

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **Ingeniería Ambiental**

“EFECTIVIDAD DE LA FITORREMEDIACIÓN
UTILIZANDO DE *EICHHORNIA CRASSIPES*
PARA REDUCIR MG, ZN, CU Y CD EN LAS
AGUAS DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO
MOCHE, 2022”

Tesis para optar al título profesional de:
Ingeniera Ambiental

Autora:

Ana Maria Montano Saavedra

Asesor:

Mg. Alvarado Obeso Ronald Antonio

<https://orcid.org/0000-0001-7264-6490>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	MAGDA ROSA VELÁSQUEZ MARIN
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	LIANA YSABEL CARDENAS GUTIERREZ
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	RONALD ANTONIO ALVARADO OBESO
	Nombre y Apellidos

INFORME DE SIMILITUD

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%	8%	3%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	press.religacion.com Fuente de Internet	1%
7	docplayer.es Fuente de Internet	1%

DEDICATORIA

La tesis está dedicada principalmente a mi esfuerzo personal tardío pero logrado, con ayuda de Dios brindándome sabiduría y apoyo de mi familia se logró un objetivo más en mi vida profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi madre por el apoyo brindado en todo mi trayecto universitario, a mi hermano por darme ánimos en cada momento de caída a mi padre por apoyarme económicamente en la universidad, y mis amigos más cercanos.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	12
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	32
1.3. OBJETIVOS	32
1.4. HIPÓTESIS	33
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	34
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	41
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	72
REFERENCIAS	76
ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Límites permitidos para metales pesados según DS N° 003-2010-MINAM _____	28
Tabla 2: Resultados del testigo determinado la concentración de los metales pesados: Cadmio, Cobre, Manganeso y Zinc presentes en el agua del Río Moche, altura de la bocatoma del canal Poroto alto, al largo de las 5 semanas. _____	44
Tabla 3: Resultados del análisis de concentración de Cadmio (Cd) presente en el agua del Río Moche al ser tratado con <i>Eichhornia crassipes</i> . _____	44
Tabla 4: Resultado del análisis de concentración de Cobre (Cu) presente en el agua del Río Moche al ser tratado con <i>Eichhornia crassipes</i> _____	45
Tabla 5: Resultados del análisis de concentración de Magnesio (Mn) presente en el agua del Río Moche al ser tratado con <i>Eichhornia crassipes</i> _____	46
Tabla 6: Resultados el análisis de concentración de Zinc (Zn) presente en el agua del Río Moche al ser tratado con <i>Eichhornia crassipes</i> en las 6 semanas _____	47
Tabla 7: Resultados de la concentración de los metales pesados: Cadmio, Cobre, Manganeso y Zinc presentes en el agua del Río Moche, altura de la bocatoma del canal poroto alto, tratados con <i>Eichhornia crassipes</i> al largo de las 5 semanas de tratamiento en el humedal artificial. _____	48
Tabla 8: Tabla de los metales pesados presentes en el agua del río moche, altura de la bocatoma del canal poroto bajo, entre el agua tratada con <i>Eichhornia Crassipes</i> (Tratamiento) y agua no tratada (Testigo). _____	48
Tabla 9: Crecimiento de la raíz de la <i>Eichornia crassipes</i> en el tratamiento _____	51
Tabla 10: Porcentajes de remoción de metales pesados presentes en el agua del río Moche, en el distrito de poroto, altura de la bocatoma del canal poroto alto, utilizando <i>Eichhornia crassipes</i> . _____	60
Tabla 11: Categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales _____	61
Tabla 12 Categoría 4 Conservación del ambiente acuático: _____	61

Tabla 13 *Análisis de Varianza para Tamaño - Suma de Cuadrados Tipo III* _____ 62

Tabla 14: *Pruebas de Múltiple Rangos entra las semanas de tratamiento y el crecimiento de las plantas *Eichhornia crassipes* contaminadas con agua del rio Moche.* _____ 62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema del procedimiento	37
Figura 2: Orden de las plantas en el humedal artificial	40
Figura 3: Contracción de Cadmio por semana	45
Figura 4: Concentración de Cobre por semana	46
Figura 5: Concentración de Manganeso por semana	47
Figura 6: Concentración de Zn por semana	47
Figura 7: Gráfica comparativa del Metal pesado Cadmio, entre el agua tratada con <i>Eichhornia Crassipes</i> (Tratamiento) contrastado el testigo o agua no tratada (Testigo).	49
Figura 8: Gráfica comparativa del Metal pesado Cobre, entre el agua tratada con <i>Eichhornia Crassipes</i> contrastado el testigo o agua no tratada.	49
Figura 9: Gráfica comparativa del Metal pesado Manganeso, entre el agua tratada con <i>Eichhornia Crassipes</i> contrastado el testigo o agua no tratada.	50
Figura 10: Gráfica comparativa del Metal pesado Zinc, entre el agua tratada con <i>Eichhornia Crassipes</i> contrastado el testigo o agua no tratada	50
Figura 11: Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°1 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados	52
Figura 12: Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°2 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados	52

- Figura 13:** Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°3 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados _____ 53
- Figura 14:** Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°3 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados _____ 54
- Figura 15:** Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°5 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados _____ 54
- Figura 16:** Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°6 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados _____ 55
- Figura 17:** Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°7 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados. _____ 55
- Figura 18:** Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°8 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados _____ 56
- Figura 19:** Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°9 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados _____ 56
- Figura 20:** Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°10 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados. _____ 57

- Figura 21:** *Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°11 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados.* _____ 57
- Figura 22:** *Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°12 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados.* _____ 58
- Figura 23:** *Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°13 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados* _____ 58
- Figura 24:** *Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°14 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados.* _____ 59

RESUMEN

El objetivo principal de la tesis fue se determinó la efectividad de la fitorremediación utilizando de *Eichhornia crassipes* para reducir Manganeso, Zinc, Cobre y Cadmio en las aguas de la cuenca baja del río Moche, debido a que la minería ilegal genera aguas contaminadas con estos metales y son arrojadas al río moche sin ningún proceso de descontaminación, el estudio de la tesis se realizó experimentalmente como una alternativa natural para la reducción de metales pesados en el río u otra fuente de agua con niveles altos de metales pesados, para ello se procedió a recolectar 50 L de agua del lugar mencionado de manera que se separaron 25 L en un recipiente acuático con las plantas y otro sin ellas por 5 semanas; se tal modo se analizaron los metales pesados pre y post tratamiento, y luego en el proceso se evaluó las medidas del pecíolo y radícula del jacinto de agua durante 5 semanas y finalmente se evaluó el porcentaje de remoción de los metales pesados comparando con los ECAS. Se obtuvo un resultado de reducción de 96.59% en Cadmio, 77.42% Cobre, 93.81% Zinc y 99.90% en Manganeso en conclusión *Eichhornia crassipes* posee una efectividad de remoción alta.

Palabras Clave: metales pesados, *Eichhornia crassipes*, fitorremediación

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La contaminación por metales pesados de la actividad minera tiene un impacto significativo en todo el mundo. Se estima que 23 millones de personas se ven afectadas por concentraciones potencialmente peligrosas de residuos tóxicos debido a la contaminación por minería metálica en ríos y llanuras aluviales, esta contaminación puede tener consecuencias graves para los ecosistemas y la salud humana (Li et al., 2020).

Esto ha llevado a buscar diferentes alternativas para retirar los metales pesados de las aguas residuales de las empresas mineras en todo el mundo, en particular el Cadmio por su elevada toxicidad en particular para los animales y humanos (Ghizal et al., 2019), en el caso del cobre, si bien es un micronutriente en las plantas el exceso es altamente dañino produciendo clorosis intervenal, necrosis, retraso en el crecimiento e inhibición del crecimiento radicular (Kumar et al., 2021). La contaminación por metales pesados es una de las razones porque las grandes transnacionales explotan minas en los países en desarrollo, ya que en sus países no podrían hacerlo ya que la contaminación por metales pesados es inherente al proceso minero (Odoh et al., 2019).

Perú no es ajeno a esta realidad, la actividad minera andina que se sirve de las aguas que en todo su recorrido sirven a la agricultura, consumo humano, y de las ciudades, de hecho existen estudios que señalan a todos los ríos contaminados con metales pesados debido a la actividad minera, así se documenta en los andes centrales (Custodio et al.,

2020) en los andes del sur (Velásquez Ramírez et al., 2020), en la amazonia (Salas Mercado et al., 2023),.

Los proyectos mineros en Perú, contaminan las aguas debido a los relaves de los procesos de flotación en la extracción metalúrgica de minerales, e incrementan el grado de contaminación en ríos, lagos, lagunas y en el mar, que son los receptores hídricos de las evacuaciones residuales provocadas por el hombre. La contaminación de aguas (reflejada en la alteración de su composición físico-química) por metales pesados a altas concentraciones como: Pb, Fe, Cu, Zn, As, Cr, Cd, Mg y algunos reactivos químicos concurrentes de los procesos, provenientes de las plantas (Yana et al., 2019).

La región La Libertad no es ajena a esa realidad, así las aguas de sus playas de Pacasmayo, Malabrigo (Chicama), Huanchaco, y Salaverry muestran elevados niveles de metales pesados que afectan la fauna marina (Rebaza Castillo et al., 2023), siendo uno de los más afectados el Río Moche, hasta la primera mitad del siglo XX pujante de fauna y flora fluvial, en la actualidad presenta altos niveles de contaminación documentados (Vasquez & Ruiz, 2023), los metales pesados han sido encontrados en los cultivos de arroz donde es evidente que la toxicidad hace tiempo llega a la cadena trófica humana (Zakaria et al., 2021), y en particular estudios específicos encontraron Cadmio, arsénico en las aguas del río Moche demostrándose los niveles tóxicos en toda la cadena trófica vegetal y animal (Rojas-Flores et al., 2024).

Como se revisado hasta acá la contaminación fluvial por metales pesados es un problema mundial y que también afecta las aguas del río Moche, Sobre este problema, se han probado a nivel mundial muchas soluciones, entre las que destacan su remoción de

las aguas a través de la absorción de plantas acuáticas, o microorganismos, siendo las plantas acuáticas las de mayor preferencia, en la actualidad es una opción de elección ya que la planta adecuada se puede mejorar para convertirla en una variedad extremófila o mejorarla mediante diversas técnicas biotecnológicas.

El jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), es una planta acuática de la familia de las Pontederiaceae ha demostrado tener capacidad de absorción de metales pesados, su efectividad es tal que ha sido motivo de múltiples estudios y modelamientos matemáticos en cuanto a su potencial de remover metales pesados (Kumar et al., 2020) (Nazir et al., 2020), lo que motiva la presente investigación.

A nivel internacional destacó (Kumar et al., 2020) en su investigación Modelos de regresión para la eliminación de metales pesados por jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) de aguas residuales de la industria de procesamiento de celulosa y papel. El modelado de regresión multivariante de la absorción de metales pesados por *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua:) cultivados en las aguas residuales de la industria de procesamiento de papel y celulosa. Los resultados mostraron que los modelos establecidos tenían un alto R^2 ($< 0,71$), un alto poder de eficiencia del modelo que oscilaba entre 0,72 y 0,99, un valor bajo de error del modelo, es decir, $< 0,07$ fue capaz de absorber el máximo contenido de metales pesados en sus partes vegetativas con una concentración de aguas residuales del 50%.

(Nazir et al., 2020), en su investigación potencial del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*.) para la fitorremediación de metales pesados de aguas residuales. Los datos de

las muestras colectadas fueron registrados y analizados estadísticamente, lo que reveló la significancia de los resultados para diferentes localidades. La absorción de metales se produjo en grados variables. La mayor absorción de metal por peso seco de jacinto de agua fue de 166,25 ppm para el cadmio y la menor de 0,032 ppm fue para el mercurio. En la muestra de agua, la mayor cantidad de metal fue de 177,25 ppm para el cadmio y la más baja de 0,012 ppm para el arsénico. A partir de nuestro estudio, se encontró que el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) absorbe cadmio (cd) metal de las aguas residuales en mayor cantidad en comparación con el arsénico y el mercurio.

(Zhou et al., 2020) en su artículo Eficiencia de la eliminación de Pb, Zn, Cd y Mn del agua kárstica por *Eichhornia crassipes*, Este estudio investigó experimentalmente la remoción y acumulación de metales pesados en la planta acuática *Eichhornia crassipes*. Se analizaron las concentraciones de Pb, Zn, Cd y Mn, la morfología de las plantas y los grupos funcionales de las plantas. *Eichhornia crassipes* logró una alta eficiencia de eliminación de Pb y Mn del agua kárstica (más del 79,5%), con una alta proporción de absorción de Pb, Zn y Cd en los primeros ocho días. Es probable que el Pb, el Cd, el Zn y el Mn se intercambien con el Mg, el Na y el K a través del intercambio catiónico. C≡C, C=O, SO₄²⁻, O-H, C-H y C-O desempeñaron diferentes funciones durante la absorción, lo que condujo a diferentes efectos de eliminación y acumulación.

(Robalino Camacho, 2020) en la tesis titulada “Fitorremediación usando *Eichhornia Crassipes* (jacinto de agua), en la planta de tratamiento de aguas residuales del recinto Pita, Caluma – Bolívar”. Este trabajo de investigación fue determinar cómo reacciona el sistema de fitorremediación mediante el uso de la especie *Eichhornia*

crassipes (jacinto de agua) en la disminución del nivel de los parámetros físico, químicos en la planta de tratamiento de aguas residuales municipales del recinto, la cual mediante el sistema de fitorremediación con el uso de la especie *Eichhornia crassipes* tiene la capacidad de estabilizar los parámetros más representativos como son el DBO Y DQO mientras que en los otros parámetros pH, nitritos, sólidos totales y conductividad eléctrica no presentaron una variabilidad debido a factores externos como el clima (lluvias) determinado en la investigación que se desarrolló en la planta de tratamiento de aguas residuales.

Mena Alberca & Rafael Campos (2017) Evaluación de la bioconcentración de dos especies de macrofitas acuáticas (*Eichhornia crassipes* y *Lemna spp*) en la fitorremediación de un medio contaminado con plomo con una concentración de 5ppm. Aplicaron 3 tratamientos, A (*Eichhornia crassipes*), B (*Lemna spp*) y C con ambas especies. se observó los cambios físicos en los respectivos tratamientos presentándose necrosis y también clorosis con el paso de los días. Por último, se analizó el medio acuoso como la biomasa de las especies vegetales, como resultados la especie que presento mejores resultados el tratamiento C ambas (*Lemna spp* y *Eichhornia crassipes*) presentando una remoción de 77.8% y un factor de bioconcentración mayor a 100, por lo que se concluye que ambas macrofitas acuáticas presentar mayor eficiencia en la fitorremediación de aguas contaminadas de plomo.

Gaballah et al., (2021) en su investigación Efecto de los parámetros de diseño y operación sobre la remoción de nutrientes y metales pesados en humedales piloto de tratamiento flotante con *Eichhornia Crassipes* tratando agua contaminada de lagos, El diseño experimental incluyó unidades con diferentes profundidades de agua (15, 25 y 35 cm; D15, D25, y D35, respectivamente) y cobertura vegetal (90, 70, 50 y 0%; P90, P70, P50, y P0, respectivamente). Los FTW piloto se monitorearon durante un ciclo de operación de 7 días para identificar la combinación óptima de diseño (cobertura de la planta, profundidad del agua) y operación. En general, el FTW con una cobertura de 70% de *E. crassipes*, una profundidad de agua de 25 cm y una TRH de 3 a 5 días se identificó como el diseño óptimo para la remediación efectiva del contaminado lago Marriott en Egipto.

Lima & Asencios, (2021) en su investigación *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (natural o carbonizado) como bioabsorbente para eliminar contaminantes en el agua señala que La prolífica hierba acuática *Eichhornia crassipes*, considerada una plaga en muchos países, puede causar daños como la obstrucción de los flujos de agua y perjudicar la locomoción de los barcos pesqueros. Sin embargo, *E. crassipes* es renovable, barata y ampliamente disponible en la naturaleza, y su capacidad para adsorber contaminantes recalcitrantes con propiedades mutagénicas y cancerígenas, incluidos tintes sintéticos y metales pesados, ha sido ampliamente estudiada por la comunidad científica. Por tanto tiene potencia utilizarse en las tecnologías actuales para el tratamiento de aguas contaminadas por metales pesados y tintes textiles.

Desde un enfoque nacional (costa- et al., (2021) en su investigación Eliminación de cobalto (II) de aguas contaminadas por la biomasa de *Eichhornia crassipes* Debido al aumento de la contaminación de los nichos acuáticos por diferentes metales pesados, se han estudiado diferentes tecnologías para eliminar estos contaminantes de fuentes acuáticas contaminadas. La remoción se evaluó a diferentes pH (4,0-8,0) durante 28 h. También se estudió el efecto de la temperatura en el rango de 20 °C a 50 °C y la eliminación a diferentes concentraciones iniciales de cobalto (II) de 100 a 500 mg/L. La mayor bioadsorción (100 mg/L) fue a las 28 h, a pH 5,0 y 28 °C, con una capacidad de remoción del 73,1%, lo que coincide con algunos reportes en la literatura. En cuanto a la temperatura, la mayor remoción fue a 50 °C, a las 28 h, con una remoción del 89%. Por lo tanto, la biomasa natural se puede utilizar para eliminarla de las aguas residuales industriales, incluso si in vivo, solo elimina el 17,3% en 4 semanas.

(Murillo et al., 2023) en su investigación Fitorremediación con *Schoenoplectus americanus* y *Eichhornia crassipes* en efluentes de cianuro señala que En el Perú, las industrias mineras auríferas utilizan cianuro en los procesos de lixiviación, siendo las principales fuentes de contaminación de los ecosistemas, actualmente se están utilizando técnicas con organismos vivos para absorber e inhibir el efecto de los contaminantes, como la fitorremediación que a través de plantas verdes se utilizan para eliminar los contaminantes expuestos de una zona, remediándola a su estado natural.. Por lo tanto, el uso de especies vegetales de fitorremediación para la absorción de cianuro es una buena alternativa ya que tiene ventajas ambientales debido a la no utilización de productos químicos, bajo costo y fácil implementación.

Lozada Muñoz (2019) en la tesis determina la eficiencia de 4 biomásas de *Eichhornia crassipes* en la remoción de cadmio en aguas residuales del tragadero Yacuchingana – Cajamarca la manera de distribución de las biomásas son primer tratamiento de 20 plantas , el segundo por 30, el tercero por 40 y el cuarto con 50 tanques separados cada uno se encuentra con 50 Lt de agua contaminada colocándolos en un lugar con luz y buena ventilación; los tratamientos se realizaron en tres espacios de tiempo 7, 14, 21 días. Antes de añadir las plantas fueron analizadas para ver su concentración inicial y final del cadmio, al culminar de realizar el experimento se determinó la eficiencia de la planta *Eichhornia crassipes* es eficiente en la absorción de metales pesados, se obtuvo como mayor resultado el tratamiento por 40 plantas y 21 días la fue más eficiente teniendo un 94.64 % de remoción de cadmio.

(Sandoval Vilchez, 2019) en su investigación Eficiencia del jacinto de agua *eichhornia crassipes* y lenteja de agua *lemna minor* en la remoción de cadmio en aguas residuales, as especies *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor L.* alcanzarán una eficiencia mayor a 70% en la remoción de cadmio para el tratamiento de aguas residuales industriales, Para la evaluación de la eficiencia de las macrófitas en la remoción de cadmio, se ha utilizado dos módulos piloto y agua simulada con concentración de 2 mg/l de cadmio bajo condiciones de laboratorio. El agua simulada se hizo circular a través de los módulos paralelamente, durante un periodo de once (11) días de ensayo y muestreadas para su análisis cada dos (02) días, se evidencia que *Eichhornia crassipes* presenta una

eficiencia de 83.57% mientras que *Lemna minor L.* presenta eficiencia de 39.35%, siendo el principal cambio morfológico la variación de color de las especies durante el ensayo.

Ayme & Ramos, (2020) *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor* y *Pistia stratiotes* como sorbentes de plomo, cobre y zinc en el tratamiento de aguas residuales, 2020 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. 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.

Desde un enfoque local. Ponce & Quispe, (2019) en su investigación Remoción de zinc de los efluentes de la minería informal de la quebrada Sacalla empleando plantas hidrófitas *Schoenoplectus californicus* y *Eichhornia crassipes* . La concentración inicial del Zinc fue de 11.28 ppm/l, después del tratamiento en el día 8 obtuvimos los siguientes porcentajes: tratamiento 1(18.15%), tratamiento 2(33.98%), tratamiento 3(44.88%), tratamiento 4(15.63%) y tratamiento 5(11.42%), después del tratamiento en el día 16 obtuvimos: tratamiento 1(71.39%), tratamiento 2(77.69%), tratamiento 3(88.12%), tratamiento 4(68.79%) y tratamiento 5(54.49%). Se concluyó que el tratamiento más eficiente es el tratamiento 3 (con 25 plantas de *Schoenoplectus californicus* (Totora) y 25

plantas de *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), en el día 8 con un porcentaje de remoción de 45.30% y en el día 16 con un porcentaje de remoción de 88.12%.

Remoción de metales pesados por plantas

La remoción de metales pesados por plantas (Fitorremediación) es una tecnología que utiliza plantas crecientes en aguas referido a lagos, ríos las cuales son favorables para eliminar o reducir la concentración de contaminantes en el suelo y agua. Una de las aplicaciones más importantes de la fitorremediación es la remoción de metales pesados.

Las plantas pueden remover metales pesados de diferentes maneras como: absorción a través de sus raíces, debido a que metales pesados se adhieren a la superficie de las raíces o las hojas de las plantas; precipitación, porque las plantas pueden precipitar los metales pesados en formas insolubles; volatilización, liberándolos a la atmósfera; esto se debe a dos propiedades, la primera es la hiper acumulación, son capaces de acumular grandes cantidades de metales pesados en sus tejidos sin sufrir daños y la tolerancia, debido crecer en suelos con altos niveles de metales pesados, pero no acumulan gran cantidades de estos en sus tejidos (Kumar et al., 2022).

La fitorremediación es una técnica ecológica y eficaz que puede reducir el daño de los contaminantes al medio ambiente ecológico y la salud humana mediante el uso de plantas para absorber, transferir o transformar los contaminantes. Los principales objetivos de la fitorremediación son el suelo, el agua y los sedimentos contaminados por

metales pesados, orgánicos e incluso elementos radiactivos, a través de la absorción, volatilización, degradación y estabilización por parte de las plantas, los contaminantes del suelo Lin et al., 2021

Algunas plantas pueden actuar como limpiadoras del medio ambiente. Sin embargo, es necesario mejorar el rendimiento y la eficiencia de la mayoría de las plantas, la eficiencia de la fitorremediación se puede mejorar mediante varios enfoques, como aumentar la biodisponibilidad de los metales, mejorar la biomasa de las plantas y disminuir el ciclo de fitorremediación (Shen et al., 2022).

Shmaefsky, (2020) señala que las plantas absorben metales pesados por diversos mecanismos, algunos de los mecanismos más importantes son: Absorción pasiva, los metales pesados disueltos en el suelo pueden ser absorbidos por las raíces de las plantas a través de un proceso llamado absorción pasiva, este proceso no requiere energía y ocurre a través de la ósmosis o difusión; Absorción activa, las plantas también pueden absorber metales pesados de forma activa, un proceso que requiere energía, implica el transporte de los metales pesados a través de la membrana plasmática de las células de las raíces; interacciones con la microbiota del suelo que juega un papel importante en la absorción de metales pesados por las plantas ya que las bacterias y otros microorganismos pueden ayudar a las plantas a absorber los metales pesados o, también existen el mecanismo de exclusión el cual la planta no permite el absorción de los metales pesados Estos

mecanismos pueden incluir la formación de barreras físicas en las raíces o la excreción de sustancias que en los metales pesados y los hacen menos disponibles para las plantas.

Al igual que el ser humano no puede filtrar la contaminación del ambiente, lo mismo sucede con las plantas, y es de acuerdo a su tolerancia y capacidad de acumulación que puede tener aplicaciones de fitorremediación, las cuales pueden ser desarrollados con técnicas de producción, biotecnología y genética a fin de lograr plantas que cada vez extraigan de forma mas optima y rentable los metales pesados (Chandra, 2021).

Fitorremediación con plantas acuáticas

La fitorremediación por plantas acuáticas es una técnica que utiliza plantas acuáticas para eliminar o reducir contaminantes del agua, se basa en la capacidad de las plantas acuáticas para absorber, acumular y metabolizar contaminantes presentes en el agua, sin embargo, requiere de una ingeniería precisa, sobre la concentración de contaminantes, la concentración optima que puede soportar y acumular la planta, o prolonga su vida útil, la cantidad de plantas (y superficie de humedal) para el número de plantas (biomasa) que permiten absorber (remover del agua o purificar) y monitoreo de parámetros si se desea usar como medio biotecnológico de purificación de aguas industriales con metales pesados, algunas plantas prometedoras con investigaciones de laboratorio probadas son *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), *Lemna minor* (lenteja de agua), *Salvinia molesta* (helecho de agua), *Typha latifolia* (espadaña), y *Phragmites australis* (carrizo) (Gajic et al., 2022).

Aguas residuales y metales pesados

Las aguas residuales son un tipo de agua que ha sido contaminada por el uso humano, esta agua puede contener una variedad de contaminantes, incluyendo: materia orgánica (residuos de alimentos, heces, etc.), nutrientes (nitrógeno, fósforo, etc.), patógenos (bacterias, virus, etc.) y metales pesados (mercurio, plomo, cadmio, etc. extremadamente tóxicos para los seres vivos), si bien estos contaminantes (por ejemplo metales pesados) están infinitesimalmente dispuestos en la naturaleza, el volumen procesado por las actividades mineras es inmenso y como tal hace que sobrepase largamente los límites permisibles por la legislación (Acheampong, 2020).

El agua residual de la actividad minera es de particular relevancia, ya que esta es la que contamina el ambiente con metales pesados, particularmente tóxicos para el medio ambiente, por otro lado, los procesos mineros usan ingentes cantidades de agua, y aunque formalmente cumplan con las reglamentaciones, en la práctica hay documentación abundante en todo el mundo y en particular en el Perú (Custodio et al., 2020) (Velásquez Ramírez et al., 2020), (Salas Mercado et al., 2023),. y la cuenca del río Moche (Vasquez & Ruiz, 2023), (Zakaria et al., 2021), (Rojas-Flores et al., 2024).

El agua como recurso ambiental y disposición de las aguas residuales.

El agua es uno de los recursos naturales más indispensable para la vida humana y el desarrollo de la sociedad, indispensable para beber, la agricultura, aseo, en primera instancia, necesaria para toda actividad industrial, el desarrollo de las urbes, y la industria ha hecho de que estas aguas se usen y luego se retornen aguas abajo o en el mar, causando daño al medio ambiente y a las personas, sea porque viven aguas más abajo o porque

viven de la actividad pesquera artesanal o se alimentan de los recursos pesqueros. En general, cuando se menoscaba el ambiente (el suelo, agua o aire) se afectan muchos derechos fundamentales de los demás (salud, desarrollo económico, vida, etc.) por ello, todas las legislaciones regulan su uso a través de normativas específicas. En nuestro país por su importancia el agua como recurso natural está consagrado en la constitución (CPP, 1992; Art. 2, inc. 22; y Capítulo II) y la ley general del medio ambiente. Este aspecto es totalmente importante, porque da la tutela jurídica de este recurso.

La legislación del agua en Perú se basa en la Constitución Política del Perú, que reconoce el agua como un derecho fundamental y un recurso natural esencial. La Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338) es la principal ley que regula el uso y gestión del agua en el país, esta ley establece que el agua es de dominio público y que su uso debe ser priorizado para el consumo humano, la salud pública, la agricultura y la industria. La Autoridad Nacional del Agua (ANA) es la entidad responsable de otorgar los derechos de uso de agua, y además los derechos de uso de agua pueden ser temporales o permanentes, y deben ser utilizados de manera eficiente y sostenible.

Respecto a las aguas residuales, la Ley General del Ambiente (Ley N° 28611) establece que las empresas industriales deben tratar sus aguas residuales antes de verterlas al medio ambiente, ha prescrito el Reglamento de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM) establece los límites permisibles

para la descarga de contaminantes en el agua y en caso de no cumplir con los límites permisibles pueden ser sancionadas por la ANA (Robles Gomez, 2023).

(Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias | SINIA, s. f.) se define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

Límites permisibles.

Queda claro entonces, que la entidad que contamina, debe tratar sus aguas residuales y retornarla de tal forma que su contenido este dentro de los límites permisibles que prescribe Reglamento de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM), siendo esto técnicamente accesible en el caso de residuos urbanos, agrarios entre otros, pero extremadamente difícil para residuos de determinadas industrias como la minería que por el volumen de mineral que procesa diariamente sus aguas residuales contienen elevados niveles de metales pesados (Zn, Cu, Cr, Cd, Pb, Hg, entre otros) los cuales son técnica y económicamente difíciles de extraer y representan un reto para el sector minero (Odar Chuye, 2019).

El Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, Aprueba los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, también establece límites permisibles

para la descarga de **metales pesados** en el agua. Estos límites se establecen en función de la **clase de agua** del cuerpo receptor.

Las clases de agua se definen de la siguiente manera:

Clase I: Agua apta para la protección de la vida acuática, la navegación, la recreación y la pesca.

Clase II: Agua apta para la irrigación de cultivos no restringidos, la ganadería y la industria.

Clase III: Agua apta para la irrigación de cultivos restringidos y la industria.

Clase IV: Agua apta para la generación de energía hidroeléctrica y la industria.

Tabla 1:

Límites permitidos para metales pesados según DS N° 003-2010-MINAM

Metal	Clase I (mg/L)	Clase II (mg/L)	Clase III (mg/L)	Clase IV (mg/L)
Antimonio (Sb)	6	0.01	0.05	0.1
Arsénico (As)	0.01	0.05	0.1	0.2
Cadmio (Cd)	1	2	5	0.01
Cobre (Cu)	2	0.01	0.05	0.1
Cromo (Cr)	0.05	0.1	0.5	1
Hierro (Fe)	0.5	1	5	10
Mercurio (Hg)	1	2	5	1
Níquel (Ni)	2	0.01	0.05	0.1
Plomo (Pb)	1	5	25	0.05
Zinc (Zn)	0.05	0.1	0.5	1

Toxicidad del Cobre y Zinc para las Plantas y Animales

Los efectos del cobre y zinc es un micronutriente esencial para las plantas y los animales. Sin embargo, en concentraciones elevadas, el zinc puede ser tóxico producido Clorosis, que se manifiesta cuando las hojas pueden volverse amarillas debido a la interferencia del zinc con la producción de clorofila; produce necrosis, cuando las hojas y los tallos pueden morir si la concentración de zinc es demasiado alta; también produce retraso en el crecimiento por la toxicidad del zinc, además de que la producción de frutos y semillas puede verse reducida (Kaur & Garg, 2021).

Loa efectos del cobre y zinc en los animales son toxicidad aguda, los animales pueden experimentar síntomas como diarrea, vómitos, temblores y convulsiones si ingieren grandes cantidades de zinc; toxicidad crónica, cuando exposición prolongada al zinc puede causar anemia, problemas de crecimiento, problemas reproductivos y daños en el sistema nervioso. Forma del zinc: El zinc soluble en agua es más tóxico que el zinc insoluble pH del suelo: La toxicidad del zinc es mayor en suelos ácidos (Pajarillo et al., 2021) (Myers & Carlson, 2019).

Toxicidad del Cadmio

El cadmio es un metal pesado que no tiene ninguna función biológica conocida en las plantas o los animales. Es un contaminante ambiental que es tóxico para ambos. Como efectos del cadmio reduce la germinación de las semillas, el crecimiento temprano de las plántulas y la biomasa vegetal. Provoca cambios en la fotosíntesis, el contenido relativo de agua, la tasa de transpiración, la conductancia estomática y la fuga de electrolitos. El cadmio activa las especies reactivas de oxígeno que inducen aberraciones cromosómicas,

mutaciones genéticas y daños en el ADN que afectan el ciclo celular y la división celular. En respuesta, las plantas han aplicado varias estrategias adaptativas para superar y reducir los efectos tóxicos del Cd. Los principales mecanismos de desintoxicación son la exclusión y la acumulación de Cd en partes específicas de la planta. Otros mecanismos como la síntesis de hormonas vegetales, la activación del sistema antioxidante y la producción de fitoquelatinas y prolina son extremadamente útiles en la tolerancia de las plantas al Cd. Además, los microorganismos del suelo juegan un papel crucial en la tolerancia al Cd en las plantas al disminuir la fitodisponibilidad de los metales y aumentar los parámetros morfológicos y fisiológicos de la planta (El Rasafi et al., 2022)

Los efectos del Cadmio en los Animales inician con la toxicidad aguda manifestando síntomas como diarrea, vómitos, temblores y convulsiones si ingieren grandes cantidades de cadmio, con el tiempo se convierte en toxicidad crónica debido a la exposición prolongada al cadmio puede causar anemia, problemas de crecimiento, problemas reproductivos (teratogénicos), daños en los riñones y cáncer; por otro lado el cadmio puede bioacumularse en los animales, lo que significa que los niveles de cadmio en los animales pueden aumentar a lo largo de la cadena alimentaria (Zhang & Reynolds, 2019).

Efectos del Cadmio en los seres humanos

Aunque es un componente natural del medio ambiente, la actividad humana ha aumentado significativamente los niveles de cadmio en los medios ambientales relevantes para la exposición de la población. Los efectos del cadmio en la salud humana son preocupantes y pueden variar según la dosis, la duración y el tipo de exposición,

habiéndose demostrado daño renal: debido a que produce daño tubular y glomerular; daño al sistema esquelético dado que la exposición prolongada al cadmio puede disminuir la mineralización ósea y aumentar el riesgo de fracturas óseas, afecta la función pulmonar y contribuir al desarrollo de enfermedades como la enfisema y además de su teratogenicidad, se ha clasificado como un carcinógeno humano, lo que significa que puede aumentar el riesgo de cáncer (Genchi et al., 2020).

El jacinto de agua, (*Eichhornia crassipes*), es una planta acuática de la familia de las pontederiaceae. tiene bulbos con aire que le permiten flotar y da flores moradas, es originaria de las aguas dulces de las regiones cálidas de América del sur, en las cuencas amazónica, y del plata, se distribuye en ríos, lagos y charcas, su abundancia cambia drásticamente las condiciones de los humedales, actualmente ha colonizado casi todos los continentes donde se convierte en un especie invasora, está incluida en la lista de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo (Nazir et al., 2020).

La fitorremediación, el uso de plantas para eliminar contaminantes del medio ambiente, se ve limitada por su consumo de tiempo debido al ciclo natural de las plantas, que es largo, pero en plantas altamente productivas como *E. crassipes* está desventaja puede no ser significativa. Además, la fitorremediación funciona mejor cuando los contaminantes vertidos al medio ambiente están al alcance de las raíces de las plantas. Así, la formación de densos mantos en la superficie del agua por parte de la planta y su sistema de raíces fibrosas mejora su propagación y el grado en que los contaminantes vertidos al sistema de agua llegan a sus raíces. Asimismo, sus hojas anchas pueden tolerar altas concentraciones de metales. Así, *E. crassipes* posee las cualidades que favorecen su

potencial uso en la fitorremediación de aguas y aguas residuales. Existen trabajos limitados en la literatura sobre la capacidad fitorremediadora de *E. crassipes* los efectos de *E. crassipes* relacionados con el sitio en la remediación de la contaminación por metales, mientras que la fitorremediación generalmente depende de la edad de la planta, el grado de contaminación del sitio, la capacidad de las plantas para acumular grandes cantidades de metales en sus tejidos y otros factores bioquímicos. También hay datos limitados sobre la capacidad de *E. crassipes* para remediar un amplio espectro de metales, particularmente los altamente tóxicos, y datos limitados sobre la fitorremediación de cuerpos de agua contaminados en comparación con la remediación de suelos que es más común (Singh et al., 2022).

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la Efectividad de la fitorremediación utilizando de *Eichhornia crassipes* para reducir Mg, Zn, Cu y Cd en las aguas de la cuenca baja del río Moche, 2022?

1.3. Objetivos

Objetivo general

Determinar la efectividad de la fitorremediación utilizando de *Eichhornia crassipes* para reducir Mg, Zn, Cu y Cd en las aguas de la cuenca baja del río Moche, 2022.

Objetivos específicos

- Determinar la concentración pre y post tratamiento de Mg, Zn, Cu, Cd en muestras de agua del río moche durante el proceso de fitorremediación.
- Evaluación radicular y del pecíolo del *Eichhornia crassipes* durante la fitorremediación.
- Determinar el porcentaje de remoción de Mg, Zn, Cu, Cd utilizando la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* y realizar la comparación con los ECA según su tipo uso.

1.4. Hipótesis

La fitorremediación utilizando de *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) muestra un elevado grado de efectividad disminuyendo la concentración de los metales pesados, mejorando la calidad del agua del río Moche en los niveles de Cd, Cu, Mn, Zn.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Experimental, la investigación experimental se caracteriza por la manipulación intencionada de la variable independiente y el análisis de su impacto sobre una variable dependiente (Ramos Galarza, 2021).

Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

Población:

(López, 2004) Es el conjunto de personas u objetos de los que se desea conocer algo en una investigación. Se consideró las aguas del Río moche contaminada por metales pesados de la cuenca media baja del Río Moche.

Muestra:

Se tomo una muestra simple o puntal de la cual se extrajo cincuenta (50) litros de agua, siguiendo los procedimientos como lo señala el protocolo antes mencionado, en la ubicación de la localidad de Poroto, específicamente la bocatoma del Canal poroto bajo, cuyas coordenadas UTM son 747858E – 9113639N a una altura de 700 m.s.n.m.

2.2. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnica de investigación:

En el presente capítulo se detallarán los procedimientos, materiales y equipos técnicos que se emplearon en los diversos experimentos y poder así alcanzar nuestros objetivos.

Ensayos de Laboratorio se realizará por el método de absorción atómica y análisis instrumental.

2.3.2. Instrumento:

- GPS- Garmin modelo: GPSMAP 64sc
- Regla.

2.3.3. Materiales

- Envases de polietileno esterilizados
- Guantes
- Lapiceros
- Plumón indeleble.
- Cámara fotográfica
- Mandíl
- Mascarilla.
- 14 plantas de jacinto de agua
- Rejilla de metal
- Pecera
- Plástico
- Hilo nailon
- 50 litros de agua del Rio moche.
- Laptop
- Tablas de datos

2.3.4. Análisis de datos

a) Análisis de metales pesados en el Agua:

Las muestras de agua del río moche, tratamiento y testigo para el análisis de metales pesados de Cadmio, Cobre, Manganeseo y Zinc; serán analizados en el laboratorio AGQ LAB mediante el método de espectro fotogrametría de absorción atómica de acuerdo a lo establecido en el manual de procedimientos analíticos para aguas y efluentes.

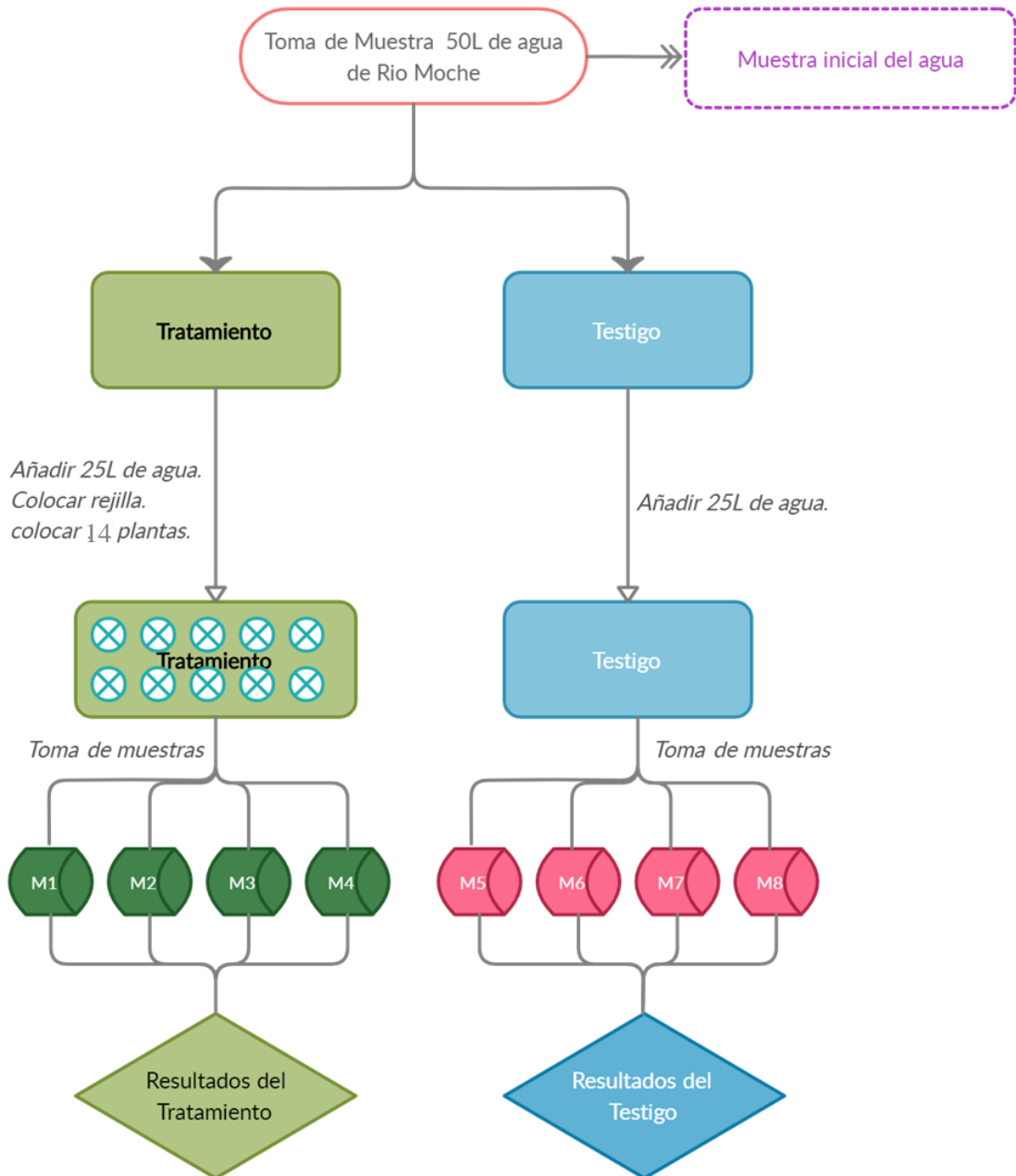
b) Procesamiento de datos:

Para el procesamiento de los datos llenaron los datos correspondientes a las tablas, la cuál consiste en analizar la evolución de la planta y la reducción de los metales pesados con el pasar del tiempo (semanas), mediante el análisis de varianza - ANOVA multifactorial con el programa Statgraphic, el presente experimento se llevó a cabo exsitu; desde la en el día cero (0) día en el que se extrajo la muestra de agua a tratarse, hasta el día 35 tomando los datos de acuerdo al tamaño de la raíz y también se midió el peciolo y la lámina.

Asimismo, se llenó los resultados en las tablas donde se detallarán los resultados del análisis de metales pesados en el agua, los cuales fueron analizados en el laboratorio AGQ LAB, y su concentración a lo largo de los días.

2.4 Procedimiento.

Figura 1:
Esquema del procedimiento



a) Toma de Muestra de Agua:

Para la toma de la muestra de agua se siguió el protocolo nacional para el monitoreo de los recursos hídricos superficiales de la Autoridad Nacional del Agua con aprobación de la Resolución Jefatural (R.J. No 010-2016-ANA, s. f.) , donde se tomó una muestra de agua puntual, la cuál representa la las condiciones y características del cuerpo agua original, el punto donde se tomó la muestra de agua fue tomado con el sistema de posicionamiento global (GPS), este punto tiene como referencia la bocatoma del canal Poroto bajo con coordenadas UTM 747858E – 9113639N zona 17S a una altura de 700 m.s.n.m. a este punto de muestreo se le asigno el código RMOCH1.

Para la realización del monitoreo se utilizó los equipos de protección personal, como guantes, mandil, mascarilla y envases esterilizados. Se garantizó el acceso al mencionado punto, así mismo se realizó el análisis del entorno para llenar los anexos correspondientes (anexo I: Observaciones de registro de campo). La muestra de agua fue tomada del centro del río donde el agua es homogénea evitando aguas estancadas y poco profundas.

Se tomó el frasco evitando tocarlo internamente, se enjuago dos (02) veces antes de tomar la muestra, el envase se puso en dirección contraria al flujo del agua evitando tomar agua con suciedad o sedimentos, una vez tomada la muestra se pasó a rotular y etiquetar el envase con los datos (Identificado de la muestra (ID) Localización de la muestra; Fecha y hora de muestro; Parámetro según corresponda). Y posteriormente se

guardó en un cooler y se transportar por medio terrestre hasta el laboratorio de la universidad nacional donde se analizará los metales de Pb y Cd.

b) Adquisición de planta *Eichhornia crassipes* (Jacinto de Agua):

Para la Adquisición de la planta *Eichhornia crassipes* la cuál se utilizará en el tratamiento del agua contaminada de metales pesados, se realizó mediante un tercero, quién se encarga del sembrío y comercialización de esta planta acuática, la cual da en la localidad del distrito de Laredo.

c) Contenedores acuáticos:

Los contenedores (02) poseen las siguientes medidas: Largo (L) 0.50 m; Ancho (A) 0.25 m; Altura (h) 0.22 m, estas medidas están dadas para retener veinticinco (25) litros de agua y para que puedan almacenar catorce (14) plantas de jacintos de agua debidamente distribuidas y a su vez debe ser herméticamente sellada para evitar que el agua filtre.

d) Instalación de acuario:

El humedal se hizo ex situ, instalándose en vivienda de la tesista ubicada en el distrito de Trujillo, en el primer contenedor o tratamiento se adecuo con una rejilla, y se vaciar 25 litros del agua tomada del río moche, asimismo se instaló las plantas; dejando que las raíces tengan contacto con el agua para su fitorremediación.

El segundo contenedor o testigo no se le instalo ningún implemento solo se vació los 25 litros de agua, del cual se le sacara al mismo tiempo que el tratamiento las muestras de agua.

Figura 2:
Orden de las plantas en el humedal artificial

ORDEN DE LAS PLANTAS EN EL ACUARIO			
Planta 1		Planta 2	
Planta 3		Planta 4	
Planta 5		Planta 6	
Planta 7		Planta 8	
Planta 9		Planta 10	
Planta 11		Planta 12	
Planta 13		Planta 14	

2.3.5 ASPECTOS ÉTICOS

En lo que respecta la presente investigación se realizará una base de datos o se nos brindará, por respeto a ello se velará la confiabilidad del registro de datos brindados, cabe resaltar que, se están considerando aspectos éticos pertinentes en la citación adecuada haciendo uso del Manual de redacción de la Universidad Privada del Norte.

Según (Acevedo Pérez, 2002) el investigador debe esforzarse por citar correctamente para poder hallar el grado de originalidad de la investigación, realizándose ello se presenta con datos legítimos y confiables.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Objetivo General: Determinar la efectividad de la fitorremediación utilizando de *Eichhornia crassipes* para reducir Mg, Zn, Cu y Cd en las aguas de la cuenca baja del río Moche.

Los resultados, debido a la habilidad que tiene esta macrófita acuática (*Eichhornia crassipes*), para asimilar, todos los constituyentes del agua contaminados con metales pesados: Cadmio, cobre, Manganeseo y Zinc considerandos como los metales pesados contaminantes, en las aguas del Río Moche, la cual como muestra se obtuvo de la bocatoma del canal Poroto bajo; de acuerdo a la tabla N°09 muestran las medidas promedio en centímetros (cm) de la planta de la raíz y el pecíolo + lamina de cada planta de las 05 semanas que dura el tratamiento en el humedal artificial ya que en la semana 1 son los valores de las plantas antes de estar en contacto con el agua contaminada con metales pesados.

Así mismo en las tablas N° 3, 4, 5 y 6 nos muestran los resultados del análisis físico químicos del agua del Río Moche donde obtenemos los resultados de los metales pesados de Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Manganeseo (Mn) y Zinc (Zn) respectivamente, así mismo en las figuras N°3, 4, 5 y 6 representan los promedios de las variaciones de las concentraciones de los metales pesados en el agua del tanque acuático y el tratamiento;

el cual contiene 14 plantas de *Eichhornia crassipes*, el tratamiento en el tanque acuático tuvo una duración de 05 semanas, cabe señalar que la semana 1 (S1) es la semana donde se obtuvieron los parámetros y medidas iniciales del agua y las plantas respectivamente.

En la tabla N° 02 y 07 se muestran los resultados del testigo y tratamiento, en el testigo el cual no tuvo ningún tipo de tratamiento, en dicho recipiente se dejó reposar el agua las cinco (05) semanas al igual que el tratamiento, los resultados obtenidos de la concentración de metales pesados de cadmio, cobre, manganeso y zinc no varían, a lo largo de las semanas se mantienen constantes y son los mismo. Por lo tanto, por sedimentación el agua sigue conteniendo metales pesados, ya que necesitan de algún agente externo (planta bacteria, etc.) que absorba estos metales pesados presentes en el agua del río moche.

En la tabla N°11: se realizó el análisis de Varianza Multifactorial en el programa Statgraphic, donde La tabla ANOVA descompone la variabilidad de Tamaño en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que los 2 valores-P son menores que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre Tamaño con un 95.0% de nivel de confianza.

En la tabla N°12 Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple de rangos para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. En esta tabla muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se

encuentra al lado de los 350 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza, por lo tanto, si existe una significancia entre el tamaño y el nivel de crecimiento y este a su vez con la disminución de los metales pesados: Cadmio, Cobre, Manganeso y Zinc presentes en el agua del río Moche.

En la tabla N°08 podemos observar la tabla comparativa de los metales pesados: Cadmio, Cobre, Manganeso y Zinc entre el tratamiento que contiene *Eichhornia crassipes* y el testigo que no contiene la mencionada planta, así mismo en las figuras N° 07, 08, 09 y 10, nos muestran el contraste entre el tratamiento y el testigo donde podemos observar una clara disminución en los metales pesados, con el transcurso del transcurrir de las cinco semanas que dura el proyecto, siendo S1 nuestro punto de partida.

Para realizar el cálculo la Efectividad o porcentaje remoción de los metales pesados: Cadmio, Cobre, Manganeso y Zinc, presentes en el agua del Río moche, distrito de Poroto con *Eichhornia crassipes*, se determinó de la siguiente manera:

$$\%R = \frac{W1 - W2}{W1} * 100$$

Dónde:

%R = Remoción de metales pesados tratados con *Eichhornia crassipes*

W1 = Concentración inicial de Cd, Cu, Mn y Zn

W2 = Concentración final de Cd, Cu, Mn y Zn

Dicha ecuación a sido utilizada en la tabla N°10 para determinar el % de efectividad o remoción del metal pesado obteniendo los siguientes resultados: 96.59% en el cadmio, un 77.42% en el metal Cobre, un 99.90% en el metal Manganeseo y en el metal Zinc un porcentaje de remoción del 93.81%, determinando que la planta a través de sus propiedades disminuye la concentración de los metales pesados presentes en el agua, por medio de la fitorremediación.

Objetivo 1: Determinar la concentración pre y post tratamiento de Mg, Zn, Cu, Cd en muestras de agua del río moche durante el proceso de fitorremediación.

Tabla 2:

Resultados del testigo determinado la concentración de los metales pesados: Cadmio, Cobre, Manganeseo y Zinc presentes en el agua del Río Moche, altura de la bocatoma del canal Poroto alto, al largo de las 5 semanas.

SEMANAS	Testigo			
	METALES PESADOS (mg/L)			
	Cadmio	cobre	Manganeseo	Zinc
S01	0.00352	0.0279	1.0146	0.323
S02	0.00352	0.0279	1.0146	0.323
S03	0.00352	0.0279	1.0146	0.323
S04	0.00352	0.0279	1.0146	0.323
S05	0.00352	0.0279	1.0146	0.323
S06	0.00352	0.0279	1.0146	0.323

Tabla 3:

*Resultados del análisis de concentración de Cadmio (Cd) presente en el agua del Río Moche al ser tratado con *Eichhornia crassipes*.*

	RMOCH01	HTRUJ01	HTRUJ02	HTRUJ03	HTRUJ04	HTRUJ05
Metales/Semana	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Cadmio	0.00352	0.00005	0.0007	0.00014	0.00012	0.00012

Figura 3:
Contracción de Cadmio por semana

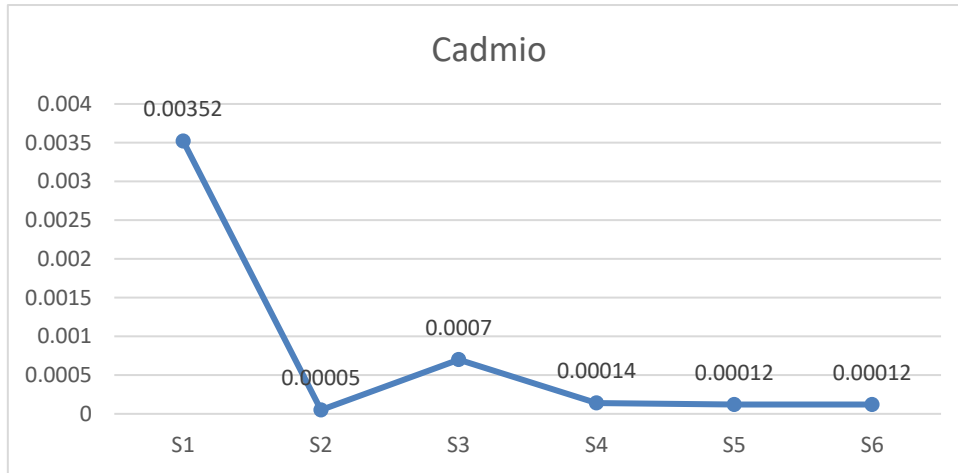


Tabla 4:
*Resultado del análisis de concentración de Cobre (Cu) presente en el agua del Río Moche al ser tratado con *Eichhornia crassipes**

	RMOCH01	HTRUJ01	HTRUJ02	HTRUJ03	HTRUJ04	HTRUJ05
Metales/Semana	S1	S2	S3	S4	S5	S6
cobre	0.0279	0.0032	0.037	0.0077	0.0063	0.0063

Figura 4:
Concentración de Cobre por semana

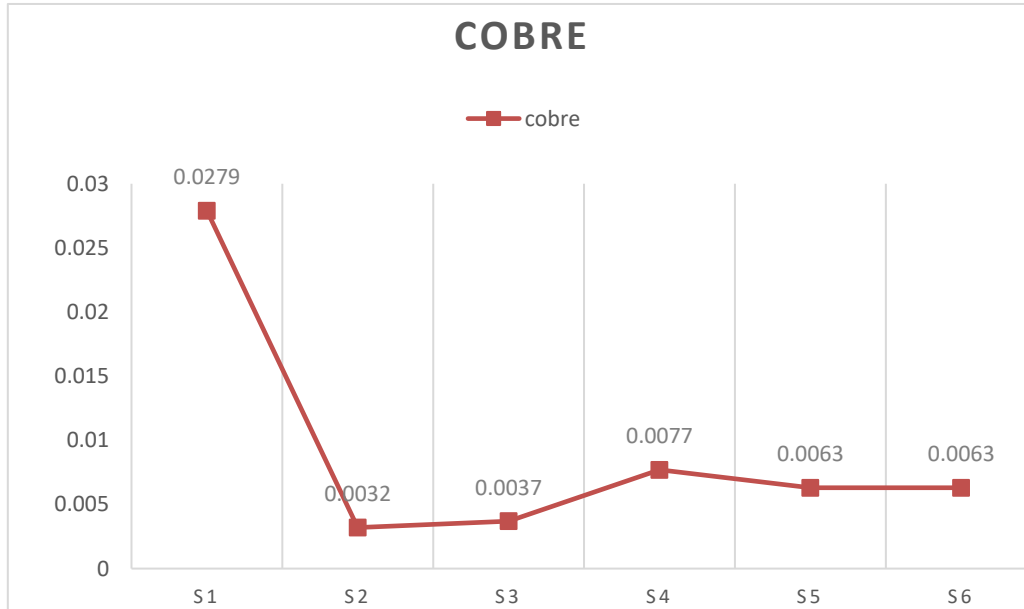


Tabla 5:
Resultados del análisis de concentración de Magnesio (Mn) presente en el agua del Rio Moche al ser tratado con *Eichhornia crassipes*

	RMOCH01	HTRUJ01	HTRUJ02	HTRUJ03	HTRUJ04	HTRUJ05
Metales/Semana	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Manganeso	1.0146	0.00087	0.00082	0.00149	0.00105	0.00105

Figura 5
Concentración de Manganeso por semana

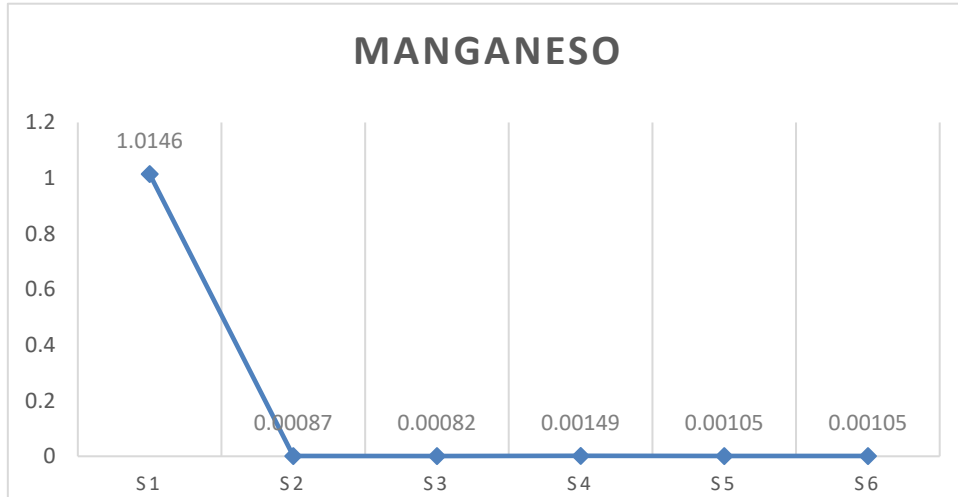


Tabla 6:
Resultados el análisis de concentración de Zinc (Zn) presente en el agua del Rio Moche al ser tratado con *Eichhornia crassipes* en las 6 semanas

	RMOCH01	HTRUJ01	HTRUJ02	HTRUJ03	HTRUJ04	HTRUJ05
Metales/Semana	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Zinc	0.323	0.031	0.02	0.031	0.02	0.02

Figura 6:
Concentración de Zn por semana

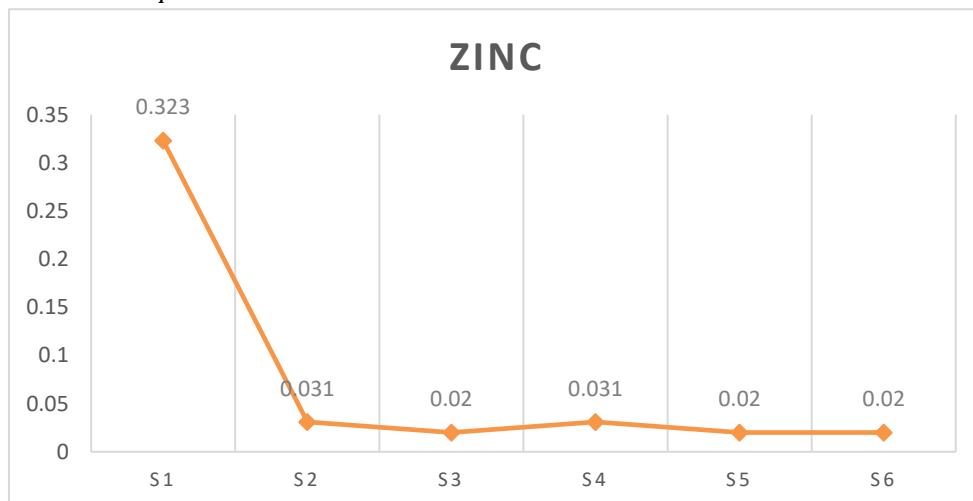


Tabla 7:

Resultados de la concentración de los metales pesados: Cadmio, Cobre, Manganeso y Zinc presentes en el agua del Río Moche, altura de la bocatoma del canal poroto alto, tratados con *Eichhornia crassipes* al largo de las 5 semanas de tratamiento en el humedal artificial.

SEMANAS	Tratamiento			
	METALES PESADOS (mg/L)			
	Cadmio	cobre	Manganeso	Zinc
S01	0.00352	0.0279	1.0146	0.323
S02	0.00005	0.0032	0.00087	0.031
S03	0.0007	0.0037	0.00082	0.02
S04	0.00014	0.0077	0.00149	0.031
S05	0.00012	0.0063	0.00105	0.02
S06	0.00012	0.0063	0.00105	0.02

Tabla 8:

Tabla de los metales pesados presentes en el agua del río moche, altura de la bocatoma del canal poroto bajo, entre el agua tratada con *Eichhornia Crassipes* (Tratamiento) y agua no tratada (Testigo).

Semanas	METALES PESADOS (mg/L)			
	Cadmio	cobre	Manganeso	Zinc
Tra S01	0.00352	0.0279	1.0146	0.323
Tes S01	0.00352	0.0279	1.0146	0.323
Tra S02	0.00005	0.0032	0.00087	0.031
Tes S02	0.00352	0.0279	1.0146	0.323
Tra S03	0.0007	0.0037	0.00082	0.02
Tes S03	0.00352	0.0279	1.0146	0.323
Tra S04	0.00014	0.0077	0.00149	0.031
Tes S04	0.00352	0.0279	1.0146	0.323
Tra S05	0.00012	0.0063	0.00105	0.02
Tes S05	0.00352	0.0279	1.0146	0.323
Tra S06	0.00012	0.0063	0.00105	0.02
Tes S06	0.00352	0.0279	1.0146	0.323

Figura 7:
Gráfica comparativa del Metal pesado Cadmio, entre el agua tratada con *Eichhornia Crassipes*(Tratamiento) contrastado el testigo o agua no tratada (Testigo).

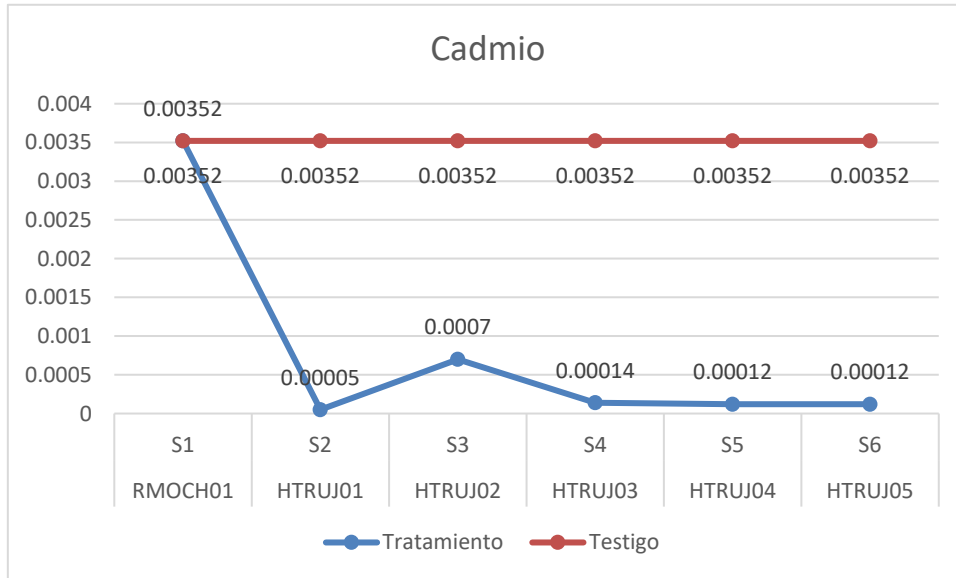


Figura 8:
Gráfica comparativa del Metal pesado Cobre, entre el agua tratada con *Eichhornia Crassipes* contrastado el testigo o agua no tratada.

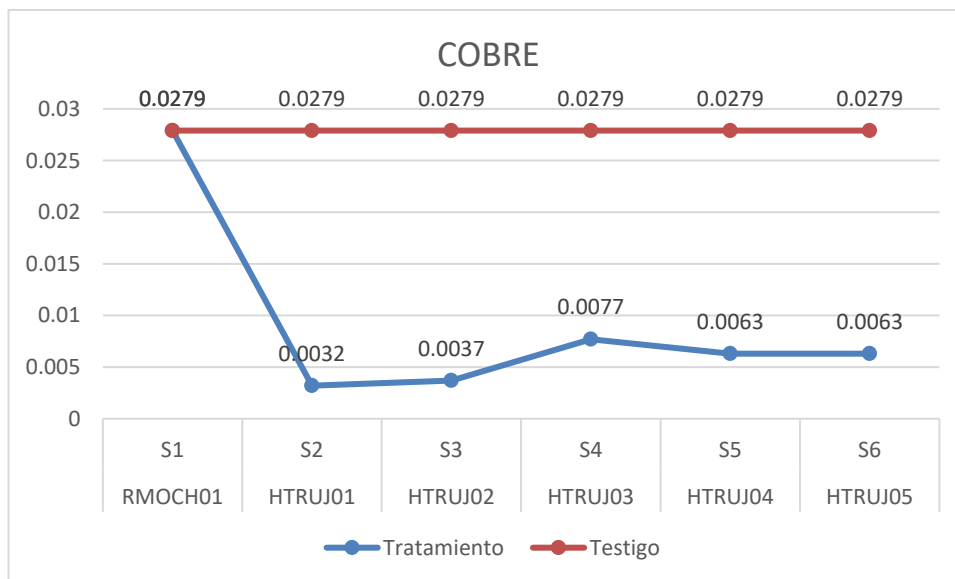


Figura 9:
Gráfica comparativa del Metal pesado Manganeseo, entre el agua tratada con *Eichhornia Crassipes* contrastado el testigo o agua no tratada.

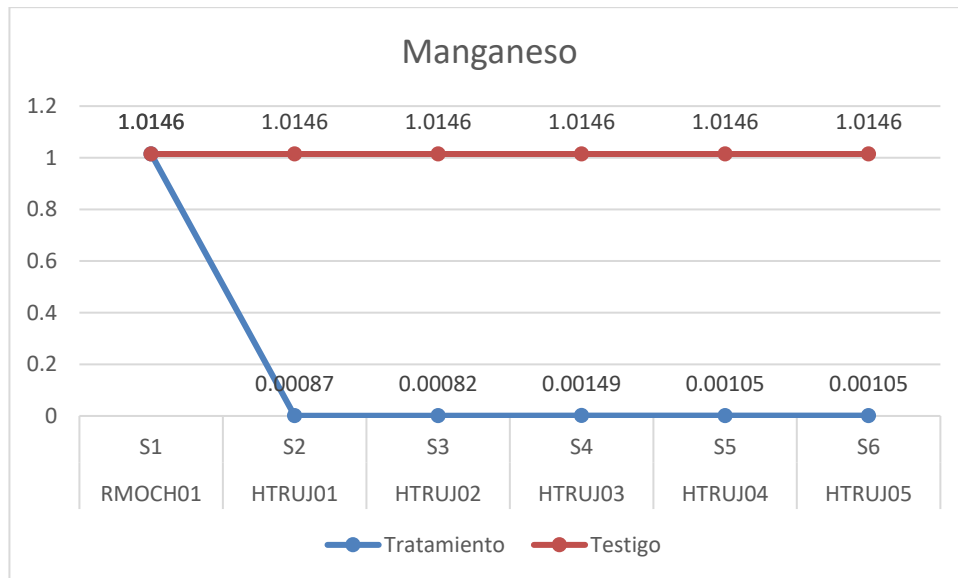
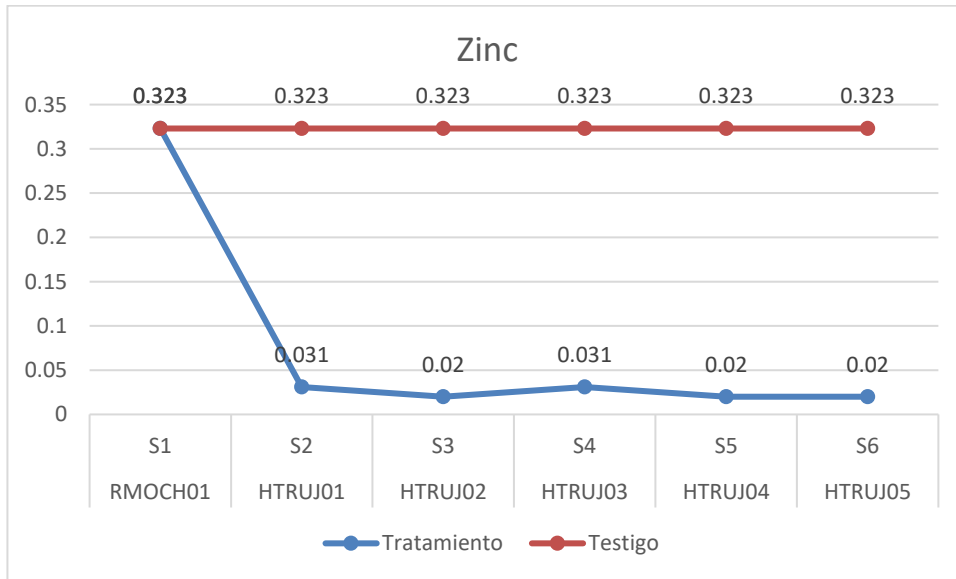


Figura 10:
Gráfica comparativa del Metal pesado Zinc, entre el agua tratada con *Eichhornia Crassipes* contrastado el testigo o agua no tratada



Objetivo 2: Evaluación radicular y del pecíolo del *Eichhornia crassipes* durante la fitorremediación.

Tabla 9:
Crecimiento de la raíz de la *Eichhornia crassipes* en el tratamiento

Número de planta	Parte de la planta	Tamaño promedio de Raíces- Pecíolo y Lamina (cm) por Semanas					
		s1	s2	s3	s4	s5	s6
P1	RAÍZ	16.1	16.7	17.7	18.3	19.2	18.0
	PECÍOLO-LÁMINA	11.5	11.8	12.6	13.0	13.7	12.3
P2	RAÍZ	25.9	27.0	28.9	29.6	30.6	29.0
	PECÍOLO-LÁMINA	10.4	10.7	11.4	11.8	12.5	11.4
P3	RAÍZ	8.0	8.3	8.8	9.0	9.5	7.8
	PECÍOLO-LÁMINA	7.2	7.4	7.9	8.1	8.5	6.6
P4	RAÍZ	21.4	22.1	23.5	24.6	25.7	24.5
	PECÍOLO-LÁMINA	8.4	8.8	9.4	9.7	10.1	8.6
P5	RAÍZ	29.6	30.5	32.4	32.9	34.3	33.3
	PECÍOLO-LÁMINA	7.9	8.2	8.7	8.9	9.4	8.3
P6	RAÍZ	20.0	20.4	21.7	22.4	23.6	22.3
	PECÍOLO-LÁMINA	8.1	8.5	8.8	9.4	9.7	8.1
P7	RAÍZ	22.9	24.4	25.9	26.9	28.4	26.7

	PECÍOLO-LÁMINA	8.1	8.4	9.0	9.3	9.8	8.7
P8	RAÍZ	31.2	32.7	34.6	36.0	37.6	35.7
	PECÍOLO-LÁMINA	9.4	9.9	10.5	11.2	11.8	10.9
P9	RAÍZ	21.6	22.7	24.1	24.7	26.4	25.7
	PECÍOLO-LÁMINA	13.6	14.3	15.5	15.9	16.7	15.6
P10	RAÍZ	16.4	17.0	18.2	19.2	20.5	19.7
	PECÍOLO-LÁMINA	8.5	9.0	9.6	9.9	10.4	9.7
P11	RAÍZ	19.4	20.3	21.2	22.2	23.5	22.5
	PECÍOLO-LÁMINA	8.6	9.0	9.6	10.0	10.5	8.8
P12	RAÍZ	35.8	36.7	37.8	39.0	40.4	39.5
	PECÍOLO-LÁMINA	8.2	8.4	9.0	9.1	9.5	8.3
P13	RAÍZ	27.1	28.6	30.5	31.3	32.8	31.7
	PECÍOLO-LÁMINA	9.2	9.9	10.7	11.1	11.7	10.0
P14	RAÍZ	12.8	13.1	13.8	14.4	15.3	14.1
	PECÍOLO-LÁMINA	27.6	28.3	30.1	31.0	32.3	30.8

Figura 11:

Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°1 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados

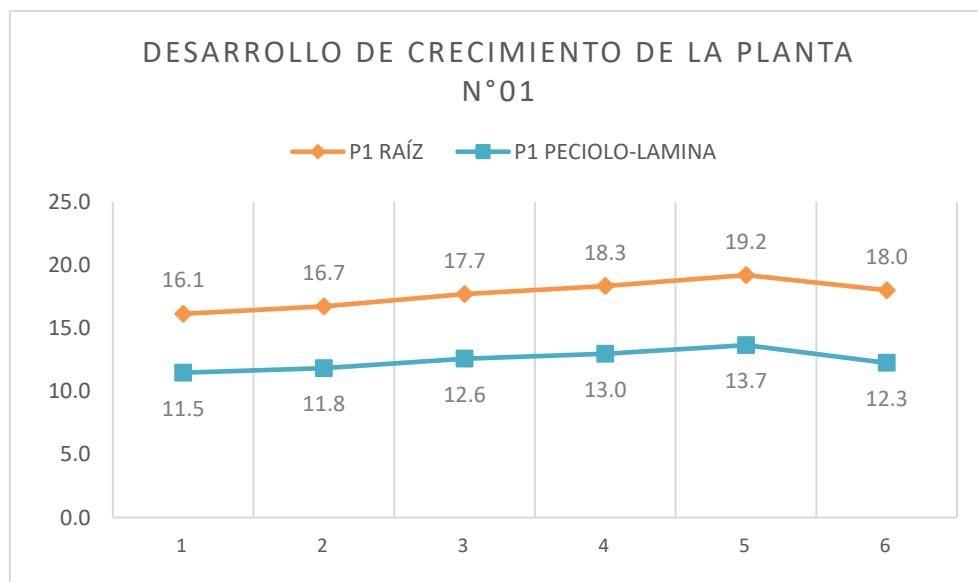


Figura 12:

Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°2 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados

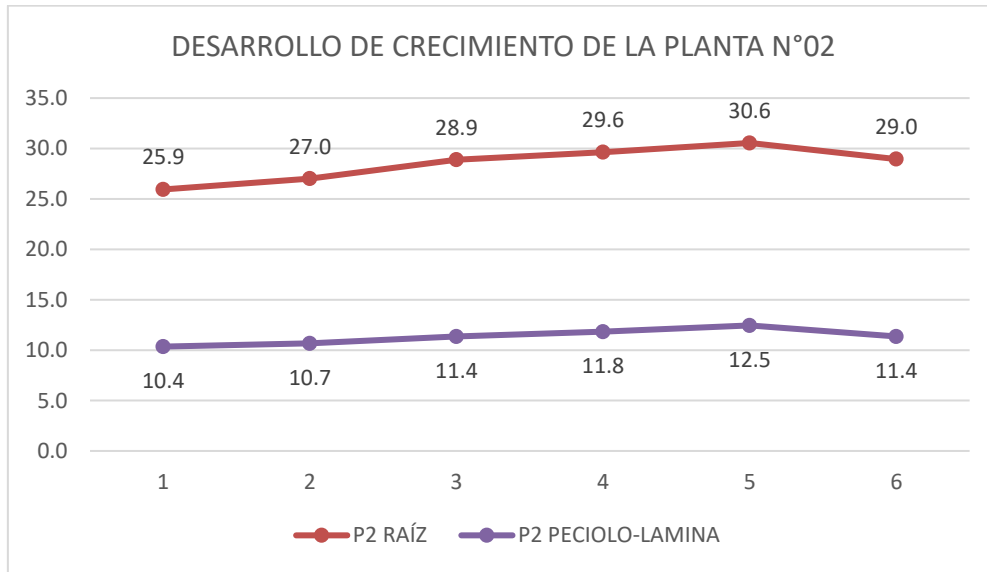


Figura 13:
Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°3 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados

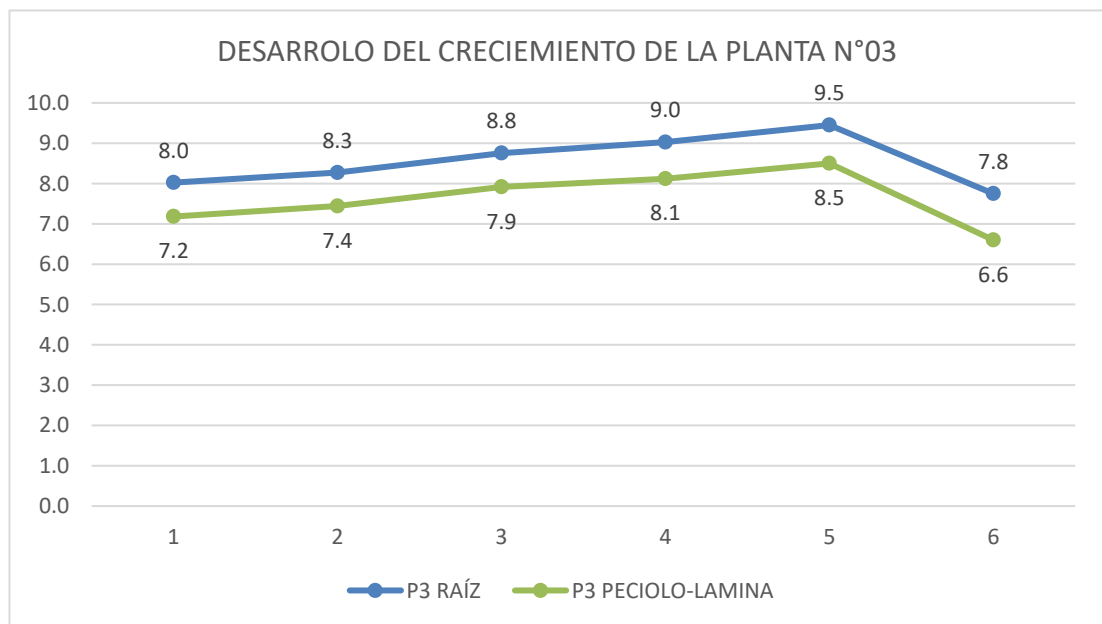


Figura 14:

Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°4 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados

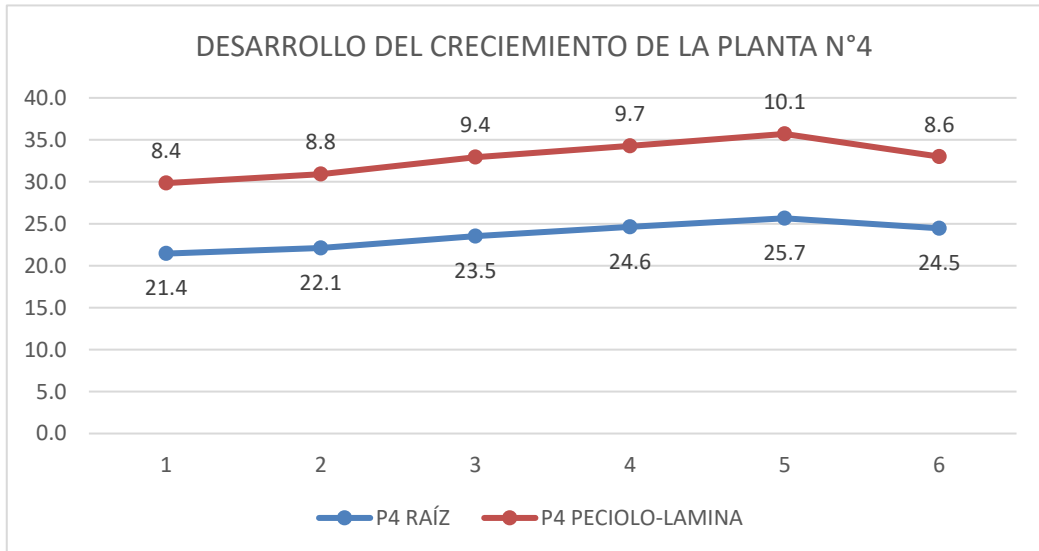


Figura 15:

Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°5 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados

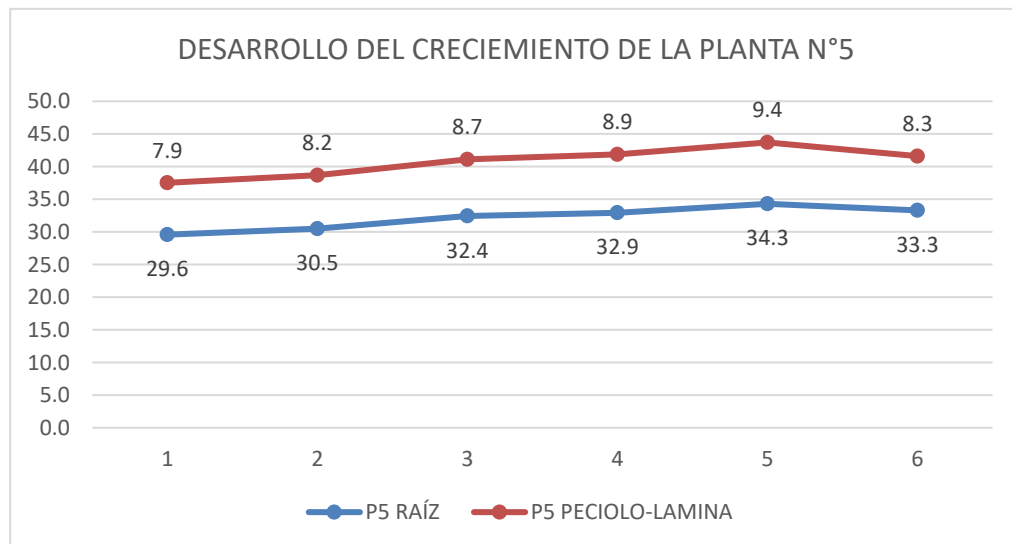


Figura 16:

Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°6 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados

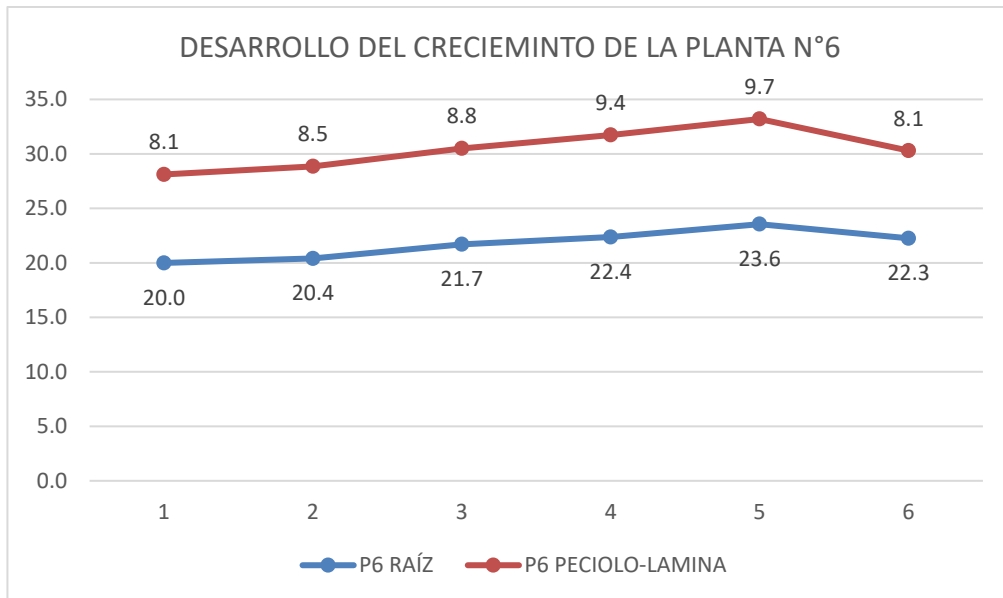


Figura 17:

Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°7 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados.

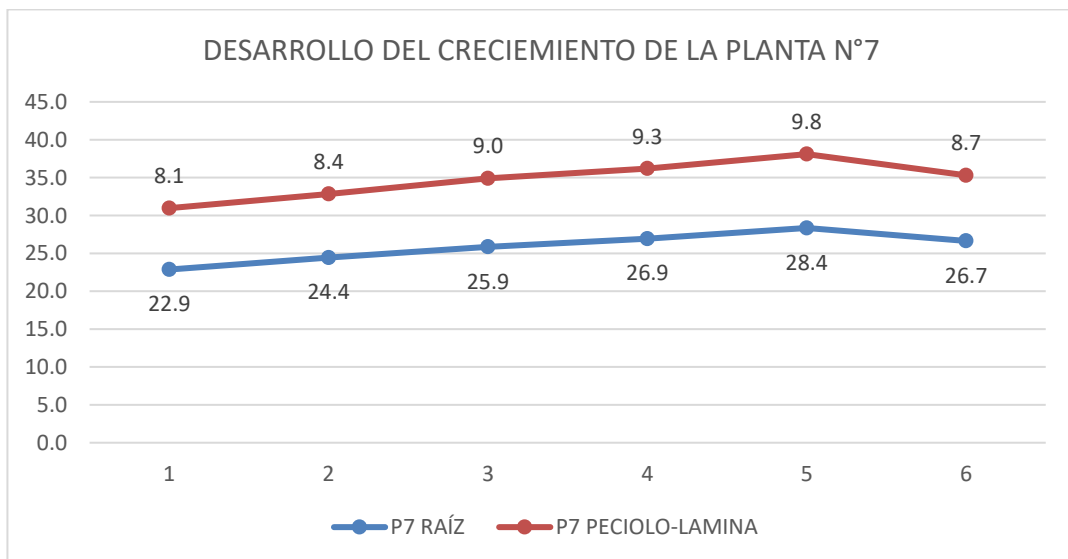


Figura 18:
Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°8 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados

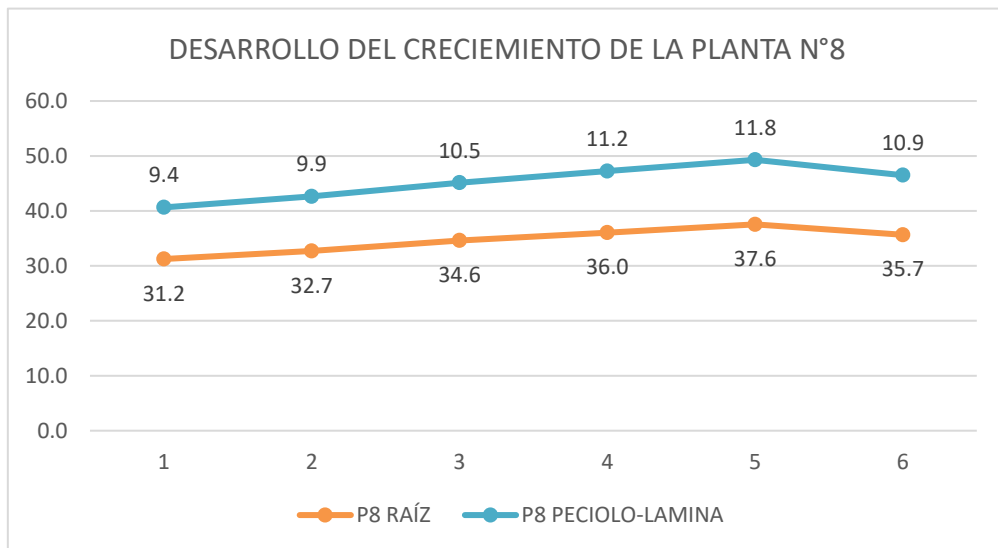


Figura 19:
Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°9 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados

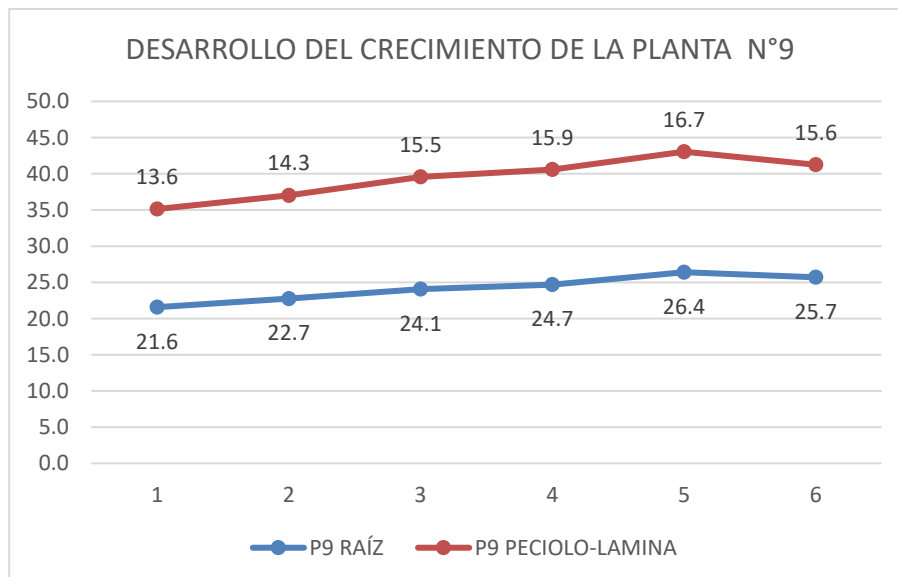


Figura 20:

Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°10 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados.

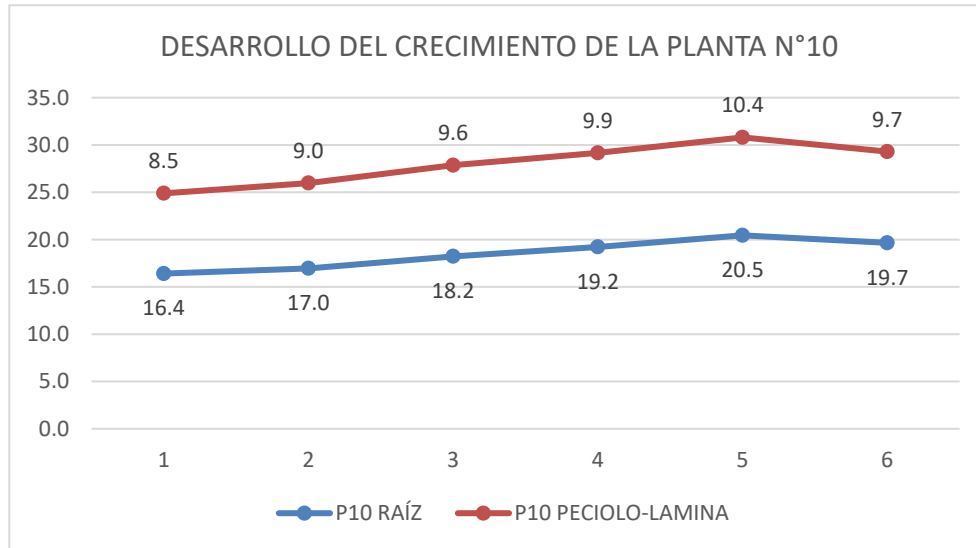


Figura 21:

Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°11 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados.

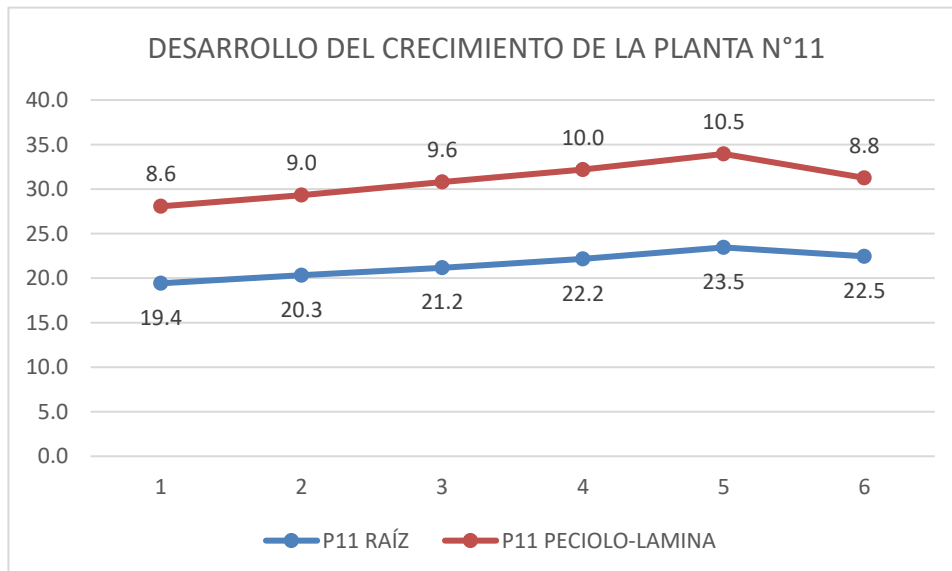


Figura 22:

Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°12 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados.

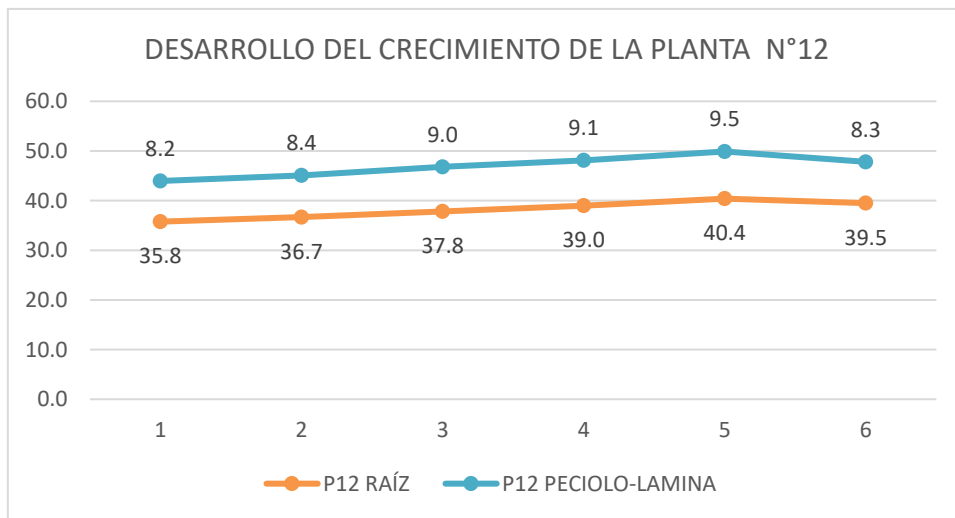


Figura 23:

Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°13 de, durante cinco semanas en un humedal artificial conteniendo agua contaminada con metales pesados

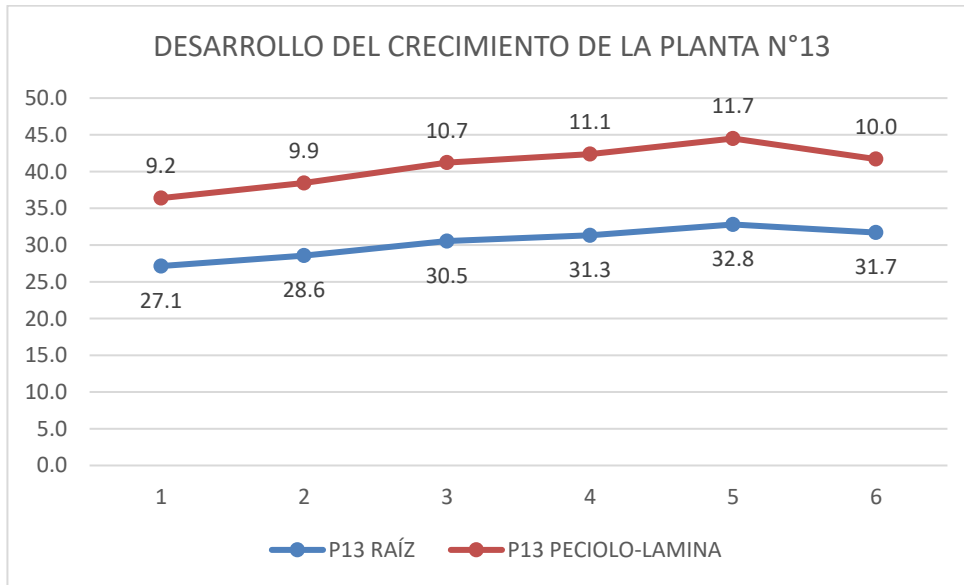
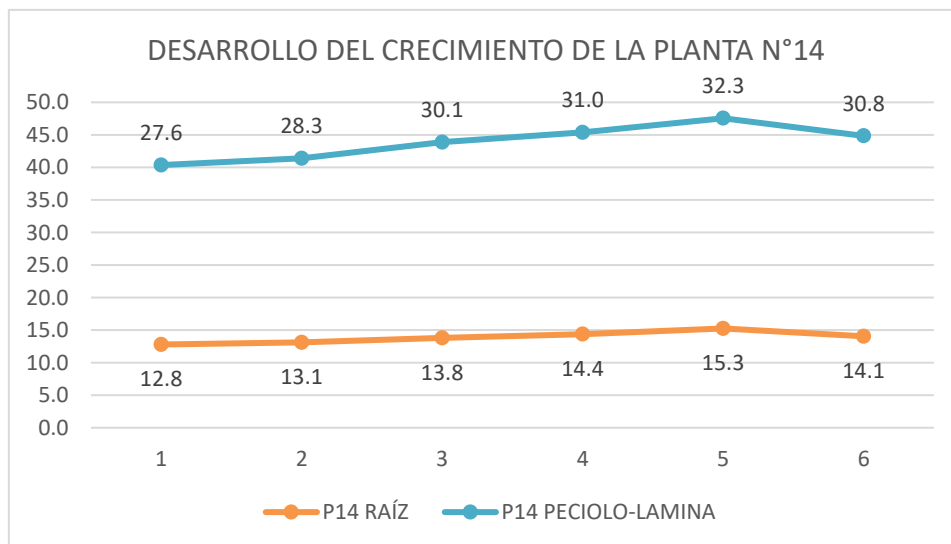


Figura 24: Variación promedio del crecimiento de Raíz, Pecíolo + lámina de la planta N°14 de, durante cinco semanas en un tanque acuático conteniendo agua contaminada con metales pesados.



Objetivo 3: Determinar el porcentaje de remoción de Mg, Zn, Cu, Cd utilizando la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* y realizar la comparación con los ECA según su tipo uso.

Tabla 10:

Porcentajes de remoción de metales pesados presentes en el agua del río Moche, en el distrito de poroto, altura de la bocatoma del canal poroto alto, utilizando *Eichhornia crassipes*.

Metal	C. inicial (w1)	C. Final (w2)	% de Remoción (%R)
Cadmio	0.00352	0.00012	96.59%
Cobre	0.0279	0.0063	77.42%
Manganeso	1.0146	0.00105	99.90%
Zinc	0.323	0.02	93.81%

(Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias / SINIA, s. f.) asimismo, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación. Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Tabla 11:
Categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales

INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5
Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24

Tabla 12
Categoría 4 Conservación del ambiente acuático:

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081

Tabla 13
Análisis de Varianza para Tamaño - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: PARTE de la planta	14544.8	27	538.697	1244.08	0.0000
B: DÍAS	184.401	5	36.8801	85.17	0.0000
RESIDUOS	58.456	135	0.433007		
TOTAL (CORREGIDO)	14787.7	167			

*Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Tabla 14:
*Pruebas de Múltiple Rangos entra las semanas de tratamiento y el crecimiento de las plantas *Eichhornia crassipes* contaminadas con agua del río Moche.*

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
PECÍOLO+LAM 1 - PECÍOLO+LAM 10	*	2.96667	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - PECÍOLO+LAM 11	*	3.06667	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - PECÍOLO+LAM 12	*	3.73333	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - PECÍOLO+LAM 13	*	2.05	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - PECÍOLO+LAM 14	*	-17.5333	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - PECÍOLO+LAM 2	*	1.11667	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - PECÍOLO+LAM 3	*	4.86667	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - PECÍOLO+LAM 4	*	3.31667	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - PECÍOLO+LAM 5	*	3.91667	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - PECÍOLO+LAM 6	*	3.71667	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - PECÍOLO+LAM 7	*	3.6	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - PECÍOLO+LAM 8	*	1.86667	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - PECÍOLO+LAM 9	*	-2.78333	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - RAÍZ 1	*	-5.18333	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - RAÍZ 10	*	-6.01667	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - RAÍZ 11	*	-9.03333	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - RAÍZ 12	*	-25.7167	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - RAÍZ 13	*	-17.85	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - RAÍZ 14	*	-1.43333	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - RAÍZ 2	*	-16.0167	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - RAÍZ 3	*	3.91667	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - RAÍZ 4	*	-11.15	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - RAÍZ 5	*	-19.6833	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - RAÍZ 6	*	-9.25	0.751357

PECÍOLO+LAM 1 - RAÍZ 7	*	-13.3833	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - RAÍZ 8	*	-22.15	0.751357
PECÍOLO+LAM 1 - RAÍZ 9	*	-11.7167	0.751357
PECÍOLO+LAM 10 - PECÍOLO+LAM 12	*	0.766667	0.751357
PECÍOLO+LAM 10 - PECÍOLO+LAM 13	*	-0.916667	0.751357
PECÍOLO+LAM 10 - PECÍOLO+LAM 14	*	-20.5	0.751357
PECÍOLO+LAM 10 - PECÍOLO+LAM 2	*	-1.85	0.751357
PECÍOLO+LAM 10 - PECÍOLO+LAM 3	*	1.9	0.751357
PECÍOLO+LAM 10 - PECÍOLO+LAM 5	*	0.95	0.751357
PECÍOLO+LAM 10 - PECÍOLO+LAM 8	*	-1.1	0.751357
PECÍOLO+LAM 10 - PECÍOLO+LAM 9	*	-5.75	0.751357
PECÍOLO+LAM 10 - RAÍZ 1	*	-8.15	0.751357
PECÍOLO+LAM 10 - RAÍZ 10	*	-8.98333	0.751357
PECÍOLO+LAM 10 - RAÍZ 11	*	-12	0.751357
PECÍOLO+LAM 10 - RAÍZ 12	*	-28.6833	0.751357
PECÍOLO+LAM 10 - RAÍZ 13	*	-20.8167	0.751357
PECÍOLO+LAM 10 - RAÍZ 14	*	-4.4	0.751357
PECÍOLO+LAM 10 - RAÍZ 2	*	-18.9833	0.751357
PECÍOLO+LAM 10 - RAÍZ 3	*	0.95	0.751357
PECÍOLO+LAM 10 - RAÍZ 4	*	-14.1167	0.751357
PECÍOLO+LAM 10 - RAÍZ 5	*	-22.65	0.751357
PECÍOLO+LAM 10 - RAÍZ 6	*	-12.2167	0.751357
PECÍOLO+LAM 10 - RAÍZ 7	*	-16.35	0.751357
PECÍOLO+LAM 10 - RAÍZ 8	*	-25.1167	0.751357
PECÍOLO+LAM 10 - RAÍZ 9	*	-14.6833	0.751357
PECÍOLO+LAM 11 - PECÍOLO+LAM 13	*	-1.01667	0.751357
PECÍOLO+LAM 11 - PECÍOLO+LAM 14	*	-20.6	0.751357
PECÍOLO+LAM 11 - PECÍOLO+LAM 2	*	-1.95	0.751357
PECÍOLO+LAM 11 - PECÍOLO+LAM 3	*	1.8	0.751357
PECÍOLO+LAM 11 - PECÍOLO+LAM 5	*	0.85	0.751357
PECÍOLO+LAM 11 - PECÍOLO+LAM 8	*	-1.2	0.751357
PECÍOLO+LAM 11 - PECÍOLO+LAM 9	*	-5.85	0.751357
PECÍOLO+LAM 11 - RAÍZ 1	*	-8.25	0.751357
PECÍOLO+LAM 11 - RAÍZ 10	*	-9.08333	0.751357
PECÍOLO+LAM 11 - RAÍZ 11	*	-12.1	0.751357
PECÍOLO+LAM 11 - RAÍZ 12	*	-28.7833	0.751357
PECÍOLO+LAM 11 - RAÍZ 13	*	-20.9167	0.751357
PECÍOLO+LAM 11 - RAÍZ 14	*	-4.5	0.751357
PECÍOLO+LAM 11 - RAÍZ 2	*	-19.0833	0.751357

PECÍOLO+LAM 11 - RAÍZ 3	*	0.85	0.751357
PECÍOLO+LAM 11 - RAÍZ 4	*	-14.2167	0.751357
PECÍOLO+LAM 11 - RAÍZ 5	*	-22.75	0.751357
PECÍOLO+LAM 11 - RAÍZ 6	*	-12.3167	0.751357
PECÍOLO+LAM 11 - RAÍZ 7	*	-16.45	0.751357
PECÍOLO+LAM 11 - RAÍZ 8	*	-25.2167	0.751357
PECÍOLO+LAM 11 - RAÍZ 9	*	-14.7833	0.751357
PECÍOLO+LAM 12 - PECÍOLO+LAM 13	*	-1.68333	0.751357
PECÍOLO+LAM 12 - PECÍOLO+LAM 14	*	-21.2667	0.751357
PECÍOLO+LAM 12 - PECÍOLO+LAM 2	*	-2.61667	0.751357
PECÍOLO+LAM 12 - PECÍOLO+LAM 3	*	1.13333	0.751357
PECÍOLO+LAM 12 - PECÍOLO+LAM 8	*	-1.86667	0.751357
PECÍOLO+LAM 12 - PECÍOLO+LAM 9	*	-6.51667	0.751357
PECÍOLO+LAM 12 - RAÍZ 1	*	-8.91667	0.751357
PECÍOLO+LAM 12 - RAÍZ 10	*	-9.75	0.751357
PECÍOLO+LAM 12 - RAÍZ 11	*	-12.7667	0.751357
PECÍOLO+LAM 12 - RAÍZ 12	*	-29.45	0.751357
PECÍOLO+LAM 12 - RAÍZ 13	*	-21.5833	0.751357
PECÍOLO+LAM 12 - RAÍZ 14	*	-5.16667	0.751357
PECÍOLO+LAM 12 - RAÍZ 2	*	-19.75	0.751357
PECÍOLO+LAM 12 - RAÍZ 4	*	-14.8833	0.751357
PECÍOLO+LAM 12 - RAÍZ 5	*	-23.4167	0.751357
PECÍOLO+LAM 12 - RAÍZ 6	*	-12.9833	0.751357
PECÍOLO+LAM 12 - RAÍZ 7	*	-17.1167	0.751357
PECÍOLO+LAM 12 - RAÍZ 8	*	-25.8833	0.751357
PECÍOLO+LAM 12 - RAÍZ 9	*	-15.45	0.751357
PECÍOLO+LAM 13 - PECÍOLO+LAM 14	*	-19.5833	0.751357
PECÍOLO+LAM 13 - PECÍOLO+LAM 2	*	-0.933333	0.751357
PECÍOLO+LAM 13 - PECÍOLO+LAM 3	*	2.81667	0.751357
PECÍOLO+LAM 13 - PECÍOLO+LAM 4	*	1.26667	0.751357
PECÍOLO+LAM 13 - PECÍOLO+LAM 5	*	1.86667	0.751357
PECÍOLO+LAM 13 - PECÍOLO+LAM 6	*	1.66667	0.751357
PECÍOLO+LAM 13 - PECÍOLO+LAM 7	*	1.55	0.751357
PECÍOLO+LAM 13 - PECÍOLO+LAM 9	*	-4.83333	0.751357
PECÍOLO+LAM 13 - RAÍZ 1	*	-7.23333	0.751357
PECÍOLO+LAM 13 - RAÍZ 10	*	-8.06667	0.751357
PECÍOLO+LAM 13 - RAÍZ 11	*	-11.0833	0.751357
PECÍOLO+LAM 13 - RAÍZ 12	*	-27.7667	0.751357
PECÍOLO+LAM 13 - RAÍZ 13	*	-19.9	0.751357

PECÍOLO+LAM 13 - RAÍZ 14	*	-3.48333	0.751357
PECÍOLO+LAM 13 - RAÍZ 2	*	-18.0667	0.751357
PECÍOLO+LAM 13 - RAÍZ 3	*	1.86667	0.751357
PECÍOLO+LAM 13 - RAÍZ 4	*	-13.2	0.751357
PECÍOLO+LAM 13 - RAÍZ 5	*	-21.7333	0.751357
PECÍOLO+LAM 13 - RAÍZ 6	*	-11.3	0.751357
PECÍOLO+LAM 13 - RAÍZ 7	*	-15.4333	0.751357
PECÍOLO+LAM 13 - RAÍZ 8	*	-24.2	0.751357
PECÍOLO+LAM 13 - RAÍZ 9	*	-13.7667	0.751357
PECÍOLO+LAM 14 - PECÍOLO+LAM 2	*	18.65	0.751357
PECÍOLO+LAM 14 - PECÍOLO+LAM 3	*	22.4	0.751357
PECÍOLO+LAM 14 - PECÍOLO+LAM 4	*	20.85	0.751357
PECÍOLO+LAM 14 - PECÍOLO+LAM 5	*	21.45	0.751357
PECÍOLO+LAM 14 - PECÍOLO+LAM 6	*	21.25	0.751357
PECÍOLO+LAM 14 - PECÍOLO+LAM 7	*	21.1333	0.751357
PECÍOLO+LAM 14 - PECÍOLO+LAM 8	*	19.4	0.751357
PECÍOLO+LAM 14 - PECÍOLO+LAM 9	*	14.75	0.751357
PECÍOLO+LAM 14 - RAÍZ 1	*	12.35	0.751357
PECÍOLO+LAM 14 - RAÍZ 10	*	11.5167	0.751357
PECÍOLO+LAM 14 - RAÍZ 11	*	8.5	0.751357
PECÍOLO+LAM 14 - RAÍZ 12	*	-8.18333	0.751357
PECÍOLO+LAM 14 - RAÍZ 14	*	16.1	0.751357
PECÍOLO+LAM 14 - RAÍZ 2	*	1.51667	0.751357
PECÍOLO+LAM 14 - RAÍZ 3	*	21.45	0.751357
PECÍOLO+LAM 14 - RAÍZ 4	*	6.38333	0.751357
PECÍOLO+LAM 14 - RAÍZ 5	*	-2.15	0.751357
PECÍOLO+LAM 14 - RAÍZ 6	*	8.28333	0.751357
PECÍOLO+LAM 14 - RAÍZ 7	*	4.15	0.751357
PECÍOLO+LAM 14 - RAÍZ 8	*	-4.61667	0.751357
PECÍOLO+LAM 14 - RAÍZ 9	*	5.81667	0.751357
PECÍOLO+LAM 2 - PECÍOLO+LAM 3	*	3.75	0.751357
PECÍOLO+LAM 2 - PECÍOLO+LAM 4	*	2.2	0.751357
PECÍOLO+LAM 2 - PECÍOLO+LAM 5	*	2.8	0.751357
PECÍOLO+LAM 2 - PECÍOLO+LAM 6	*	2.6	0.751357
PECÍOLO+LAM 2 - PECÍOLO+LAM 7	*	2.48333	0.751357
PECÍOLO+LAM 2 - PECÍOLO+LAM 9	*	-3.9	0.751357
PECÍOLO+LAM 2 - RAÍZ 1	*	-6.3	0.751357
PECÍOLO+LAM 2 - RAÍZ 10	*	-7.13333	0.751357
PECÍOLO+LAM 2 - RAÍZ 11	*	-10.15	0.751357

PECÍOLO+LAM 2 - RAÍZ 12	*	-26.8333	0.751357
PECÍOLO+LAM 2 - RAÍZ 13	*	-18.9667	0.751357
PECÍOLO+LAM 2 - RAÍZ 14	*	-2.55	0.751357
PECÍOLO+LAM 2 - RAÍZ 2	*	-17.1333	0.751357
PECÍOLO+LAM 2 - RAÍZ 3	*	2.8	0.751357
PECÍOLO+LAM 2 - RAÍZ 4	*	-12.2667	0.751357
PECÍOLO+LAM 2 - RAÍZ 5	*	-20.8	0.751357
PECÍOLO+LAM 2 - RAÍZ 6	*	-10.3667	0.751357
PECÍOLO+LAM 2 - RAÍZ 7	*	-14.5	0.751357
PECÍOLO+LAM 2 - RAÍZ 8	*	-23.2667	0.751357
PECÍOLO+LAM 2 - RAÍZ 9	*	-12.8333	0.751357
PECÍOLO+LAM 3 - PECÍOLO+LAM 4	*	-1.55	0.751357
PECÍOLO+LAM 3 - PECÍOLO+LAM 5	*	-0.95	0.751357
PECÍOLO+LAM 3 - PECÍOLO+LAM 6	*	-1.15	0.751357
PECÍOLO+LAM 3 - PECÍOLO+LAM 7	*	-1.26667	0.751357
PECÍOLO+LAM 3 - PECÍOLO+LAM 8	*	-3	0.751357
PECÍOLO+LAM 3 - PECÍOLO+LAM 9	*	-7.65	0.751357
PECÍOLO+LAM 3 - RAÍZ 1	*	-10.05	0.751357
PECÍOLO+LAM 3 - RAÍZ 10	*	-10.8833	0.751357
PECÍOLO+LAM 3 - RAÍZ 11	*	-13.9	0.751357
PECÍOLO+LAM 3 - RAÍZ 12	*	-30.5833	0.751357
PECÍOLO+LAM 3 - RAÍZ 13	*	-22.7167	0.751357
PECÍOLO+LAM 3 - RAÍZ 14	*	-6.3	0.751357
PECÍOLO+LAM 3 - RAÍZ 2	*	-20.8833	0.751357
PECÍOLO+LAM 3 - RAÍZ 3	*	-0.95	0.751357
PECÍOLO+LAM 3 - RAÍZ 4	*	-16.0167	0.751357
PECÍOLO+LAM 3 - RAÍZ 5	*	-24.55	0.751357
PECÍOLO+LAM 3 - RAÍZ 6	*	-14.1167	0.751357
PECÍOLO+LAM 3 - RAÍZ 7	*	-18.25	0.751357
PECÍOLO+LAM 3 - RAÍZ 8	*	-27.0167	0.751357
PECÍOLO+LAM 3 - RAÍZ 9	*	-16.5833	0.751357
PECÍOLO+LAM 4 - PECÍOLO+LAM 8	*	-1.45	0.751357
PECÍOLO+LAM 4 - PECÍOLO+LAM 9	*	-6.1	0.751357
PECÍOLO+LAM 4 - RAÍZ 1	*	-8.5	0.751357
PECÍOLO+LAM 4 - RAÍZ 10	*	-9.33333	0.751357
PECÍOLO+LAM 4 - RAÍZ 11	*	-12.35	0.751357
PECÍOLO+LAM 4 - RAÍZ 12	*	-29.0333	0.751357
PECÍOLO+LAM 4 - RAÍZ 13	*	-21.1667	0.751357
PECÍOLO+LAM 4 - RAÍZ 14	*	-4.75	0.751357

PECÍOLO+LAM 4 - RAÍZ 2	*	-19.3333	0.751357
PECÍOLO+LAM 4 - RAÍZ 4	*	-14.4667	0.751357
PECÍOLO+LAM 4 - RAÍZ 5	*	-23	0.751357
PECÍOLO+LAM 4 - RAÍZ 6	*	-12.5667	0.751357
PECÍOLO+LAM 4 - RAÍZ 7	*	-16.7	0.751357
PECÍOLO+LAM 4 - RAÍZ 8	*	-25.4667	0.751357
PECÍOLO+LAM 4 - RAÍZ 9	*	-15.0333	0.751357
PECÍOLO+LAM 5 - PECÍOLO+LAM 8	*	-2.05	0.751357
PECÍOLO+LAM 5 - PECÍOLO+LAM 9	*	-6.7	0.751357
PECÍOLO+LAM 5 - RAÍZ 1	*	-9.1	0.751357
PECÍOLO+LAM 5 - RAÍZ 10	*	-9.93333	0.751357
PECÍOLO+LAM 5 - RAÍZ 11	*	-12.95	0.751357
PECÍOLO+LAM 5 - RAÍZ 12	*	-29.6333	0.751357
PECÍOLO+LAM 5 - RAÍZ 13	*	-21.7667	0.751357
PECÍOLO+LAM 5 - RAÍZ 14	*	-5.35	0.751357
PECÍOLO+LAM 5 - RAÍZ 2	*	-19.9333	0.751357
PECÍOLO+LAM 5 - RAÍZ 4	*	-15.0667	0.751357
PECÍOLO+LAM 5 - RAÍZ 5	*	-23.6	0.751357
PECÍOLO+LAM 5 - RAÍZ 6	*	-13.1667	0.751357
PECÍOLO+LAM 5 - RAÍZ 7	*	-17.3	0.751357
PECÍOLO+LAM 5 - RAÍZ 8	*	-26.0667	0.751357
PECÍOLO+LAM 5 - RAÍZ 9	*	-15.6333	0.751357
PECÍOLO+LAM 6 - PECÍOLO+LAM 8	*	-1.85	0.751357
PECÍOLO+LAM 6 - PECÍOLO+LAM 9	*	-6.5	0.751357
PECÍOLO+LAM 6 - RAÍZ 1	*	-8.9	0.751357
PECÍOLO+LAM 6 - RAÍZ 10	*	-9.73333	0.751357
PECÍOLO+LAM 6 - RAÍZ 11	*	-12.75	0.751357
PECÍOLO+LAM 6 - RAÍZ 12	*	-29.4333	0.751357
PECÍOLO+LAM 6 - RAÍZ 13	*	-21.5667	0.751357
PECÍOLO+LAM 6 - RAÍZ 14	*	-5.15	0.751357
PECÍOLO+LAM 6 - RAÍZ 2	*	-19.7333	0.751357
PECÍOLO+LAM 6 - RAÍZ 4	*	-14.8667	0.751357
PECÍOLO+LAM 6 - RAÍZ 5	*	-23.4	0.751357
PECÍOLO+LAM 6 - RAÍZ 6	*	-12.9667	0.751357
PECÍOLO+LAM 6 - RAÍZ 7	*	-17.1	0.751357
PECÍOLO+LAM 6 - RAÍZ 8	*	-25.8667	0.751357
PECÍOLO+LAM 6 - RAÍZ 9	*	-15.4333	0.751357
PECÍOLO+LAM 7 - PECÍOLO+LAM 8	*	-1.73333	0.751357
PECÍOLO+LAM 7 - PECÍOLO+LAM 9	*	-6.38333	0.751357

PECÍOLO+LAM 7 - RAÍZ 1	*	-8.78333	0.751357
PECÍOLO+LAM 7 - RAÍZ 10	*	-9.61667	0.751357
PECÍOLO+LAM 7 - RAÍZ 11	*	-12.6333	0.751357
PECÍOLO+LAM 7 - RAÍZ 12	*	-29.3167	0.751357
PECÍOLO+LAM 7 - RAÍZ 13	*	-21.45	0.751357
PECÍOLO+LAM 7 - RAÍZ 14	*	-5.03333	0.751357
PECÍOLO+LAM 7 - RAÍZ 2	*	-19.6167	0.751357
PECÍOLO+LAM 7 - RAÍZ 4	*	-14.75	0.751357
PECÍOLO+LAM 7 - RAÍZ 5	*	-23.2833	0.751357
PECÍOLO+LAM 7 - RAÍZ 6	*	-12.85	0.751357
PECÍOLO+LAM 7 - RAÍZ 7	*	-16.9833	0.751357
PECÍOLO+LAM 7 - RAÍZ 8	*	-25.75	0.751357
PECÍOLO+LAM 7 - RAÍZ 9	*	-15.3167	0.751357
PECÍOLO+LAM 8 - PECÍOLO+LAM 9	*	-4.65	0.751357
PECÍOLO+LAM 8 - RAÍZ 1	*	-7.05	0.751357
PECÍOLO+LAM 8 - RAÍZ 10	*	-7.88333	0.751357
PECÍOLO+LAM 8 - RAÍZ 11	*	-10.9	0.751357
PECÍOLO+LAM 8 - RAÍZ 12	*	-27.5833	0.751357
PECÍOLO+LAM 8 - RAÍZ 13	*	-19.7167	0.751357
PECÍOLO+LAM 8 - RAÍZ 14	*	-3.3	0.751357
PECÍOLO+LAM 8 - RAÍZ 2	*	-17.8833	0.751357
PECÍOLO+LAM 8 - RAÍZ 3	*	2.05	0.751357
PECÍOLO+LAM 8 - RAÍZ 4	*	-13.0167	0.751357
PECÍOLO+LAM 8 - RAÍZ 5	*	-21.55	0.751357
PECÍOLO+LAM 8 - RAÍZ 6	*	-11.1167	0.751357
PECÍOLO+LAM 8 - RAÍZ 7	*	-15.25	0.751357
PECÍOLO+LAM 8 - RAÍZ 8	*	-24.0167	0.751357
PECÍOLO+LAM 8 - RAÍZ 9	*	-13.5833	0.751357
PECÍOLO+LAM 9 - RAÍZ 1	*	-2.4	0.751357
PECÍOLO+LAM 9 - RAÍZ 10	*	-3.23333	0.751357
PECÍOLO+LAM 9 - RAÍZ 11	*	-6.25	0.751357
PECÍOLO+LAM 9 - RAÍZ 12	*	-22.9333	0.751357
PECÍOLO+LAM 9 - RAÍZ 13	*	-15.0667	0.751357
PECÍOLO+LAM 9 - RAÍZ 14	*	1.35	0.751357
PECÍOLO+LAM 9 - RAÍZ 2	*	-13.2333	0.751357
PECÍOLO+LAM 9 - RAÍZ 3	*	6.7	0.751357
PECÍOLO+LAM 9 - RAÍZ 4	*	-8.36667	0.751357
PECÍOLO+LAM 9 - RAÍZ 5	*	-16.9	0.751357
PECÍOLO+LAM 9 - RAÍZ 6	*	-6.46667	0.751357

PECÍOLO+LAM 9 - RAÍZ 7	*	-10.6	0.751357
PECÍOLO+LAM 9 - RAÍZ 8	*	-19.3667	0.751357
PECÍOLO+LAM 9 - RAÍZ 9	*	-8.93333	0.751357
RAÍZ 1 - RAÍZ 10	*	-0.833333	0.751357
RAÍZ 1 - RAÍZ 11	*	-3.85	0.751357
RAÍZ 1 - RAÍZ 12	*	-20.5333	0.751357
RAÍZ 1 - RAÍZ 13	*	-12.6667	0.751357
RAÍZ 1 - RAÍZ 14	*	3.75	0.751357
RAÍZ 1 - RAÍZ 2	*	-10.8333	0.751357
RAÍZ 1 - RAÍZ 3	*	9.1	0.751357
RAÍZ 1 - RAÍZ 4	*	-5.96667	0.751357
RAÍZ 1 - RAÍZ 5	*	-14.5	0.751357
RAÍZ 1 - RAÍZ 6	*	-4.06667	0.751357
RAÍZ 1 - RAÍZ 7	*	-8.2	0.751357
RAÍZ 1 - RAÍZ 8	*	-16.9667	0.751357
RAÍZ 1 - RAÍZ 9	*	-6.53333	0.751357
RAÍZ 10 - RAÍZ 11	*	-3.01667	0.751357
RAÍZ 10 - RAÍZ 12	*	-19.7	0.751357
RAÍZ 10 - RAÍZ 13	*	-11.8333	0.751357
RAÍZ 10 - RAÍZ 14	*	4.58333	0.751357
RAÍZ 10 - RAÍZ 2	*	-10	0.751357
RAÍZ 10 - RAÍZ 3	*	9.93333	0.751357
RAÍZ 10 - RAÍZ 4	*	-5.13333	0.751357
RAÍZ 10 - RAÍZ 5	*	-13.6667	0.751357
RAÍZ 10 - RAÍZ 6	*	-3.23333	0.751357
RAÍZ 10 - RAÍZ 7	*	-7.36667	0.751357
RAÍZ 10 - RAÍZ 8	*	-16.1333	0.751357
RAÍZ 10 - RAÍZ 9	*	-5.7	0.751357
RAÍZ 11 - RAÍZ 12	*	-16.6833	0.751357
RAÍZ 11 - RAÍZ 13	*	-8.81667	0.751357
RAÍZ 11 - RAÍZ 14	*	7.6	0.751357
RAÍZ 11 - RAÍZ 2	*	-6.98333	0.751357
RAÍZ 11 - RAÍZ 3	*	12.95	0.751357
RAÍZ 11 - RAÍZ 4	*	-2.11667	0.751357
RAÍZ 11 - RAÍZ 5	*	-10.65	0.751357
RAÍZ 11 - RAÍZ 7	*	-4.35	0.751357
RAÍZ 11 - RAÍZ 8	*	-13.1167	0.751357
RAÍZ 11 - RAÍZ 9	*	-2.68333	0.751357
RAÍZ 12 - RAÍZ 13	*	7.86667	0.751357

RAÍZ 12 - RAÍZ 14	*	24.2833	0.751357
RAÍZ 12 - RAÍZ 2	*	9.7	0.751357
RAÍZ 12 - RAÍZ 3	*	29.6333	0.751357
RAÍZ 12 - RAÍZ 4	*	14.5667	0.751357
RAÍZ 12 - RAÍZ 5	*	6.03333	0.751357
RAÍZ 12 - RAÍZ 6	*	16.4667	0.751357
RAÍZ 12 - RAÍZ 7	*	12.3333	0.751357
RAÍZ 12 - RAÍZ 8	*	3.56667	0.751357
RAÍZ 12 - RAÍZ 9	*	14	0.751357
RAÍZ 13 - RAÍZ 14	*	16.4167	0.751357
RAÍZ 13 - RAÍZ 2	*	1.83333	0.751357
RAÍZ 13 - RAÍZ 3	*	21.7667	0.751357
RAÍZ 13 - RAÍZ 4	*	6.7	0.751357
RAÍZ 13 - RAÍZ 5	*	-1.83333	0.751357
RAÍZ 13 - RAÍZ 6	*	8.6	0.751357
RAÍZ 13 - RAÍZ 7	*	4.46667	0.751357
RAÍZ 13 - RAÍZ 8	*	-4.3	0.751357
RAÍZ 13 - RAÍZ 9	*	6.13333	0.751357
RAÍZ 14 - RAÍZ 2	*	-14.5833	0.751357
RAÍZ 14 - RAÍZ 3	*	5.35	0.751357
RAÍZ 14 - RAÍZ 4	*	-9.71667	0.751357
RAÍZ 14 - RAÍZ 5	*	-18.25	0.751357
RAÍZ 14 - RAÍZ 6	*	-7.81667	0.751357
RAÍZ 14 - RAÍZ 7	*	-11.95	0.751357
RAÍZ 14 - RAÍZ 8	*	-20.7167	0.751357
RAÍZ 14 - RAÍZ 9	*	-10.2833	0.751357
RAÍZ 2 - RAÍZ 3	*	19.9333	0.751357
RAÍZ 2 - RAÍZ 4	*	4.86667	0.751357
RAÍZ 2 - RAÍZ 5	*	-3.66667	0.751357
RAÍZ 2 - RAÍZ 6	*	6.76667	0.751357
RAÍZ 2 - RAÍZ 7	*	2.63333	0.751357
RAÍZ 2 - RAÍZ 8	*	-6.13333	0.751357
RAÍZ 2 - RAÍZ 9	*	4.3	0.751357
RAÍZ 3 - RAÍZ 4	*	-15.0667	0.751357
RAÍZ 3 - RAÍZ 5	*	-23.6	0.751357
RAÍZ 3 - RAÍZ 6	*	-13.1667	0.751357
RAÍZ 3 - RAÍZ 7	*	-17.3	0.751357
RAÍZ 3 - RAÍZ 8	*	-26.0667	0.751357
RAÍZ 3 - RAÍZ 9	*	-15.6333	0.751357

RAÍZ 4 - RAÍZ 5	*	-8.53333	0.751357
RAÍZ 4 - RAÍZ 6	*	1.9	0.751357
RAÍZ 4 - RAÍZ 7	*	-2.23333	0.751357
RAÍZ 4 - RAÍZ 8	*	-11	0.751357
RAÍZ 4 - RAÍZ 9		-0.566667	0.751357
RAÍZ 5 - RAÍZ 6	*	10.4333	0.751357
RAÍZ 5 - RAÍZ 7	*	6.3	0.751357
RAÍZ 5 - RAÍZ 8	*	-2.46667	0.751357
RAÍZ 5 - RAÍZ 9	*	7.96667	0.751357
RAÍZ 6 - RAÍZ 7	*	-4.13333	0.751357
RAÍZ 6 - RAÍZ 8	*	-12.9	0.751357
RAÍZ 6 - RAÍZ 9	*	-2.46667	0.751357
RAÍZ 7 - RAÍZ 8	*	-8.76667	0.751357
RAÍZ 7 - RAÍZ 9	*	1.66667	0.751357
RAÍZ 8 - RAÍZ 9	*	10.4333	0.751357

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Se decidió trabajar con el jacinto de agua *Eichhornia crassipes* debido a las diferentes propiedades que se puede presentar las cuales tiene propiedades bioacumuladoras, tiene facilidad de adaptación muchas resisten al estrés y permite reducir la contaminación en aguas “contaminadas” así también lo asevera (Coronel Castro, 2016) quien considera que la planta tiene un papel fundamental en la depuración del agua debido a sus diferentes propiedades a su vez considera que la fitorremediación es una técnica de biorrecuperación que va emplear plantas para la recuperación del ambientes contaminado como suelos, agua superficial subterránea, sedimentos, residuos radiactivos, entre otros por otro lado el jacinto de agua tiene la capacidad de absorber metales pesados en sus raíces de la planta, hojas y tallos de este modo también sufren de evidenciados cambios de color o de características fisiológicas generadas por el estrés por su capacidad de acumular metales pesados (Aguilar & Sagástegui, 2013)

En la investigación presente se logró realizar un porcentaje de reducción optimo gracias a sus componentes de fitorremediación con Jacinto de agua *Eichhornia crassipes* obteniendo un porcentaje de remoción de Cadmio un 96.59%, Cobre 77.42%, Manganeso

99.90% y Zinc del 93.81% asimismo, en la investigación (Kumar et al., 2020) explica fue capaz de absorber el máximo contenido de metales pesados en sus partes vegetativas con una concentración de aguas residuales del 50%. Además, (Zhou et al., 2020) explica *Eichhornia crassipes* logró una alta eficiencia de eliminación de Pb y Mn del agua kárstica (más del 79,5%), con una alta proporción de absorción de Pb, Zn y Cd en sus primeros días.

De hecho la presente tesis experimental se obtuvo mejores resultados que el estudio de Lozada (2019) en la reducción de Cadmio, el tiempo de remoción de con el jacinto de agua fueron en el periodo de los 7 primeros días con 14 plantas en un tanque de agua con una efectividad de 96.59% de remoción de Cadmio por lo que en el antecedente mencionado se logró obteniendo como resultados que la biomasa tres la cual está compuesta por 40 plantas y a los 21 días fue la más eficiente teniendo un 94.64 % de remoción de cadmio por lo tanto el jacinto de agua es efectivo con cantidades cortas de *Eichoinia creespies*.

Por otro lado, (Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias | SINIA, s. f.), en la categoría 4: Conservación del ambiente acuático respecto a los metal pesado Cadmio es de 0.004 mg/L; en el análisis del medio acuático luego de la obtención de muestra del Río Moche cuenca baja se obtuvo una cantidad aceptable de 0.00352mg/L. Por lo contrario a los demás metales pesados Cobre (Cu) y Zinc (Zn) estas fueron excedentes comparando con los ECA por categoría 4 en la obtención de al análisis muestra testigo con valores

respectivamente de 0.0279mg/L y de 0.323mg/L se indicó son cantidades mayores a las del ECA, pero con apoyo del jacinto de agua *Eichhornia crassipes* estos resultados fueron menores a la muestra 0 “testigo” cumpliendo de esta manera la reducción de los metales con cantidades de 0.00005(Cd), 0.0032mg/L (Cu) ,0.03mg/L (Zn).

Por otro lado, el Manganeseo (Mn) en la categoría 3 de los ECAS tiene una cantidad excedente a lo permitido en Riego de vegetales y bebida de animales en la tabla N°011 muestra que la cantidad aceptable es de mg/L 0,2, pero en el análisis del testigo se verifico que se tiene mg/L 1.0146; por lo tanto, el agua del río moche no es apta para el consumo de animales y riego de vegetales.

Conclusiones

En la investigación presente se realiza el análisis de pre y post tratamiento con fitorremediación utilizando *Eichhornia crassipes* en los metales pesados de Cadmio con un testigo de 0.00352mg/L y tratamiento final de 0.00012 mg/L, Cobre con un testigo de 0.0279mg/L y tratamiento final de 0.0063mg/L, Manganeseo con un testigo de 1.0146mg/L y tratamiento final de 0.00105mg/L mostrando mayor absorción por el jacinto de agua y por último el Zinc con un testigo de 0.323g/L y final de 0.02mg/L.

Se obtuvo una efectividad de fitorremediación utilizando *Eichhornia crassipes* en los metales pesados de Cadmio con un testigo de 0.00352mg/L y final de 0.00012 mg/L con un porcentaje de remoción de 96.59%, Cobre con un testigo de 0.0279mg/L y final de 0.0063mg/L con un porcentaje de remoción de 77.42%, Manganeseo con un testigo de 1.0146mg/L y final de 0.00105mg/L con un porcentaje de remoción de 99.90% siendo este metal el de mayor absorbido por el jacinto de agua y por último el Zinc con con un testigo de 0.323g/L y final de 0.02mg/L con un porcentaje de remoción de 96.59%

Los resultados obtenidos demuestran que el diseño empleado mediante el uso de la especie florística antes mencionada, es una tecnología ecológica y sustentable, además de ser técnica y relativamente barata, evitando la instalación de grandes contracciones en zonas de conservación y cuidado de nuestros bosques que alteren y/o perjudiquen a la flora y fauna.

REFERENCIAS

- Acevedo Pérez, I. (2002). ASPECTOS ETICOS EN LA INVESTIGACION CIENTIFICA. *Ciencia y enfermería*, 8(1), 15–18. <https://doi.org/10.4067/S0717-95532002000100003>
- Acheampong, M. A. (2020). *Sustainable Gold Mining Wastewater Treatment by Sorption Using Low-Cost Materials: UNESCO-IHE PhD Thesis*. CRC Press.
- Acosta-Rodríguez, I., Rodríguez-Pérez, A., Pacheco-Castillo, N. C., Enríquez-Domínguez, E., Cárdenas-González, J. F., & Martínez-Juárez, V.-M. (2021). Removal of Cobalt (II) from Waters Contaminated by the Biomass of *Eichhornia crassipes*. *Water*, 13(13), Article 13. <https://doi.org/10.3390/w13131725>
- Aguilar, L. E. F., & Sagástegui, S. E. P. (2013). Capacidad acumuladora de cadmio en raíces de *Scirpus californicus* expuestas a diferentes concentraciones de nitrato de cadmio en condiciones de laboratorio. *Revista REBIOLEST*, 1(2), Article 2.
- Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias* / SINIA. (s. f.). Recuperado 16 de abril de 2024, de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>
- Ayme Estacio, M. V., & Ramos Pongo, M. C. (2020). *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor* y *Pistia stratiotes* como sorbentes de plomo, cobre y zinc en el tratamiento de aguas residuales, 2020. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/62605>
- Chandra, V. (2021). *Assisted Phytoremediation*. Elsevier.
- Coronel Castro, E. (2016). Eficiencia del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y lentejas de agua (*Lemna minor*) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas—2015. *Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza UNTRM*. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/657>

- Custodio, M., Cuadrado, W., Peñaloza, R., Montalvo, R., Ochoa, S., & Quispe, J. (2020). Human Risk from Exposure to Heavy Metals and Arsenic in Water from Rivers with Mining Influence in the Central Andes of Peru. *Water*, 12(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/w12071946>
- El Rasafi, T., Oukarroum, A., Haddioui, A., Song, H., Kwon, E. E., Bolan, N., Tack, F. M. G., Sebastian, A., Prasad, M. N. V., & Rinklebe, J. (2022). Cadmium stress in plants: A critical review of the effects, mechanisms, and tolerance strategies. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 52(5), 675–726. <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1835435>
- Gaballah, M. S., Ismail, K., Aboagye, D., Ismail, M. M., Sobhi, M., & Stefanakis, A. I. (2021). Effect of design and operational parameters on nutrients and heavy metal removal in pilot floating treatment wetlands with *Eichhornia Crassipes* treating polluted lake water. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(20), 25664–25678. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12442-7>
- Gajic, G., Sharma, P., Roy, M., & Pandey, V. C. (2022). *Adaptive Phytoremediation Practices: Resilience to Climate Change*. Elsevier.
- Genchi, G., Sinicropi, M. S., Lauria, G., Carocci, A., & Catalano, A. (2020). The Effects of Cadmium Toxicity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/ijerph17113782>
- Ghizal, F., Ammar, M., Hadi, N., Nigam, N., & Mahdi, A. A. (2019). Cadmium in Human Diseases: It's More than Just a Mere Metal. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 34(4), 371–378. <https://doi.org/10.1007/s12291-019-00839-8>
- Kaur, H., & Garg, N. (2021). Zinc toxicity in plants: A review. *Planta*, 253(6), 129. <https://doi.org/10.1007/s00425-021-03642-z>
- Kumar, V., Pandita, S., Singh Sidhu, G. P., Sharma, A., Khanna, K., Kaur, P., Bali, A. S., & Setia, R. (2021). Copper bioavailability, uptake, toxicity and tolerance in plants: A comprehensive review. *Chemosphere*, 262, 127810. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127810>

- Kumar, V., Shah, M. P., & Shahi, S. K. (2022). *Phytoremediation Technology for the Removal of Heavy Metals and Other Contaminants from Soil and Water*. Elsevier.
- Kumar, V., Singh, J., & Kumar, P. (2020). Regression models for removal of heavy metals by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) from wastewater of pulp and paper processing industry. *Environmental Sustainability*, 3(1), 35–44. <https://doi.org/10.1007/s42398-019-00093-x>
- Li, Y., Zhou, Q., Ren, B., Luo, J., Yuan, J., Ding, X., Bian, H., & Yao, X. (2020). Trends and Health Risks of Dissolved Heavy Metal Pollution in Global River and Lake Water from 1970 to 2017. En P. de Voogt (Ed.), *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology Volume 251* (pp. 1–24). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/398_2019_27
- Lima, H. de P., & Asencios, Y. J. O. (2021). *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (natural or carbonized) as biosorbent to remove pollutants in water. *SN Applied Sciences*, 3(8), 750. <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04736-9>
- López, P. L. (2004). POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO. *Punto Cero*, 09(08), 69–74.
- Lozada Muñoz, E. Y. (2019). *Eficiencia de cuatro biomásas de Eichhornia Crassipes en la remoción de cadmio en aguas residuales del tragadero Yacuchingana – Cajamarca*.
- Mena Alberca, M. P., & Rafael Campos, H. A. (2017). *Biorremediación de Metales Pesados con Aislados Microbianos Procedentes de Pasivos Ambientales Mineros y Aguas del Río Hualgayoc—Cajamarca*. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/994>
- Murillo, A. G., Montanez, M. F., Cisneros, M., Salazar, F. V. G., Reyes, Z. L. V., Benites-Alfaro, E., & Blancas, A. S. A. (2023). Phytoremediation with *Schoenoplectus Americanus* and *Eichhornia Crassipes* in Cyanide Effluents. *Chemical Engineering Transactions*, 100, 37–42. <https://doi.org/10.3303/CET23100007>

- Myers, G., & Carlson, M. (2019). Copper and Zinc Nutritional Issues for Agricultural Animal Production. *Biological Trace Element Research*, 188(1), 148–159. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1578-5>
- Nazir, M. I., Idrees, I., Idrees, P., Ahmad, S., Ali, Q., & Malik, A. (2020). POTENTIAL OF WATER HYACINTH (*EICHHORNIA CRASSIPES* L.) FOR PHYTOREMEDIATION OF HEAVY METALS FROM WASTE WATER. *Biological and Clinical Sciences Research Journal*, 2020(1), Article 1. <https://doi.org/10.54112/bcsrj.v2020i1.6>
- Odar Chuye, J. H. (2019). *Diseño del plan de gestión ambiental de aguas residuales en la municipalidad distrital de Picsi, provincia de Chiclayo, región Lambayeque*. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/12976>
- Odoh, C. K., Zabbey, N., Sam, K., & Eze, C. N. (2019). Status, progress and challenges of phytoremediation—An African scenario. *Journal of Environmental Management*, 237, 365–378. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.02.090>
- Pajarillo, E. A. B., Lee, E., & Kang, D.-K. (2021). Trace metals and animal health: Interplay of the gut microbiota with iron, manganese, zinc, and copper. *Animal Nutrition*, 7(3), 750–761. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.03.005>
- Ponce Arteaga, Y. A., & Quispe Llaure, R. del P. (2019). *Remoción de zinc de los efluentes de la minería informal de la quebrada Sacalla empleando plantas hidrófitas *Schoenoplectus californicus* y *Eichhornia crassipes** [Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/52206>
- Rebaza Castillo, V., Alfaro Mudarra, S., & Campos Rivas, M. (2023). Calidad del ambiente marino costero de Pacasmayo, Malabrigo (Chicama), Huanchaco y Salaverry, Perú, (mayo 2017). *Instituto del Mar del Perú - IMARPE*. <https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/8610>

- R.J. N° 010-2016-ANA. (s. f.). Drupal. Recuperado 15 de abril de 2024, de <https://www.ana.gob.pe/normatividad/rj-no-010-2016-ana-0>
- Robalino Camacho, D. M. (2020). *Fitorremediación usando Eichhornia crassipes (JACINTO DE AGUA), en la planta de tratamiento de aguas residuales del recinto Pita, Caluma—Bolívar*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/48742>
- Robles Gomez, J. V. (2023). Calculo hidráulico para el tratamiento de agua residual con fines de mejorar la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM en el Centro Poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi—Daniel Alcides Carrión – Pasco, 2021. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2920>
- Rojas-Flores, S., De La Cruz-Noriega, M., Cabanillas-Chirinos, L., Otiniano, N. M., Soto-Deza, N., Rojas-Villacorta, W., & De La Cruz-Cerquin, M. (2024). The Potential Use of *Pseudomonas stutzeri* as a Biocatalyst for the Removal of Heavy Metals and the Generation of Bioelectricity. *Fermentation*, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/fermentation10020113>
- Salas Mercado, D., Belizario-Quispe, G., & Horna-Muñoz, D. (2023). Heavy Metal Pollution Assessment in Lake Rinconada in the Southern Andes, Peru. *Pollution*, 9(2), 477–493. <https://doi.org/10.22059/poll.2022.346689.1558>
- Sandoval Vilchez, J. D. (2019). *Eficiencia del jacinto de agua eichhornia crassipes y lenteja de agua lemna minor l. En la remoción de cadmio en aguas residuales* [Universidad Nacional Federico Villarreal]. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/3256>
- Shen, X., Dai, M., Yang, J., Sun, L., Tan, X., Peng, C., Ali, I., & Naz, I. (2022). A critical review on the phytoremediation of heavy metals from environment: Performance and challenges. *Chemosphere*, 291, 132979. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132979>
- Shmaefsky, B. R. (2020). *Phytoremediation: In-situ Applications*. Springer Nature.

- Singh, J., Kumar, V., Kumar, P., & Kumar, P. (2022). Kinetics and prediction modeling of heavy metal phytoremediation from glass industry effluent by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(6), 5481–5492. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03433-9>
- Vasquez, C. I., & Ruiz, Á. (2023). *Study of Heavy Metal Contamination in the Moche River Basin* (SSRN Scholarly Paper 4480248). <https://doi.org/10.2139/ssrn.4480248>
- Velásquez Ramírez, M. G., Barrantes, J. A. G., Thomas, E., Gamarra Miranda, L. A., Pillaca, M., Tello Peramas, L. D., & Bazán Tapia, L. R. (2020). Heavy metals in alluvial gold mine spoils in the peruvian amazon. *CATENA*, 189, 104454. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104454>
- Yana, R., Belizario Quispe, G., Betancur, H., Huaquisto Cáceres, S., Mendoza, A., & Yabar Miranda, P. S. (2019). Concentración de metales pesados: Cromo, cadmio y plomo en los sedimentos superficiales en el río Coata, Perú. *Revista Boliviana de Química*, 2. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.36.2.3>
- Zakaria, Z., Zulkafflee, N. S., Mohd Redzuan, N. A., Selamat, J., Ismail, M. R., Praveena, S. M., Tóth, G., & Abdull Razis, A. F. (2021). Understanding Potential Heavy Metal Contamination, Absorption, Translocation and Accumulation in Rice and Human Health Risks. *Plants*, 10(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/plants10061070>
- Zhang, H., & Reynolds, M. (2019). Cadmium exposure in living organisms: A short review. *Science of The Total Environment*, 678, 761–767. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.395>
- Zhou, J.-M., Jiang, Z.-C., Qin, X.-Q., Zhang, L.-K., Huang, Q.-B., Xu, G.-L., & Dionysiou, D. D. (2020). Efficiency of Pb, Zn, Cd, and Mn Removal from Karst Water by *Eichhornia crassipes*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(15), Article 15. <https://doi.org/10.3390/ijerph17155329>

Fernández, L. 2013. *Capacidad Acumuladora de Cadmio en Raíces de Scirpuscalifornicus* *Expuesta a Diferentes Concentraciones de Nitrato de Cadmio en Condiciones de Laboratorio*. Tesis para obtener el título profesional de Biólogo. Trujillo-Perú

Anexos

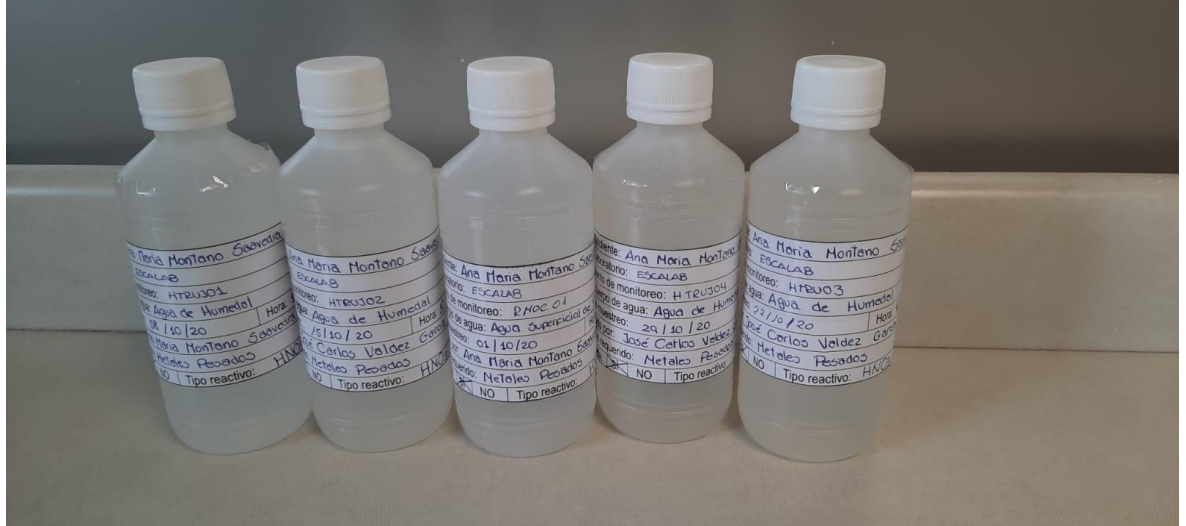
ANEXO N°1: Tabla de crecimiento de la raíz altura de la planta

Crecimiento de la raíz y altura de la planta										
Numero de planta	Día 0		Día 2		Día 6		Día 12		Día 18	
	Raíz (cm)	Altura (cm)	Raíz (cm)	Altura (cm)	Raíz (cm)	Altura (cm)	Raíz (cm)	Altura (cm)	Raíz (cm)	Altura (cm)
P1										
P2										
P3										
P4										
P5										
P6										
P7										
P8										
P9										
P10										
P11										
P12										
P13										
P14										

ANEXO N°02: Filtración del agua del humedal artificial para análisis de metales pesados.



Anexo N°03: Muestra de agua para el análisis en laboratorio



ANEXO N°04: Cambio fisiológico del jacinto de agua *Eichhornia crassipes*.



Anexo N°05: Medición del jacinto de agua *Eichhornia crassipes*




ANEXO N°06: Resultados de los análisis de metales pesados antes del tratamiento

AGQ Labs INFORME DE ENSAYO

NR de Referencia: A-20/126904 Tipo Muestra: Agua Río
 Descripción(*): RMOC01 Fecha Fin: 13/11/2022

Parámetro	Resultado	Unidades	Unidad
Metales Totales			
Aluminio Total	0.102	mg/L	±0.013
Antimonio Total	0.00038	mg/L	±0.0005
Arsénico Total	0.00208	mg/L	±0.0002
Bario Total	0.0411	mg/L	±0.005
Berilio Total	< 0.00001	mg/L	-
Bismuto Total	< 0.00001	mg/L	-
Boro Total	0.287	mg/L	±0.02
Cadmio Total	0.00352	mg/L	±0.0005
Calcio Total	114	mg/L	±1
Ceño Total	0.00033	mg/L	±0.0005
Cobalto Total	0.00160	mg/L	±0.0002
Cobre Total	0.0279	mg/L	±0.0005
Cromo Total	< 0.001	mg/L	-
Estaño Total	< 0.0001	mg/L	-
Estroncio Total	0.54307	mg/L	±0.05
Fósforo Total	< 0.008	mg/L	-
Hierro Total	0.20	mg/L	-
Litio Total	0.0035	mg/L	±0.0005
Magnesio Total	30.1	mg/L	±1
Manganeso Total	1.0146	mg/L	±0.1
Mercurio Total	< 0.000070	mg/L	-
Molibdeno Total	0.00115	mg/L	-
Níquel Total	0.0012	mg/L	-
Plata Total	< 0.00006	mg/L	-
Plomo Total	< 0.00006	mg/L	-
Potasio Total	3.5	mg/L	-
Selenio Total	< 0.00004	mg/L	-
Sodio Total	64	mg/L	-
Talio Total	0.00014	mg/L	-
Teluro Total	< 0.001	mg/L	-
Titanio Total	< 0.0006	mg/L	-
Torio Total	0.00002	mg/L	-
Uranio Total	0.00027	mg/L	-
Vanadio Total	< 0.006	mg/L	-
Wolframio Total	0.00003	mg/L	-
Zinc Total	0.323	mg/L	-

ANEXO N°07: Resultados de análisis de metales pesados después de los análisis HTRUJI01.

AGQ Labs INFORME DE ENSAYO 

Nº de Referencia: A-20/228025
 Descripción(*): HTRUJI01
 Tipo Muestra: Agua Rio
 Fecha Fin: 13/11/2020

Parámetro	Resultado	Unidades	UCLM1
Metales Totales			
Aluminio Total	0,003	mg/L	±0,0004
Antimonio Total	0,00062	mg/L	±0,00007
Arsenico Total	0,00687	mg/L	±0,00089
Bario Total	0,0406	mg/L	±0,0057
Berilio Total	< 0,00001	mg/L	-
Bismuto Total	< 0,00001	mg/L	-
Boro Total	0,782	mg/L	±0,0537
Cadmio Total	0,00005	mg/L	±0,00000
Calcio Total	132	mg/L	±18,5
Cerio Total	< 0,00001	mg/L	-
Cobalto Total	0,00006	mg/L	±0,00000
Cobre Total	0,0032	mg/L	±0,00035
Cromo Total	< 0,001	mg/L	-
Estaño Total	< 0,0001	mg/L	-
Estroncio Total	0,66610	mg/L	±0,11323
Fósforo Total	0,027	mg/L	±0,0046
Hierro Total	< 0,03	mg/L	-
Litio Total	0,0134	mg/L	±0,00147
Magnesio Total	33,7	mg/L	±1,685
Manganeso Total	0,00087	mg/L	±0,00011
Mercurio Total	< 0,000070	mg/L	-
Molibdeno Total	0,00165	mg/L	±0,00028
Níquel Total	< 0,0009	mg/L	-
Plata Total	0,00066	mg/L	±0,00011
Piomo Total	< 0,00006	mg/L	-
Potasio Total	8,9	mg/L	±1,16
Selenio Total	0,00019	mg/L	±0,00002
Sodio Total	90	mg/L	±13,5
Talio Total	0,00001	mg/L	±0,00000
Tekuro Total	< 0,001	mg/L	-
Titanio Total	< 0,0006	mg/L	-
Torio Total	0,00015	mg/L	±0,00002
Uranio Total	0,00235	mg/L	±0,00039
Vanadio Total	< 0,006	mg/L	-
Wolframio Total	0,00017	mg/L	±0,00002
Zinc Total	0,031	mg/L	±0,0052

Q PERU, S.A.C.
 Calle José de Orbegoso 350, San Luis - Lima - PERU
 T: (511) 710 27 00
 atencion@cliente.agqlabs.com

ANEXO N°08: Resultados de análisis de metales pesados después del tratamiento HTRUJI02.

AGQ Labs		INFORME DE ENSAYO	
N° de Referencia:	A-20/126913	Tipo Muestra:	Agua Río
Descripción(*):	HTRUJI02	Fecha Fin:	13/11/2020
RESULTADOS ANALITICOS			
Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
Metales Totales			
Aluminio Total	0,005	mg/L	±0,0007
Antimonio Total	0,00065	mg/L	±0,00007 8
Arsénico Total	0,01046	mg/L	±0,00136 0
Bario Total	0,0418	mg/L	±0,0058
Berilio Total	< 0,00001	mg/L	-
Bismuto Total	< 0,00001	mg/L	-
Boro Total	0,356	mg/L	±0,0676
Cadmio Total	0,00007	mg/L	±0,00000 9
Calcio Total	152	mg/L	±21,3
Cerio Total	< 0,00001	mg/L	-
Cobalto Total	0,00010	mg/L	±0,00001 0
Cobre Total	0,0037	mg/L	±0,00041
Cromo Total	< 0,001	mg/L	-
Estaño Total	< 0,0001	mg/L	-
Estroncio Total	0,76451	mg/L	±0,12996 6
Fósforo Total	0,115	mg/L	±0,0196
Hierro Total	< 0,03	mg/L	-
Litio Total	0,0122	mg/L	±0,00134
Magnesio Total	40,3	mg/L	±2,017
Manganeso Total	0,00082	mg/L	±0,00010 7
Mercurio Total	< 0,000070	mg/L	-
Molibdeno Total	0,00190	mg/L	±0,00032 4
Níquel Total	< 0,0009	mg/L	-
Plata Total	< 0,00006	mg/L	-
Plomo Total	< 0,00006	mg/L	-
Potasio Total	15	mg/L	±1,95
Selenio Total	< 0,00004	mg/L	-
Sodio Total	100	mg/L	±15,0
Talio Total	< 0,00001	mg/L	-
Teluro Total	< 0,001	mg/L	-
Titanio Total	< 0,0006	mg/L	-
Torio Total	0,00009	mg/L	±0,00001 3
Uranio Total	0,00267	mg/L	±0,00045 4
Vanadio Total	< 0,006	mg/L	-
Wolframio Total	0,00011	mg/L	±0,00001 3
Zinc Total	0,020	mg/L	±0,0034

ANEXO N°08: Resultados de análisis de metales pesados después del tratamiento HTRUJI03.

GAGQ Labs		INFORME DE ENSAYO		IAS	
Nº de Referencia: A-20/126914 Descripción(*): HTRUJI03		Tipo Muestra: Agua Río Fecha Fin: 13/11/2020		ACCREDITADO INICIO 2011 T. 984	
RESULTADOS ANALITICOS					
Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA	
Metales Totales					
Aluminio Total	0,006	mg/L	±0,0007		
Antimonio Total	0,00070	mg/L	±0,00008	4	
Arsénico Total	0,01354	mg/L	±0,00176	0	
Bario Total	0,0433	mg/L	±0,0061		
Berilio Total	< 0,00001	mg/L	-		
Bismuto Total	< 0,00001	mg/L	-		
Irono Total	0,384	mg/L	±0,0730		
Cadmio Total	0,00014	mg/L	±0,00001	8	
Calcio Total	163	mg/L	±22,9		
Cerio Total	< 0,00001	mg/L	-		
Cobalto Total	0,00012	mg/L	±0,00001	2	
Cobre Total	0,0077	mg/L	±0,00085		
Cromo Total	< 0,001	mg/L	-		
Estaño Total	< 0,0001	mg/L	-		
Estroncio Total	0,81283	mg/L	±0,13818	1	
Fósforo Total	0,253	mg/L	±0,0430		
Hierro Total	< 0,03	mg/L	-		
Litio Total	0,0130	mg/L	±0,00143		
Magnesio Total	45,3	mg/L	±2,266		
Manganeso Total	0,00149	mg/L	±0,00019	3	
Mercurio Total	< 0,000070	mg/L	-		
Molibdeno Total	0,00241	mg/L	±0,00041	0	
Níquel Total	0,0012	mg/L	±0,00014		
Plata Total	< 0,00006	mg/L	-		
Plomo Total	< 0,00006	mg/L	-		
Plutonio Total	24	mg/L	±3,14		
Selenio Total	< 0,00004	mg/L	-		
Sodio Total	114	mg/L	±17,1		
Talio Total	0,00003	mg/L	±0,00000	6	
Teluro Total	< 0,001	mg/L	-		
Titanio Total	< 0,0006	mg/L	-		
Torio Total	0,00005	mg/L	±0,00000	7	
Uranio Total	0,00306	mg/L	±0,00052	1	
Vanadio Total	< 0,006	mg/L	-		
Wolframio Total	0,00007	mg/L	±0,00000	8	
Zinc Total	0,031	mg/L	±0,0054		

ANEXO N°09: Resultados de análisis de metales pesados después del tratamiento HTRUJI04.

INFORME DE ENSAYO

AGQ Labs

IA

Nº de Referencia: A-20/20915
 Descripcón(*): HTRUJI04

Tipo Muestra: Agua Río
 Fecha Fin: 13/11/2020

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CAA
Metales Totales				
Aluminio Total	0.009	mg/L	±0.0012	
Antimonio Total	0.00068	mg/L	±0.00008	1
Arsénico Total	0.01442	mg/L	±0.00187	5
Bario Total	0.0437	mg/L	±0.0061	
Berilio Total	< 0.00001	mg/L	-	
Bismuto Total	< 0.00001	mg/L	-	
Boro Total	0.365	mg/L	±0.0694	
Cadmio Total	0.00012	mg/L	±0.00001	6
Calcio Total	170	mg/L	±23.9	
Cerio Total	0.00011	mg/L	±0.00002	5
Cobalto Total	0.00014	mg/L	±0.00001	4
Cobre Total	0.0063	mg/L	±0.00069	
Cromo Total	< 0.001	mg/L	-	
Estaño Total	< 0.0001	mg/L	-	
Estroncio Total	0.84671	mg/L	±0.14394	9
Fósforo Total	0.277	mg/L	±0.0471	
Hierro Total	< 0.03	mg/L	-	
Litio Total	0.0117	mg/L	±0.00129	
Magnesio Total	47.2	mg/L	±2.358	
Manganeso Total	0.00105	mg/L	±0.00013	6
Mercurio Total	< 0.000070	mg/L	-	
Molibdeno Total	0.00249	mg/L	±0.00042	3
Níquel Total	0.0013	mg/L	±0.00016	
Plata Total	< 0.00006	mg/L	-	
Plomo Total	< 0.00006	mg/L	-	
Potasio Total	28	mg/L	±3.59	
Selenio Total	< 0.00004	mg/L	-	
Sodio Total	114	mg/L	±17.1	
Talio Total	0.00003	mg/L	±0.00000	6
Teluro Total	< 0.001	mg/L	-	
Titanio Total	< 0.0006	mg/L	-	
Torio Total	0.00007	mg/L	±0.00000	9
Uranio Total	0.00296	mg/L	±0.00050	4
Vanadio Total	< 0.006	mg/L	-	
Wolframio Total	0.00013	mg/L	±0.00001	6
Zinc Total	0.020	mg/L	±0.0035	

AGQ PERU, S.A.C.
 Av. Los Ríos de Otéguaco 150, San José, Lima, PERU
 T: (51) 710 27 00
 atenciónalcliente@agqlabs.com

