

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

“FITORREMEDIACIÓN CON EICHHORNIA
CRASSIPES Y LEMNA MINOR L. EN AGUAS
CONTAMINADAS CON METALES PESADOS –
TRUJILLO - PERÚ”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Forma: Artículo científico

Autores:

Ruth Marianella Cardenas Leon
Melanie Carolina Ponce Moreno

Asesor:

Mg. Llaque Fernández Grant Ilich
<https://orcid.org/0000-0002-6793-775X>

Trujillo - Perú

2024

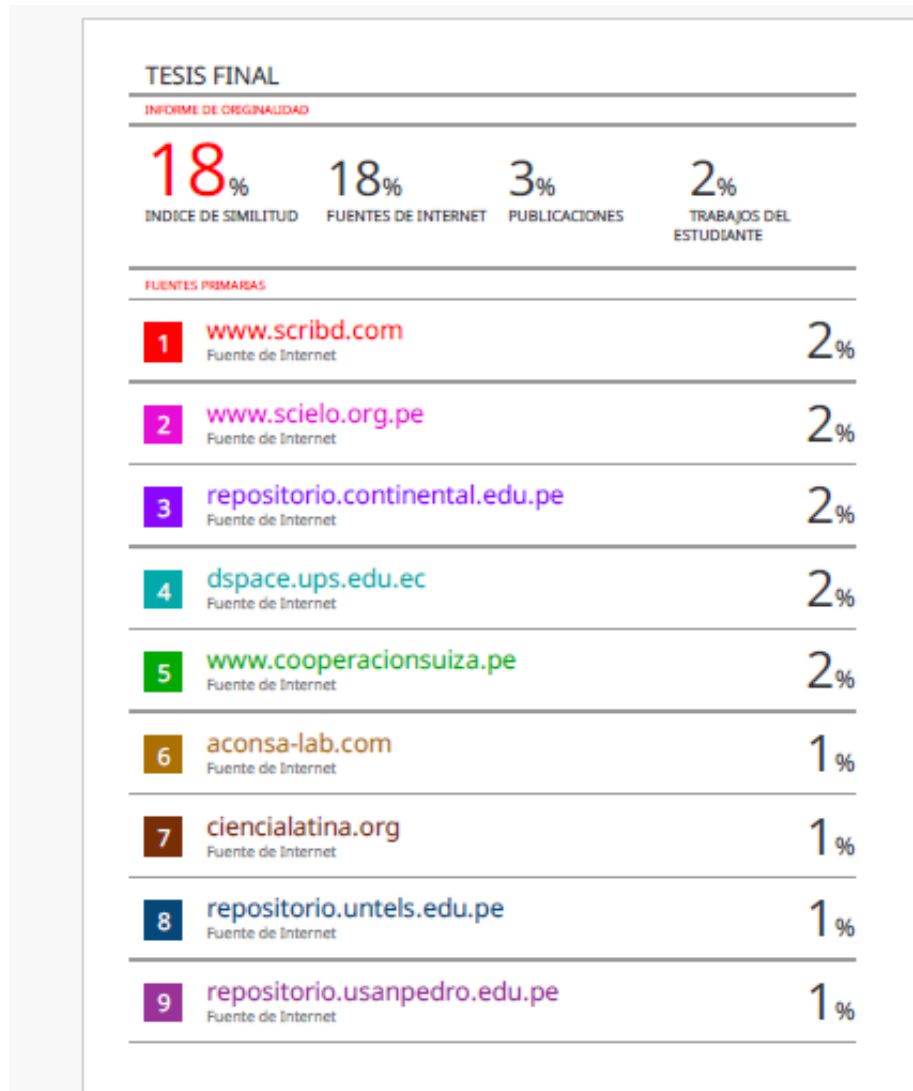
JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	MARGEO JAVIER CHUMAN LOPEZ
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	DAVID ANGEL ASMAT CAMPOS
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	GRANT ILICH LLAQUE FERNANDEZ
	Nombre y Apellidos

INFORME DE SIMILITUD



DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis a nuestros padres porque son nuestro principal soporte y motivación para alcanzar todas nuestras metas y sueños, por creer siempre en nosotras y apoyarnos moral y económicamente.

A nuestros docentes de la universidad por impartir sus conocimientos en diferentes materias. A nuestros amigos por los buenos consejos y la motivación constante para lograr nuestras metas.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por permitirnos tener y disfrutar de nuestras familias, a la vez por el gran apoyo moral y económico que recibimos constantemente durante nuestra vida universitaria, y poder cumplir con excelencia en el desarrollo de nuestra tesis, gracias por creer en cada uno de nosotros de que somos capaces de lograr y cumplir nuestras metas trazadas.

Nuestro agradecimiento sincero a nuestro asesor de tesis, Mg. Llaque Fernández Grant Ilich , a cada enseñanza y apoyo profesional constituyó la base de este trabajo.

Tabla de Contenido

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	11
CAPÍTULO III: RESULTADOS	14
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	21
REFERENCIA	25

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo comparar las especies (*Lemna Minor* L. y *Eichhornia crassipes*) por fitorremediación de aguas con . Se realizó un 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 55.848145958%. 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 concluyó 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 CLAVES: Fitorremediación, Pb, *Lemna Minor*, *Eichhornia crassipes*.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

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 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 genera daños 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 2023.

CAPÍTULO 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 fenómeno 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 recolecto 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 5000 ml cada una, las cuales se nombraron como MI, LM-001; LM-002; LMM-003; EC001, 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.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. 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 fisicoquímicos correspondientes, para obtener la cantidad de plomo en la muestra recolectada. Los cuales se encuentran detallado en la tabla 1

Tabla 1

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, podemos observar que en el análisis realizado se obtuvo 88.4437± 0.007 de Pb en la muestra inicial.

3.2. 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 2

Resultado de absorción de las repeticiones de las muestras de 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 2 podemos observar 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 3

Resultado de absorción en ppm de las repeticiones de las muestras de *Eichhornia Cassipes*

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 3 podemos observar los resultados de absorción en ppm de las repeticiones en la plancha de calor de cada muestra de agua con la planta *Eichhornia cassipes*. Donde inicialmente se obtuvo un valor de 69.1614 ± 0.006 y finalmente se tiene un valor de 31.9917 ± 0.006

TABLA 4

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 n° 4 podemos observar 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 5

*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 n° 5 podemos observar los resultados de absorción en % de las repeticiones en la plancha de calor de cada muestra de agua con la planta *Eichhornia cassipes*. Donde inicialmente se obtuvo un 21.80 % y finalmente se tiene un valor de 63.83 % de remoción.

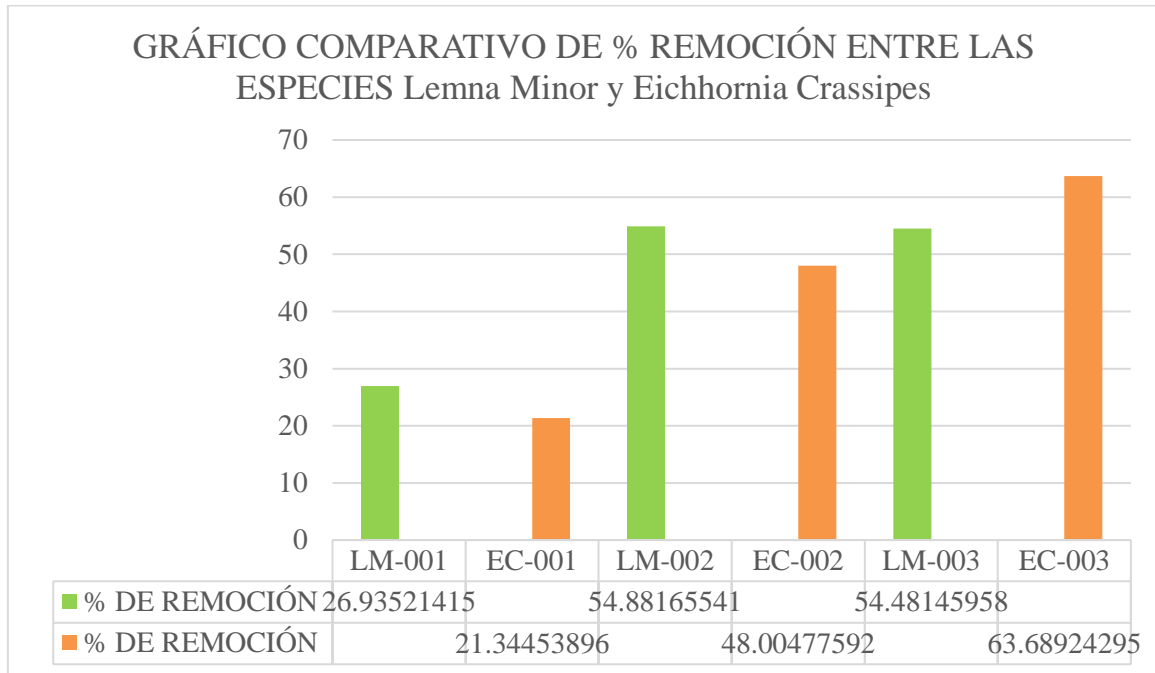
TABLA 6

Resultado de promedio final de remoción por Lemna minor y Eichhornia Crassipes.

CODIFICACION 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 n° 6 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.

FIGURA N°1



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*.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

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 la tabla N°1 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.

En la tabla N°2 se puede observar 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 LM-003-R2; 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* (ver tabla N°3) 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 la 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

Fitorremediación con *Eichhornia crassipes* y *Lemna Minor* L. en aguascontaminadas con metales pesados- Trujillo,2023

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.

En la Tabla N°4 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-R1se tiene un % inicial de 45.44y un % final de 54.56; LM-002-R2 se tiene un % inicial de 44.31y 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 41.17y un % final de 58.53.

En caso de *Eichhornia crassipes* (ver tabla N°5) 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 78.52y 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 51.98y un % final de 48.02; EC-003-R1se 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.

En la tabla N°6 se puede observar el promedio de remoción de *Lemna Minor* y *Eichhornia crassipes* respectivamente donde, LM-001es de 26.93521415; LM-002 es de 54.88165541; LM-003 es de 58. 48145958; Dando asi un promedio de 46.7661097133 de remoción.

Fitorremediación con *Eichhornia crassipes* y *Lemna Minor* L. en aguascontaminadas con metales pesados- Trujillo,2023
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.

En la figura N°1 podemos observar 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 58.48415958 para *Lemna Minor* y 63.78924295 para *Eichhornia crassipes*.

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 73.78924295.
- 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 hemos identificado 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*.

REFERENCIA

Fundación Aquae Org. ¿Qué es la contaminación ambiental? Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/causas-contaminacion-ambiental/>.2015.

Flores CM, Del Angel E, Frías DM, Gómez AL. Evaluation of physicochemical parameters and heavy metals in water and surface sediment in the ilusiones Lagoon, Tabasco, Mexico. *Tecnol Cien Agua*. 2018; 9(2)

Organización Mundial de la Salud (OMS). Armonización de los estandares de agua potable en las Americas. <https://www.oas.org/dsd/publications/classifications/Armoniz.EstandaresAguaPotable.pdf>

Boletín Oficial del Estado . BOE. Legislación consolidada. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2003/BOE-A-2003-3596-consolidado.pdf.2003>.

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.

Jaramillo & Flores. (2012). 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. Obtenido de. <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/UPS-CT002482.pdf>

Pastor. (2014). Importancia del análisis de los metales pesados. Obtenido de. <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6978/02INTRODUCCION.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

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

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

Fitorremediación con *Eichhornia crassipes* y *Lemna Minor L.* en aguascontaminadas con metales pesados- Trujillo,2023

de 2023, de
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2014000300003&lng=es&tlng=es. 2014.

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).

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.

M. Garaboto, Biosorción de cadmio y plomo en solución con *Lemna obscura* Inmovilizada en Sílica. Obtenido de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5282243>. 2015.

Quispe, Arias, Martinez & 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_macrofitas_Eichhornia_crassipes_Jacinto_de_agua_para_la_remocion_de_parametros_fisicoquimicos_metal_pesado_Pb_y_la_evaluacion_de_su_crecimiento_en_funcion_al_tiempo_y_adopcion .2017.

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.

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.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista