje de remoción de 63.78%

Conclusiones

Como parte planteada al inicio de esta investigación, se logró realizar la comparación de las dos plantas acuáticas (*Eichhornia crassipes* y *Lemna Minor* L.), partiendo como punto de investigación para determinar la influencia de estas.

En la planta acuática *Eichhornia crassipes*, el uso fue de 10gr, 15gr, 20gr; se determinó el porcentaje de remoción con respecto al metal estudiado (Pb), en el cual se obtuvo 21.34453896 % de Pb para 10 gr de *Eichhornia crassipes*; para 15gr el % de remoción de Pb fue 48.00477592; y por último para 20 gr el % de remoción de Pb fue de 63.78924295.

En la planta acuática *Lemna Minor*, el uso fue de 10gr, 15gr, 20gr; se determinó el porcentaje de remoción con respecto al metal estudiado (Pb), en el cual se obtuvo 26.93521415 % de

Pb para 10 gr; para 15gr el % de remoción de Pb fue 54.88165541; y por último para 20 gr el % de remoción de Pb fue de 58.48145958.

También se identificó con cual se presenta la mayor eficiencia para la remoción, con las dos especies que son *Eichhornia crassipes* y *Lemna Minor*, donde se obtuvo una remoción de Plomo (Pb) un 44.3795192767 % y 46.7661097133% correspondientemente, concluimos así que la planta más eficiente fue *Lemna Minor*.

REFERENCIAS

- [1] Fundación Aequae Org. ¿Qué es la contaminación ambiental? Obtenido de <https://www.fundacionaqua.org/wiki/causas-contaminacion-ambiental/>. 2015.
- [2] Flores CM, Del Angel E, Frías DM, Gómez AL. Evaluation of physico-chemical parameters and heavy metals in water and surface sediment in the Ilusiones Lagoon, Tabasco, Mexico. *Tecnol Cien Agua*. 2018; 9(2)
- [3] Organización Mundial de la Salud (OMS). Armonización de los estándares de agua potable en las Américas. <https://www.oas.org/dsd/publications/classifications/Armoniz.EstandaresAguaPotable.pdf>
- [4] Boletín Oficial del Estado . BOE. Legislación consolidada. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2003/BOE-A-2003-3596-consolidado.pdf>. 2003.
- [5] MINSA. Contaminación del agua por metales pesados As, B, Cu, Pb, Cd y CN- en las cuencas de los Ríos Tambo, Quilca, Camaná y Ocoña de la región Arequipa. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA_09c716e2d146ef48c2e6064e990257fa. 2017.
- [6] Jaramillo & Flores. Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales *Lemna minor* (lenteja de agua), y *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) en aguas residuales producto de la minería. 2012.
- [7] Pastor. (2014). Importancia del análisis de los metales pesados. Obtenido de. <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6978/02INTRO-DUCCION.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- [8] J. López. Normas ambientales. En Estudios de Derecho Ambiental y de Aguas. Joaquín R. López. Profesor Emérito. Edición Homenaje (pp. 215-250). Mendoza: EDIUM. 2005
- [9] Poma Llantoy, Víctor Raúl, & Valderrama Negrón, Ana C. Estudio de los parámetros fisicoquímicos para la fitorremediación de cadmio (ii) y mercurio (ii) con la especie *Eichhornia Crassipes* (jacinto de agua). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 80(3), 164-173. Recuperado en 19 de agosto de 2023, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2014000300003&lng=es&tlng=es. 2014.
- [10] Sandoval Vilchez, J.D. Eficiencia del Jacinto de Agua *Eichhornia crassipes* y Lenteja de Agua *Lemna minor* L. en la Remoción de Cadmio en Aguas Residuales. Bachelor's Thesis, Ingeniero Ambiental, Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú, 2019. Available online: <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3256> (accessed on 21 June 2021).
- [11] M. Choque. Cuantificación de la remoción de Pb y Cd mediante la lenteja de agua *Lemna gibba*. *Azolla azolla fuliculoides* de las aguas de la bahía interior de Puno. Obtenido de. <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/362/EPG711-00711-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. 2010.
- [12] M. Garaboto, Biosorción de cadmio y plomo en solución con *Lemna obscura* Inmovilizada en Sílica. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5282243>. 2015.
- [13] Quispe, Arias, Martínez & Cruz. Eficiencia de la especie macrófita *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) para la remoción de parámetros fisicoquímicos, metal pesado (Pb) y la evaluación de su crecimiento en función al tiempo y adopción al medio en una laguna experimental. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/326855385_Eficiencia_de_la_especie_macrofita_Eichhornia_crassipes_Jacinto_de_agua_para_la_remocion_de_parametros_fisicoquimicos_metal_pesado_Pb_y_la_evaluacion_de_su_creimiento_en_funcion_al_tiempo_y_adopcion_. 2017.
- [14] Martelo, Jorge And Lara Borrero, Jaime A. Macrófitas flutuantes no tratamiento de águas residuales : uma revisão do estado da arte . *ing.cienc.* [en línea]. 2012, vol.8, n.15, pp.221-243. ISSN 1794-9165.
- [15] Atehortua & Carmiña. Estudios preliminares de la biomasa seca de *Eichhornia crassipes* como adsorbente de plomo y cromo en aguas. Obtenido de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/materiales/article/view/15084>. 2013.
- [16] Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. Metodología de la investigación (6a. ed. --). México D.F.: McGraw-Hill.2014.
- [17] Autoridad Nacional del Agua. Estrategia Nacional para el Mejoramiento de la Calidad de los Recursos Hídricos. 2015.