



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Remoción de plomo en aguas contaminadas mediante un  
sistema hidropónico con *Impatiens walleriana*

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniera Ambiental

**AUTORA:**

Villanueva Rubiños, Kelly Sharon (orcid.org/0000-0001-8038-9228)

**ASESOR:**

Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto (orcid.org/0000-0002-8683-5054)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

### **Dedicatoria:**

A mi madre Julia Rubiños por el apoyo brindado en toda mi etapa universitaria. A mis compañeros por el aliento y motivación constante. Por último, a todas las personas que me apoyaron y motivaron a seguir adelante durante mi periodo de formación.

**Agradecimiento:**

A mi asesor de tesis, el Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera, por el apoyo constante, los consejos que me brindó y la paciencia que tuvo durante el desarrollo de mi investigación.

## Índice de contenidos

Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	3
III. METODOLOGÍA .....	8
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	8
3.2. Variables y operacionalización.....	8
3.3. Población, muestra y muestreo.....	9
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	9
3.5. Procedimientos .....	9
3.6. Método de análisis de datos .....	14
3.7. Aspectos éticos.....	14
IV. RESULTADOS.....	16
V. DISCUSIÓN .....	24
VI. CONCLUSIONES .....	28
VII. RECOMENDACIONES.....	29
REFERENCIAS.....	30
ANEXOS .....	37

## Índice de tablas

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos y concentraciones de plomo antes del tratamiento.....	16
Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos y concentraciones de plomo en un periodo de 7 días de tratamiento .....	17
Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos y concentraciones de plomo en un periodo de 14 días de tratamiento .....	18
Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos y concentraciones de plomo en un periodo de 21 días de tratamiento .....	19
Tabla 5. Características físicas de la <i>Impatiens walleriana</i> antes de ser sometida a un sistema hidropónico .....	20
Tabla 6. Características físicas de la <i>Impatiens walleriana</i> después de ser sometida a un sistema hidropónico .....	21
Tabla 7. Porcentaje de remoción de plomo en los 3 contenedores .....	22
Tabla 8. Determinación de plomo en el tejido vegetal .....	23
Tabla 9. Estadística descriptiva de la remoción de plomo en cada Contenedor .....	24
Tabla 10. Análisis descriptivo de remoción de plomo en cada contenedor .....	24

## Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de flujo para la remoción de plomo mediante un sistema hidropónico con <i>Impatiens walleriana</i> .....	10
Figura 2. Procedimiento de la metodología: a) fase de contaminación y b) fase de elaboración del sistema hidropónico .....	11
Figura 3. Diagrama del proceso de toma de muestra.....	12
Figura 4. Diagrama del proceso de construcción del sistema hidropónico.....	12
Figura 5. Diagrama del proceso de preparación de la <i>Impatiens walleriana</i> para el sistema hidropónico.....	13
Figura 6. Diagrama del proceso de inserción del agua contaminada en el sistema hidropónico y control de las plantas .....	14
Figura 7. Diagrama del proceso de crecimiento de la <i>Impatiens walleriana</i> y análisis final de la calidad del agua contaminada.....	15
Figura 8. Porcentaje de remoción de plomo.....	24

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo analizar la efectividad de la *Impatiens walleriana* para la remoción de plomo en aguas contaminadas mediante el uso de un sistema hidropónico. La investigación se realizó mediante un enfoque cuantitativo, fue de tipo aplicada y de diseño experimentalmente puro. Para evaluar la remoción de plomo con la *Impatiens walleriana* se utilizó 3 contenedores con concentraciones de 0.125, 0.123 y 0.19 mg/L del contaminante. El tratamiento se realizó en un periodo de 21 días y fue monitoreado cada 7 días, midiendo los parámetros fisicoquímicos como la conductividad eléctrica, pH y temperatura. Como resultado, se alcanzó una máxima remoción de plomo del 96.56%. Además, el análisis de tejidos de la *Impatiens walleriana*, mostró concentraciones de plomo del 743.73 mg/Kg en la raíz, 10.34 mg/Kg en el tallo y 1.43 mg/Kg en las hojas. Finalmente, la investigación demostró que la *Impatiens walleriana* es un buen absorbente de plomo y podría utilizarse como alternativa para mejorar la calidad del agua de una manera eco-amigable.

**Palabras clave:** remoción, hidroponía, aguas contaminadas, plomo.

## Abstract

The objective of this investigation was to analyze the effectiveness of *Impatiens walleriana* for the removal of lead in contaminated water through the use of a hydroponic system. The research was carried out using a quantitative approach; it was of an applied type and of an experimentally pure design. To evaluate lead removal with *Impatiens walleriana*, 3 containers were obtained with concentrations of 0.125, 0.123 and 0.19 mg/L of the contaminant. The treatment was carried out in a period of 21 days and was monitored every 7 days, measuring physicochemical parameters such as electrical conductivity, pH and temperature. As a result, a maximum lead removal of 96.56% was achieved. In addition, the analysis of *Impatiens walleriana* tissues showed lead concentrations of 743.73 mg/Kg in the root, 10.34 mg/Kg in the stem and 1.43 mg/Kg in the leaves. Finally, the research revealed that *Impatiens walleriana* is a good lead absorber and could be used as an alternative to improve water quality in an eco-friendly way.

**Keywords:** removal, hydroponics, contaminated water, lead.



## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la disposición de las aguas residuales domésticas se ha convertido en un problema muy grave a la sociedad debido al vertimiento directo a las aguas superficiales sin un previo tratamiento correspondiente (Eriksson y Sigvan, 2019). Las aguas residuales frecuentemente son contaminadas por productos químicos, descargas industriales y domésticas (Kreuzig et al., 2021). Además, otro de los grandes problemas que aqueja al medio ambiente es la contaminación de los recursos hídricos por metales pesados, generando un gran efecto de toxicidad para el agua (Londoño y Muñoz, 2017). Los metales pesados presentes en las aguas residuales poseen una relevante gravedad específica que es cinco veces mayor que la gravedad del agua pura, conteniendo un alto grado de toxicidad. Estos metales como Cr, Cd, Cu, Hg, Pb y Zn son una gran amenaza para la humanidad y las plantas (Mustafa y Komatsu, 2016). A ello, Jahne et al. (2017) indicaron que los recursos hídricos como los ríos deben de ser tratados adecuadamente para poder mejorar la calidad de sus aguas y evitar que los residuos peligrosos generen daños a la salud de las personas y plantas.

Diferentes métodos físicos, químicos y biológicos han sido utilizados para el tratamiento de aguas contaminadas. Estos tratamientos cuentan con procesos de oxidación, adsorción, lodos activados y tecnologías de membrana (Saleh, Zouari y Al-Ghouti, 2020). Una de las técnicas más utilizadas es la hidroponía por lo que podría llevar a solucionar problemas globales, cómo la escasez de los recursos hídricos, la contaminación del medio ambiente, entre otros. Además, la hidroponía da un gran valor a los cultivos agrícolas, debido a que presenta un adecuado control del agua y nutrientes que generan un crecimiento adecuado del cultivo, y al mismo tiempo reduce el uso de insumos químicos (Mattson y Heinrich, 2019). Asimismo, disminuye la explotación de nuestros recursos hídricos y disminuye el uso excesivo de fertilizantes (Al-Karaki, 2021).

Estudios recientes demuestran que las aguas residuales pueden ser tratadas por algunas especies de plantas mediante un sistema hidropónico, debido a que ocurre una relación simbiótica entre los microorganismos y las

plantas (Worku et al., 2018). Para poder eliminar los metales que están disueltos en aguas residuales, existen algunas plantas que crecen en el agua y poseen una alta biomasa aérea y se caracterizan por tener una gran capacidad para la acumulación de contaminantes (Lyu 6 et al., 2018). Este proceso es sumamente importante para la fitorremediación de aguas residuales debido a que la raíz tiene una gran capacidad para absorber metales pesados en su superficie (Wang et al., 2018).

Considerando lo mencionado, la investigación se justifica de manera ambiental porque es una propuesta que mejora la calidad de las aguas residuales disminuyendo su contaminación por metales pesados, siendo la hidroponía una práctica natural para el tratamiento de estas aguas. Asimismo, se justifica de manera social porque incentiva a las poblaciones urbanas y rurales a realizar prácticas hidropónicas, con el fin de reducir la contaminación del agua y suelos. Finalmente, se justifica de manera económica porque un sistema hidropónico a comparación de otros tratamientos es más accesible y económico para la mejora de la calidad de las aguas contaminadas por metales pesados, por ende, este proceso generaría la reducción de costos en el tratamiento de aguas y así poder preservar la conservación de los recursos naturales (Cortez y Mendoza, 2020).

Por lo tanto, se planteó como objetivo general: Analizar la efectividad de la *Impatiens walleriana* para la remoción de plomo en aguas contaminadas mediante el uso de un sistema hidropónico. De acuerdo a esto, se plantearon los siguientes objetivos específicos, evaluar los parámetros fisicoquímicos del agua contaminada antes y después del tratamiento con un sistema hidropónico y determinar el porcentaje de remoción de plomo en aguas contaminadas mediante el uso de un sistema hidropónico con *Impatiens walleriana*.

Además, se planteó la siguiente hipótesis general: la *Impatiens walleriana* remueve el plomo en aguas contaminadas mediante el uso de un sistema hidropónico, y como hipótesis específicas: los parámetros fisicoquímicos del agua contaminada antes y después del tratamiento con un sistema hidropónico serán diferentes y la *Impatiens walleriana* es eficiente en el porcentaje de remoción de plomo.

## II. MARCO TEÓRICO

La hidroponía es un método de tratamiento de las aguas residuales para una óptima eliminación de metales pesados. Según Cortez y Mendoza (2020), mencionan que mediante una correcta aplicación de la hidroponía puede convertirse en una solución ecológica, generando una mejor calidad en la producción de alimentos vegetales y a su vez la eliminación de contaminantes. Por ello, la técnica de la hidroponía, puede reemplazar el uso del suelo y con ello minimizar la contaminación de nuestros recursos naturales. Por lo que, esta metodología debería ser aplicada con mayor frecuencia.

Una de las mejores técnicas hidropónicas es la utilización de película de nutrientes (NFT), el cual consiste en un sistema de tuberías de PVC facilitando la circulación del agua y nutrientes. Esta técnica sobresale principalmente por la protección de organismos con iones (Cova et al., 2017). A comparación de la DFT que varía en el sentido de que es una técnica de flujo profundo (Alipio et al. 2017). Así mismo la técnica de forraje verde hidropónico FVH, consiste en la separación de semillas generando una mejora en la calidad de vida del cultivo (Bedolla et al., 2015).

Al respecto, Gebeyehu et al. (2018) demostraron que dependiendo del diseño hidropónico se podría obtener la eliminación de contaminantes hasta de un 70%. En el mismo contexto, Lee et al. (2018) utilizaron un sistema hidropónico, alcanzando la remoción de contaminantes de hasta un 89%. Este resultado permitió el reaprovechamiento de las aguas tratadas para diversos fines. Además, Jin-Mei et al. (2020) informan que los sistemas hidropónicos en su gran mayoría son una buena opción ecológica para ayudar al crecimiento de los vegetales, así como también para eliminar los contaminantes hasta en un 88%.

Lyu et al. (2018) aplicaron a un sistema hidropónico el agua residual sin ninguna evaluación de contaminantes, y observaron que las semillas sembradas de una hortaliza poseen un buen crecimiento ya que no requiere demasiado monitoreo. Además, Chekli et al. (2017) utilizaron el agua residual para potenciar el crecimiento de las lechugas obteniendo una eficiencia de un 75%.

Al respecto, Akeem et al. (2018) determinaron que a través de sistemas hidropónicos y la fitorremediación, se puede lograr un elevado índice de eliminación de metales pesados, debido a que pudo expulsar hasta el 89% de contaminantes utilizando diversos tipos de cultivos. Así mismo, Ruiz (2017) en su trabajo mostró que se pudo purificar el agua a través de un sistema hidropónico, logrando eliminar metales pesados, como el arsénico, boro, cadmio, plomo, mercurio, hierro y magnesio, que son contaminantes generados por plaguicidas y pesticidas.

Rosales et al. (2018) mostró que con las algas *Scenedesmus* es posible remover nitrógeno, fósforo y cromo, obteniendo un porcentaje alto de lípidos de hasta un 20%, indicando así que la biomasa tiene un alto potencial para remover metales. Mientras, Barroso (2019) demostró que es posible remover hasta un 96.5% el cromo presente en el agua residual de diversas industrias.

Rodríguez (2020) utilizó *Ramnoflipidos* para remover cobre en aguas contaminadas de una laguna, teniendo como resultado valores de remoción del 48% de metales pesados. Arce (2017) menciona que existe una gran cantidad de plomo en las aguas y suelos debido a la minería que existe en las zonas, sobrepasando los LMP por lo que no es apto para el consumo humano ni para regadío, lo cual es alarmante.

Silvia (2019) utilizó hojas de alfalfa en cantidades de 50, 60 y 70 gramos y las mezcló con agua residual procedente de una industria textil, seguidamente se agitó a una velocidad de 170 rpm, luego fue trasladado a un horno a temperatura de 180°C durante 40 minutos, Finalmente se utilizó el método del Jar-test, haciéndolo reposar por 15 minutos. Para posteriormente tamizar y

mandarlo al laboratorio obteniendo como resultado la disminución de cadmio, cromo, plomo y arsénico presentes en aguas residuales textiles.

Lazarte (2019) propuso utilizar cáscara de maracuyá para reducir el alto grado de concentración de metales pesados (cobre y zinc) en el río Chillón, obteniendo valores altos de remoción de zinc y poca remoción de cobre. Así mismo, Vitolo (2022) utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica para poder determinar la presencia de cadmio y plomo. De igual manera realizando un análisis de varianza con un diseño aleatorio, obteniendo como varianzas estadísticas ( $p < 0,05$ ), con la prueba de Tukey.

Las aguas residuales se clasifican según las actividades que le dan su fuente de origen, como las domésticas, municipales e industriales. En su mayoría, estas aguas están compuestas por metales pesados, materia orgánica como sólidos suspendidos, etc. La clasificación del agua residual municipal antes de llegar al vertedero viene siendo una combinación de drenaje pluvial y aguas residuales ya tratadas, donde las características físico-químicas están enlazadas al nivel de la población y a su economía. (Villamar et al., 2018).

La clasificación industrial se origina por las actividades económicas, al tener contacto con los metales pesados dan origen a un alto grado de toxicidad para todo ser vivo. Por último, las aguas residuales domésticas vienen de hogares y comercios cercanos, estos contienen desperdicios orgánicos e inorgánicos (Ali, 2014). Por ello es de suma importancia tomar medidas para subsanar el daño ocasionado por estos contaminantes (Van Wezel et al., 2018).

Chira (2021) en su estudio recolectó 289 puntos de muestreo en los cuales hubo presencia de As, Cd y Pb, donde esta carga de metales fue transportada por el río Mantaro ya que en sus orillas hay mineras de las cuales sus contaminantes son expulsados al río. Mientras que Cieza (2017) recolectó datos mediante el protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos del Agua, tomando de muestra 3 puntos diferentes en distintos tiempos, lo que se obtuvo fue que las medidas de los metales pesados como el

cadmio, cromo, arsénico y plomo están bajo los estándares máximos permisibles, siendo consumible para la población. Sin embargo, están monitoreados ya que estas medidas pueden cambiar de un momento a otro debido a que estas aguas son trasladadas mediante tubos a la población y tienen el riesgo de llevar contaminantes en el transcurso.

Además, la importancia del uso de las aguas residuales es que son más fáciles de reutilizar luego de ser tratadas, asimismo, cuentan con nutrientes para las plantas y es una mejor alternativa para reemplazar al agua dulce (Prazares et al., 2017).

Al respecto, Intagri (2017) mencionó que la **hidroponía** es un sistema de producción en la cual se basa a que las raíces no están en el suelo, más bien están situados en alguna solución que facilita y ayuda al crecimiento de la misma planta. Con esta técnica hay diversas plantas que se adaptan y obtienen un mayor beneficio, plantas tales como: Solanáceas, Liliáceas, Crucíferas, Cucurbitáceas, Umbelíferas y las compuestas.

Para Rodríguez (2010) un **sistema hidropónico** es un sistema retirado del suelo que es usado para el cultivo, haciendo que el crecimiento sea posible debido a la solución nutritiva que se le brinda. Teniendo este sistema como finalidad reducir el número de cosechas realizadas en el suelo. Los sistemas hidropónicos son clasificados como abiertos y cerrados. Donde los sistemas abiertos se distinguen porque el agua sale como residuos a través de drenajes mientras que en los cerrados, el agua recircula obteniendo un margen de pérdida mínima.

**La solución nutritiva**, se define como sustrato hidropónico y es todo material con biología inerte, esto se refiere a que en la hidroponía esta solución brinda elementos importantes para las plantas, como: H, O, N, P, K, Zn, Mg, S, Fe, Cu, Mn, B y Mo (FAO, 2007). De la misma manera este sustrato no debe degradarse con facilidad, debe tener un alto índice de acidez y retener el agua. Estos sistemas son irrigados por el método riego de goteo, subirrigación y capilaridad (Linares, 2004).

Para **la solución nutritiva**, la calidad del agua dentro del sistema hidropónico es fundamental desde la parte química hasta la parte biológica. Así mismo, esta agua debe estar libre de contaminantes bacterianos que puedan ser malos para los seres humanos, como también a las hortalizas (Gilsanz, 2007). Al respecto, Perlman (2017) menciona que **la calidad del agua** es un término que se refiere a las características físicas, químicas y biológicas de la misma, este valor se le da dependiendo del uso que se va a dar, también se califica si el agua cuenta con las propiedades recomendadas para el uso dado.

Según la UNESCO (2017), **las aguas residuales** son aguas afectadas por las actividades humanas, son aguas sin ningún tipo de valor debido a que no se pueden volver a utilizar. Estas se clasifican en domésticas, municipales e industriales.

Para FACSA (2017), los **metales pesados** son un grupo de elementos químicos con un alto índice de densidad, generalmente siendo tóxicos para la salud de la humanidad. Los metales pesados más encontrados en el agua son: cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y níquel.

**Mecanismos de remoción de metales pesados**, existen diversos tipos de procesos para remover metales pesados en un medio acuoso, realizando intercambios iónicos, precipitación, coprecipitación, ultrafiltración, adsorción, ósmosis inversa y electrodiálisis (Aramis, 2003). Además, está el tratamiento de remediación con la Dolomita, que es basado en la precipitación química y adsorción de drenajes con metales diluidos en el agua (Flores, 2009).

### **III. METODOLOGÍA**

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

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo y fue de tipo aplicada. Según Rus (2020), una investigación aplicada es la que pretende solucionar problemas específicos aplicando el método científico. Además, esta se apoya de la investigación básica para poder ser realizada, ya que aporta en el conocimiento de los principios teóricos de la hidroponía y la remoción de metales pesados.

El diseño de investigación fue de tipo experimentalmente puro. Un diseño experimentalmente puro puede incluir una o más variables ya sean dependientes e independientes, en las cuales se realizan pruebas antes y después a la muestra, para poder analizar los cambios de los resultados obtenidos antes y después del proceso experimental (Henandez, Fernandez y Baptista, 2014).

La investigación tuvo un nivel de tipo explicativa, debido a que posee una relación causal y no sólo busca describir o encontrar un problema, también tiene como finalidad identificar las causas y efectos del problema. Por ello, la presente investigación buscó determinar la cantidad de plomo presente antes, durante y después del tratamiento de aguas contaminadas mediante un sistema hidropónico con *Impatiens walleriana*, para poder así obtener los resultados con respecto a la disminución de los contaminantes.

#### **3.2. Variables y operacionalización**

Para el desarrollo de la investigación se trabajó con dos variables tanto independiente como dependiente, siendo la variable independiente: Sistema hidropónico, y la variable dependiente: Remoción de Plomo en aguas contaminadas, ambas variables son de tipo cuantitativa; asimismo, la matriz de operacionalización de variables se muestra en el Anexo 1.



### **3.3. Población, muestra y muestreo**

La población estuvo constituida por el total de agua contaminada con plomo, las cuales provienen del agua potable adicionado nitrato de plomo en la fase de contaminación.

La muestra fue 30 litros de agua residual, de la cual 10 litros fueron distribuidos en 3 contenedores hidropónicos, y se realizaron 4 análisis a cada uno de los contenedores cada 7 días, durante un periodo de 21 días, para determinar la cantidad de plomo presente en dicha muestra.

El muestreo fue de tipo aleatorio simple, debido a que la población es homogénea y la muestra puede ser elegida de cualquier punto donde pase el agua contaminada.

La unidad de análisis del desarrollo de investigación fue de 100 ml del agua contaminada por plomo, durante los 3 tiempos de remediación en el sistema hidropónico.

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

La técnica que se utilizó fue la observación, en la cual se pudo controlar y registrar los efectos ocurridos durante el tratamiento del agua contaminada. Se emplearon como instrumentos de recolección de datos tres fichas, las cuales se pueden observar en el Anexo 2.

Para la validación de los instrumentos de recolección de datos se realizó un juicio de expertos, que fue conformado por tres especialistas en el ámbito de la investigación.

### **3.5. Procedimientos**

El procedimiento de la presente investigación está detallado en el siguiente diagrama de flujo el cual se muestra en la Figura 1.

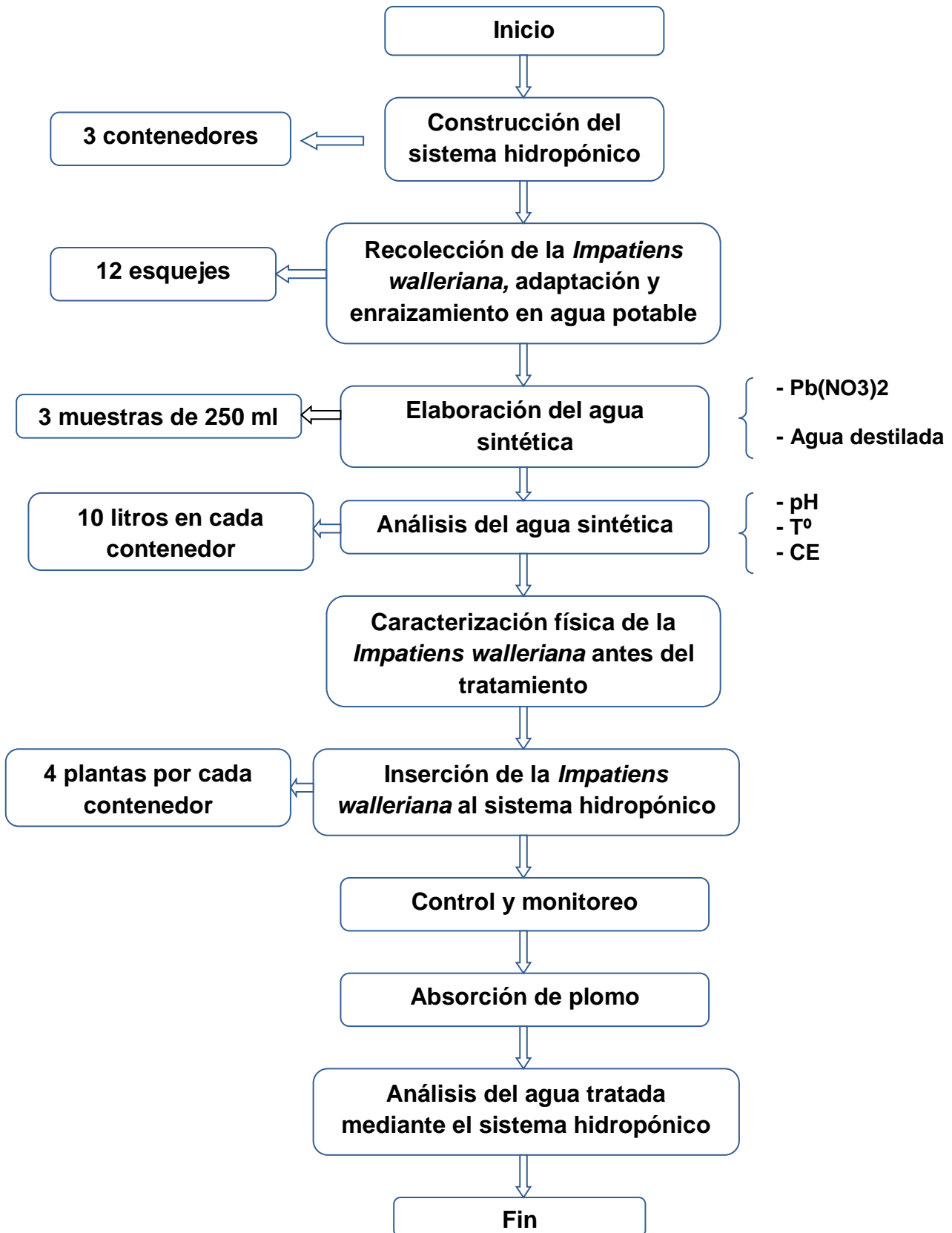
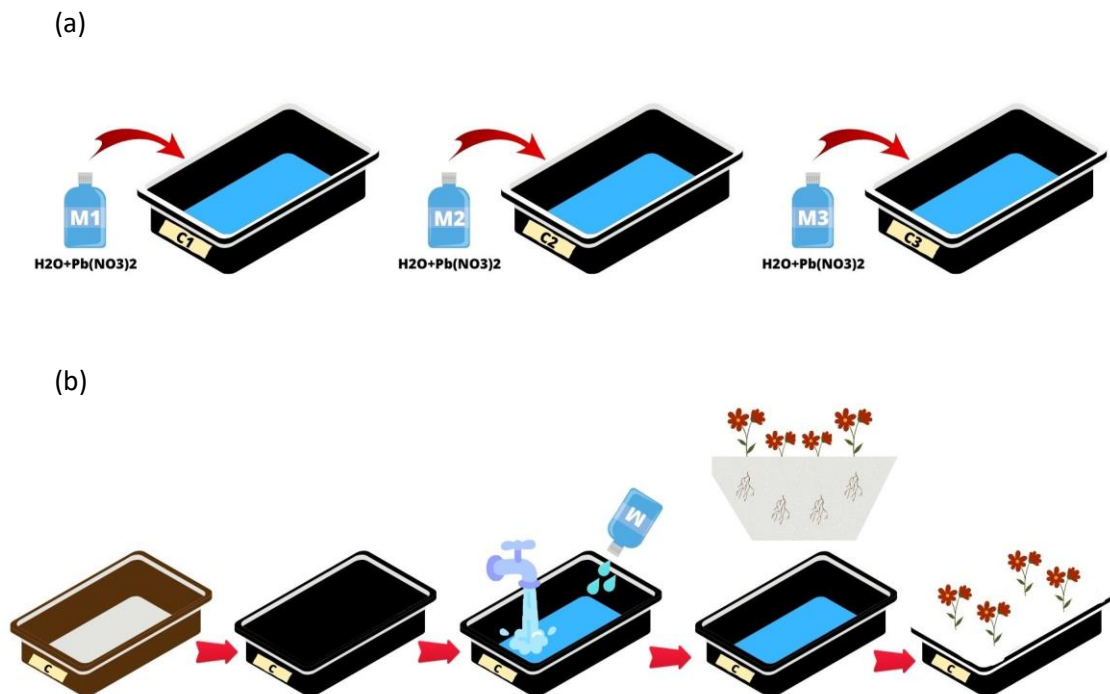


Figura 1. Diagrama de flujo para la remoción de plomo mediante un sistema hidropónico con *Impatiens walleriana*.

## Metodología experimental

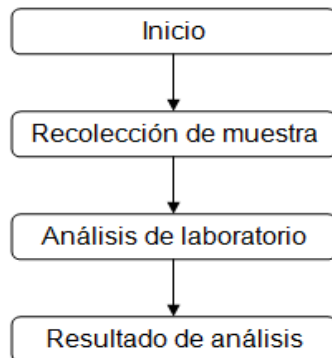
Para la experimentación se instalaron 3 contenedores hidropónicos en las cuales se colocaron 9.750 litros de agua potable en cada contenedor, más 250 ml de dilución de agua destilada con nitrato de plomo, donde el agua permaneció en un sistema estático. Por otro lado se realizó la fase de adaptación de la *Impatiens walleriana* en frascos con agua potable para obtener el enraizamiento respectivo, posterior a ello se traspasaron los esquejes a los contenedores, donde se colocaron 4 esquejes para cada contenedor.



### Etapa 1: Toma de muestra

La toma de muestra fue tomada de 3 contenedores que estaban conformados por agua potable de consumo humano con nitrato de plomo en diferentes concentraciones, luego se colocó las muestras en tres envases para

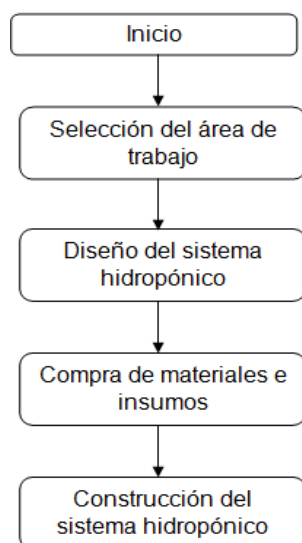
posteriormente ser llevados a un laboratorio, el cual determinó las concentraciones de plomo que contenía dicha agua contaminada.



**Figura 3. Diagrama del proceso de toma de muestra**

### **Etapa 2: Construcción e instalación del sistema hidropónico**

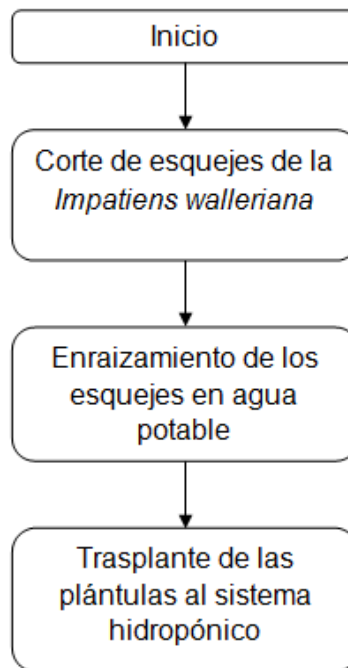
Para la construcción del sistema hidropónico se escogió un espacio de aproximadamente 5 m<sup>2</sup>, luego de ello se diseñará el sistema hidropónico de tipo raíz flotante que estuvo situado dentro del espacio proporcionado. Posteriormente, se procedió a realizar la compra de los materiales para la elaboración del sistema, entre estos materiales se tiene: Cajas de madera, plástico negro calibre 600, planchas de tecnopor, entre otros. Finalmente, teniendo todos los materiales se procedió a la instalación del sistema hidropónico para poder comenzar con el tratamiento de la muestra del agua residual tomada.



**Figura 4. Diagrama del proceso de construcción del sistema hidropónico**

### **Etapa 3: Preparación del cultivo para el sistema hidropónico**

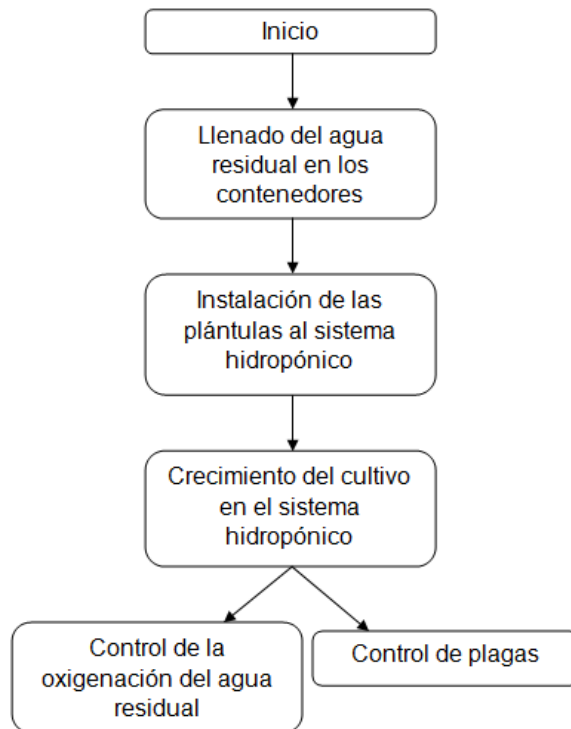
Se realizó la propagación de la *Impatiens walleriana* mediante esquejes, se colocaron los esquejes en agua potable reposada durante 2 a 3 semanas para su adaptación hasta lograr su enraizamiento, luego de ello se procedió a realizar el trasplante de las plántulas al sistema hidropónico.



**Figura 5. Diagrama del proceso de preparación de la *Impatiens walleriana* para el sistema hidropónico**

### **Etapa 4: Inserción del agua contaminada en el sistema hidropónico y control de las plantas**

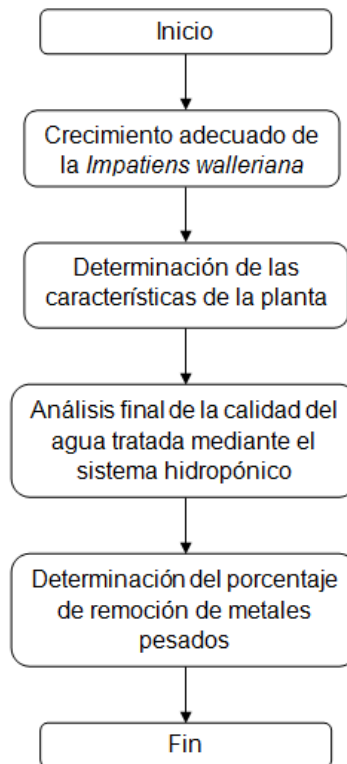
El agua contaminada fue colocada en el contenedor, para poder así iniciar con el funcionamiento del sistema hidropónico que a su vez también funcionó como una fuente de tratamiento del agua residual que contiene este sistema, durante el transcurso de los días se realizó el control de plagas en las plantas y junto a esto también se realizó el control de la oxigenación del agua para un adecuado tratamiento de dicha agua.



**Figura 6. Diagrama del proceso de inserción del agua contaminada en el sistema hidropónico y control de las plantas**

#### **Etapa 5: Análisis final de la calidad del agua residual**

Después de obtener un proceso de crecimiento necesario de la *Impatiens walleriana*, se determinó las características de cada una de ellas y se analizó si el agua contaminada produjo alguna alteración en el crecimiento de las plantas, posterior a ello se analizó la calidad del agua que fue utilizado en el sistema hidropónico y finalmente se determinó el porcentaje de remoción de plomo que contenía dicha agua contaminada.



**Figura 7. Diagrama del proceso de crecimiento de la *Impatiens walleriana* y análisis final de la calidad del agua contaminada**

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

Para el análisis de datos se utilizó la estadística descriptiva e inferencial, para ello se utilizó el software IBM SPSS Statistics, en el cual se realizó el análisis de varianza ANOVA, para poder identificar el nivel de significancia del tratamiento del agua contaminada mediante la hidroponía en cada contenedor. Además, se presentaron gráficos del porcentaje de remoción de plomo presente en el agua residual y el cual fue utilizado en el sistema hidropónico.

### **3.7. Aspectos éticos**

La presente investigación cumplió con los reglamentos establecidos por la Universidad César Vallejo, cumpliendo con la recolección de datos verídicos, por lo que se respetó el derecho de autenticidad de cada uno de los autores consultados y citándolos adecuadamente según la norma ISO-690. Además, se empleó el software TURNITIN, para poder determinar el nivel de originalidad y así evitar semejanzas con otras investigaciones realizadas. También, el

desarrollo se rigió por la resolución del consejo universitario N°0313-2017/UCV, el cual establece el reglamento para la investigación científica. De la misma manera, se respetó los lineamientos establecidos en el código de ética según la resolución del consejo universitario N°0126-2017/UCV. Finalmente, se alineó a la resolución del consejo universitario N°0200-2018, la cual especifica la línea de investigación y fue estructurado de acuerdo a la guía de productos de investigación 2020.



## IV. RESULTADOS

### 4.1. Parámetros fisicoquímicos y concentraciones de plomo presentes en el agua contaminada.

En la Tabla 1 se muestran los resultados antes del tratamiento con *Impatiens walleriana*.

**Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos y concentraciones de plomo antes del tratamiento.**

Parámetros Contenedor	Temperatura (°C)	pH (1 -14)	Conductividad Eléctrica ( $\mu$ S/cm)	Plomo (mg/L)
Contenedor 1	20.5	6.94	578	0.125
Contenedor 2	19.6	6.84	556	0.123
Contenedor 3	19.6	6.67	552	0.109

En la Tabla 1 se observó los resultados de la concentración inicial de plomo y los parámetros fisicoquímicos presentes en el agua contaminada de cada contenedor.

Inicialmente, la temperatura en los contenedores 2 y 3 se mantuvo en 19.6 °C a comparación del primer contenedor que tenía 20.5 °C. Según Castañares (2018), la temperatura del agua adecuada para un sistema hidropónico debe ser entre 18 a 25 °C, la cual permite un crecimiento adecuado para las plantas.

Según el MINAM (2017), el pH óptimo en la calidad del agua utilizada en el riego de vegetales debe estar entre 6.5 a 8.5, por ello en los 3 contenedores utilizados para el tratamiento, el pH se mantuvo dentro del rango establecido.

Los valores iniciales de la conductividad eléctrica en los 3 contenedores no varían significativamente por lo que tienen valores de 578, 556 y 552  $\mu\text{S/cm}$  respectivamente.

**Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos y concentraciones de plomo en un periodo de 7 días de tratamiento.**

Tiempo 1 ( 7 días)				
Parámetros Contenedor	Temperatura (°C)	pH (1 -14)	Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ )	Plomo (mg/L)
Contenedor 1	20.0	6.66	558	0.02875
Contenedor 2	19.0	6.55	550	0.0225
Contenedor 3	19.0	6.47	538	0.0195

En la Tabla 2 se observó los resultados de los parámetros fisicoquímicos y la concentración de plomo en los 3 contenedores durante los primeros 7 días de tratamiento con *Impatiens walleriana*.

La temperatura, pH y la conductividad eléctrica del agua de los 3 contenedores en el día 7 se mantuvieron en el rango óptimo por lo que se obtuvo una adecuada adaptación de la planta en el sistema hidropónico y una significativa remoción de plomo.

La concentración de plomo en los 3 contenedores disminuyó durante la primera semana hasta tener valores mínimos que están dentro del ECA establecido por el MINAM.

**Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos y concentraciones de plomo en un periodo de 14 días de tratamiento.**

Tiempo 2 ( 14 días)				
Parámetros Contenedor	Temperatura (°C)	pH (1 -14)	Conductividad Eléctrica ( $\mu$ S/cm)	Plomo (mg/L)
Contenedor 1	19.0	6.79	584	0.01825
Contenedor 2	22.5	6.74	610	0.0155
Contenedor 3	21.6	6.81	614	0.01245

En la Tabla 3 se observó los resultados de los parámetros fisicoquímicos y concentración de plomo en los 3 contenedores durante los 14 días de tratamiento con *Impatiens walleriana*.

Los valores de la conductividad eléctrica de los contenedores 2 y 3 se mantuvieron con 610 y 614  $\mu$ S/cm respectivamente, a comparación del contenedor 1 que tuvo 584  $\mu$ S/cm.

La temperatura y el pH del agua en los 3 contenedores en el día 14 se mantuvieron dentro del rango óptimo, por lo que la planta tuvo una adecuada adaptación en el sistema hidropónico y se observó un crecimiento notorio de la planta.

Con respecto a la concentración de plomo, durante la segunda semana siguió disminuyendo en los 3 contenedores, obteniendo valores que están debajo de los 0,05 mg/L, lo cual es un resultado favorable para el tratamiento con *Impatiens walleriana*.

**Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos y concentraciones de plomo en un periodo de 21 días de tratamiento.**

Tiempo 3 ( 21 días)				
Parámetros Contenedor	Temperatura (°C)	pH (1 -14)	Conductividad Eléctrica ( $\mu$ S/cm)	Plomo (mg/L)
Contenedor 1	20.0	6.70	630	0.01075
Contenedor 2	20.0	6.72	668	0.00758
Contenedor 3	20.0	6.66	648	0.00375

En la Tabla 4 se observó los resultados de la concentración final de plomo y los parámetros fisicoquímicos que posee el agua contaminada en cada uno de los contenedores.

La temperatura en los 3 contenedores durante las 3 semanas de tratamiento se mantuvo dentro del rango de los 18 a 25 °C, lo cual para Castañares (2018), la temperatura del agua adecuada para un sistema hidropónico debe ser entre 18 a 25 °C.

En cuanto a la conductividad eléctrica se obtuvo como resultado 630, 668 y 648  $\mu$ S/cm lo cual hubo un incremento a comparación de los valores iniciales, los cuales fueron 578, 556 y 552  $\mu$ S/cm respectivamente.

Con respecto al pH, los valores obtenidos en los 3 contenedores están dentro del ECA según el MINAM, lo cual es determinado como agua apta para riego y el consumo de animales.

Las concentraciones de plomo, durante la tercera y última semana continuaron disminuyendo en los 3 contenedores, obteniendo valores mínimos de plomo los cuales fueron menores a 0,05 mg/L, el cual es el valor máximo permisible para el riego y el consumo de animales.

#### 4.2 Análisis fisiológico de la *Impatiens walleriana*.

Para el análisis fisiológico de la *Impatiens walleriana*, se aplicó la técnica de la observación para poder identificar si el plomo ha causado alguna reacción durante la etapa de crecimiento de la planta.

**Tabla 5. Características físicas de la *Impatiens walleriana* antes de ser sometida a un sistema hidropónico.**

Contenedor	Cultivo	Altura (cm)	Tamaño de raíz (cm)	Número de hojas (unidad)	Color de hojas
Contenedor 1	Planta 1	28	11	15	Verde oscuro
	Planta 2	27	10	10	Verde oscuro
	Planta 3	32	13	13	Verde oscuro
	Planta 4	30	13	11	Verde con manchas marrones
Contenedor 2	Planta 5	31	15	15	Verde oscuro
	Planta 6	23	11	15	Verde oscuro
	Planta 7	33	10	25	Verde oscuro
	Planta 8	27	10	11	Verde oscuro
Contenedor 3	Planta 9	26	11	12	Verde oscuro
	Planta 10	28	10	34	Verde oscuro
	Planta 11	27	8	10	Verde con manchas marrones
	Planta 12	21	14	11	Verde oscuro

En la Tabla 5 se observó las características físicas iniciales de la *Impatiens walleriana* después de ser sometida en agua libre de plomo en la fase de adaptación.

**Tabla 6. Características físicas de la *Impatiens walleriana* después de ser sometida a un sistema hidropónico.**

Contenedor	Cultivo	Altura (cm)	Tamaño de raíz (cm)	Número de hojas (unidad)	Color de hojas
<b>Contenedor 1</b>	Planta 1	34	16	12	Verde oscuro
	Planta 2	36	18	11	Verde con manchas marrones
	Planta 3	35	17	10	Verde con manchas marrones
	Planta 4	36	20	12	Verde con manchas marrones
<b>Contenedor 2</b>	Planta 5	32	16	11	Verde con manchas marrones
	Planta 6	29	18	9	Verde oscuro
	Planta 7	35	12	26	Verde oscuro
	Planta 8	31	14	12	Verde oscuro
<b>Contenedor 3</b>	Planta 9	34	14	19	Verde oscuro
	Planta 10	35	19	39	Verde oscuro
	Planta 11	34	13	10	Verde con manchas marrones
	Planta 12	35	21	13	Verde oscuro

En la Tabla 6 se observó que las plantas 2, 3 y 5 empezaron a tener manchas marrones, además, se observa que hubo un incremento en la altura y el tamaño de raíz de la *Impatiens walleriana*.

### 4.3 Comparación del porcentaje de remoción.

Ecuación 1. Determinación del porcentaje de remoción de plomo.

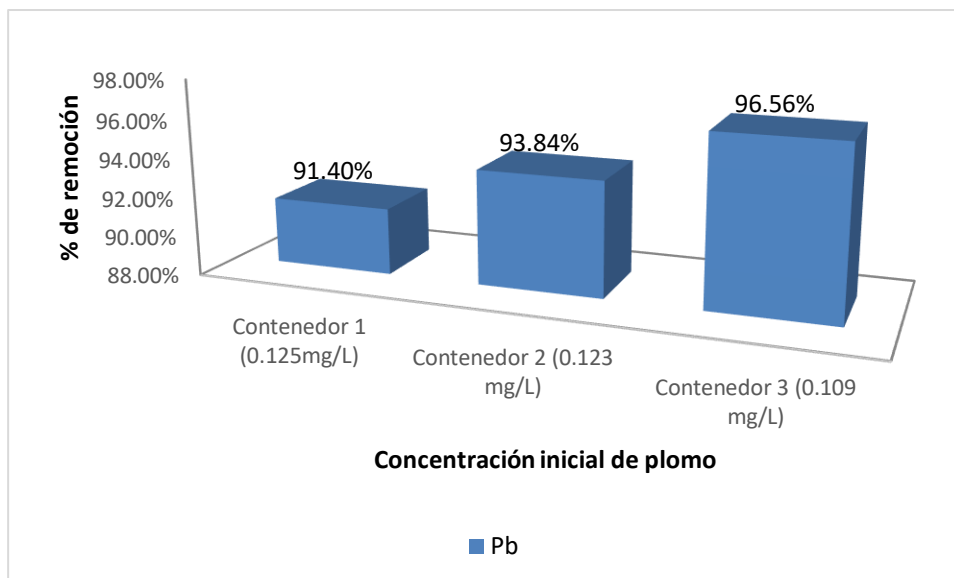
$$\%R = \frac{(\text{Concentración inicial de plomo} - \text{Concentración final de plomo})}{\text{Concentración inicial de plomo}} \times 100 \dots (1)$$

Según la Ecuación 1 se reemplaza las concentraciones de plomo antes y después del tratamiento en cada uno de los contenedores, para obtener como resultado el porcentaje de remoción de plomo, el cual se muestra en la Tabla 7.

**Tabla 7. Porcentaje de remoción de plomo en los 3 contenedores**

Contenedor	% de remoción de plomo
Contenedor 1	91.40%
Contenedor 2	93.84%
Contenedor 3	96.56%

En la Tabla 7 se observó la comparación de los porcentajes de remoción de plomo en cada uno de los contenedores, lo cual indica que en el contenedor 3 hubo un mayor porcentaje de remoción de plomo y por ende una mayor efectividad.



**Figura 7. Porcentaje de remoción de plomo**

En la Figura 7 se observó que en el contenedor 3 hay una mayor cantidad de remoción de plomo con 96.56%, seguido del contenedor 2 con 93.84% y finalmente el contenedor 1 con 91.40%.

#### **4.4 Determinación de plomo en la *Impatiens walleriana*.**

Se realizó un análisis de Absorción Atómica – Llama, al tejido vegetal de la *Impatiens walleriana*, para poder determinar la concentración de plomo en cada una de sus partes.

**Tabla 8. Determinación de plomo en el tejido vegetal**

<b>Muestra</b>	<b>Concentración de plomo (mg/Kg)</b>
Raíz	743.73
Tallo	10.34
Hojas	1.43

En la tabla 8 se observó que la mayor concentración de plomo se encuentra en la raíz, seguida del tallo y por último en las hojas.



#### 4.5. Análisis descriptivo

**Tabla 9. Estadística descriptiva de la remoción de plomo en cada contenedor**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Contenedor 1	4	33,3	33,3	33,3
	Contenedor 2	4	33,3	33,3	66,7
	Contenedor 3	4	33,3	33,3	100,0
	Total	12	100,0	100,0	

**Tabla 10. Análisis descriptivo de remoción de plomo en cada contenedor**

Descriptivos				
			Estadístico	Desv. Error
Concentración de Plomo	Media		0,04	0,014
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	0,01	
		Límite superior	0,07	
	Media recortada al 5%		0,04	
	Mediana		0,02	
	Varianza		0,002	
	Desviación		0,047	
	Mínimo		0.00375	
	Máximo		0.125	
	Rango		0	
	Rango intercuartil		0	
	Asimetría		1,277	0,637
	Curtosis		-,284	1,232

## V. DISCUSIÓN

En la presente investigación, la *Impatiens walleriana* en la primera semana alcanzó remociones de plomo del 82.11%. Este resultado coincidió con la investigación realizada por Zhou et al. (2020) quienes utilizaron la *Eichhornia crassipes* como absorbente de Pb, Zn, Cd, y Mn, lo cual en la primera semana obtuvieron resultados de remoción del 80%. Por otro lado, Naghipour et al. (2018) usaron la Azolla para la absorción de plomo, níquel y cadmio, la cual obtuvo resultados de remoción del 70% durante los primeros 10 días de tratamiento. El resultado coincide con Al-Baldawi et al. (2022) quienes obtuvieron la remoción del 74% durante los primeros 7 días utilizando la *Lemna minor*. Mientras que Tangahu et al. (2021) construyó humedales artificiales con *Scirpus grossus* para la absorción de plomo, obteniendo como resultado el 99.9% de absorción en los 32 días de tratamiento.

En cuanto a las características físicas de la *Impatiens walleriana* después de ser sometida al tratamiento con plomo, el tamaño cambió ligeramente y el color pasó de verde a tener manchas marrones. El resultado está corroborado por Padilla y Valderrama (2015) ya que observaron que el plomo y cobre ocasionaron cambios en el color de las raíces y el tallo durante el proceso de crecimiento de la *Spilanthes urens*. Asimismo, Solís et al. (2012) observaron que, al adicionar plomo al cultivo de calabacita, este tuvo un menor crecimiento a comparación de otros cultivos que estaban libres de plomo. Similarmente, Collin et al. (2022) mencionan que el plomo afectó las funciones metabólicas, crecimiento y actividades fotosintéticas, además, causó la reducción del tamaño de la raíz del 42%. Por otro lado, Al-Baldawi et al. (2022) señalan que el cobre impactó negativamente tanto en el crecimiento como en la morfología, debido a que *Lemna minor* sufrió un encogimiento en su estructura interna. Isaza (2013) observó que se redujo el crecimiento de la raíz, tallo y hojas del frijol y el maíz por la presencia de plomo. Mientras, Dridi et al. (2022) observaron que la producción de biomasa en brotes y raíces de *Limbarda crithmoides* aumentaron significativamente con el aumento de la dosis de plomo en el medio de crecimiento. Además, Huang et al. (2022) observaron que al exponer a la *Pfaffia glomerata* en concentraciones de 50  $\mu\text{m}$  de plomo,

cadmio, cobre y zinc, ocurrió una disminución significativa de la biomasa del tallo. Ciaramella et al. (2022) observó que la *Carthamus tinctorius* al absorber cadmio, níquel, plomo y zinc, tiene una baja reducción en el rendimiento de la biomasa. Por otro lado, Liang et al. (2022) utilizaron la *Barringtonia racemosa* para absorber plomo y cadmio, luego del tratamiento observaron un aumento significativo en el rendimiento de la biomasa, además se observó un aumento en la altura de la planta, el área foliar, el contenido de clorofila y carotenoides en la mayoría de las plantas. Mientras, Sandoval (2019) observó cambios morfológicos en la *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor*, las cuales cambiaron de color verde a marrón y de verde a amarillo, respectivamente.

La temperatura del agua durante el tratamiento se mantuvo dentro del rango de 19 a 22 °C, lo cual permitió que la *Impatiens walleriana* absorbiera el plomo eficientemente y tenga un adecuado crecimiento. Por otro lado, Shooto (2020) observó que, en el tratamiento con la *Harpagophytum*, el aumento de la temperatura tuvo un efecto negativo en la absorción de plomo. Además, Megistou y Álvarez (2020) observaron que la *Eichhornia crassipes* es capaz de absorber un 80% de zinc a una temperatura de 24 °C, lo cual está dentro del rango establecido para un adecuado crecimiento y absorción de metales pesados. Asimismo, Sarkheil y Safari (2020) utilizaron a la *Eichhornia crassipes* para la absorción de zinc, la cual alcanzó valores de remoción del 32% a una temperatura de 16 °C. Por lo que se concluye que la temperatura es uno de los factores primordiales para el crecimiento de las plantas y a su vez puedan remover metales pesados.

Con respecto al pH del agua en el tratamiento estuvo en el rango de 6 a 7 lo cual indica que era neutro, por ello la *Impatiens walleriana* tuvo un progresivo crecimiento y a la vez una correcta absorción de plomo. Mientras, Vizcaíno et al. (2017) indicaron que con un pH de 5,5 las hojas y tallos de la *Eichhornia crassipes* podían absorber hasta un 97% el plomo presente en una solución acuosa. Según, Steingraber et al. (2022) para remediar suelos que contengan plomo y zinc utilizaron *Rubus fruticosus*, para ello, el pH y la materia orgánica no difirieron, por lo cual obtuvieron mayores porcentajes de remoción de los metales pesados. Además, Sekarjannah et al. (2018) utilizaron la *Lemna*

*minor* para el tratamiento de aguas residuales en un periodo de 33 días y se observó que el pH era de 11.6. Se demuestra que la *Impatiens walleriana* puede variar el pH de 6.47 hasta 6.94 este resultado es debido al tiempo de exposición, por lo que se concluye que la *Impatiens walleriana* neutraliza el pH en un periodo de 21 días. Este resultado coincide con Qin et al. (2016) que observaron que la *Eichhornia crassipes* tuvo un efecto estabilizador del pH y por lo que ocasionó alcanzar valores de neutralidad del agua utilizada.

La *Impatiens walleriana* absorbió plomo en cada una de sus partes como en la raíz con 98.44%, seguido del tallo con 1.37% y por último las hojas con 0.19%. El resultado es corroborado por Liang et al. (2022) quienes mencionan que la *Barringtonia racemosa* acumuló plomo y cadmio principalmente en la raíz con 93.43%, seguido del tallo y las hojas. Asimismo, Zulfiqar et al. (2022) quienes mencionan que la *Vigna radiata* absorbió concentraciones de plomo, níquel y cadmio, mayormente en la raíz, seguido del tallo y por último en las hojas. Putra et al. (2022) utilizaron a la *Poa prantesis* como planta acumuladora de plomo, la cual tuvo como resultado una mayor concentración de plomo en las raíces que en las partes aéreas de la planta, lo cual indica que en la raíz hay un alto valor del coeficiente de bioacumulación y en las partes aéreas un bajo valor del factor traslocación. Huang et al. (2022) usaron la *Pfaffia glomerata* como fitorremediadora debido a su alta biomasa, la cual tuvo una mayor concentración de plomo y cadmio en las raíces y una mínima concentración en las partes aéreas de las plantas. Además, Liao et al. (2022) utilizaron la *Salvia miltiorrhiza* como absorbente de cadmio, la cual tuvo una mayor acumulación de plomo en las raíces y el factor de traslocación de la raíz a la parte aérea de la planta fue significativamente menor. Por otro lado, Juel et al. (2022) cultivaron *Pennisetum purpureum* para absorber cromo, cobre, plomo y zinc, en lodos de curtiduría y se observó que había una mayor acumulación de los metales pesados en los brotes de las plantas, seguido de la raíz y por último en las hojas. Asimismo, Rahman et al. (2022) utilizaron 6 especies de árboles, los cuales fueron: *Azadirachta indica*, *Cassia fistula*, *Conocarpus erectus*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Morus alba* y *Populus deltoides*, para remover cadmio, cobre, plomo y zinc, en la cual los contenidos más altos de metales pesados se registraron en las hojas y cortezas de los

árboles cultivados. Zhang et al. (2022) evaluaron el nivel de concentración de cadmio, cobre, plomo y zinc, en cada parte de la *Macleaya cordata* y se determinó que el cobre y plomo se acumularon principalmente en las raíces, y la eficiencia de traslocación hacia los brotes fue muy baja, mientras que alrededor de las tres cuartas partes de las concentraciones de zinc en las plantas se acumularon en los brotes, incluso el contenido de cadmio por cada brote de *Macleaya cordatae* excedió algunos hiperacumuladores de cadmio. Finalmente, Jin et al. (2022) utilizaron *Hydrangea macrophylla* y *Hydrangea strigosa*, para la absorción de plomo, lo cual observaron que el tratamiento con plomo afectó negativamente la biomasa y el crecimiento de las raíces de las dos especies.

## VI. CONCLUSIONES

La presente investigación demostró que la *Impatiens walleriana* o también conocida por su nombre común como Balsamina, es altamente eficiente en la remoción de plomo en aguas contaminadas mediante un sistema hidropónico. Entre los resultados relevantes de acuerdo a los objetivos se obtuvo que:

- La *Impatiens walleriana* obtuvo valores máximos de remoción de plomo del 96.56% durante los 21 días de tratamiento, lo cual demuestra que es muy efectiva para el tratamiento de aguas contaminadas por plomo.
- Los parámetros fisicoquímicos como el pH, temperatura y conductividad eléctrica del agua, estuvieron en el promedio de 6.72, 20.5 °C y 590.45  $\mu\text{S/cm}$ , respectivamente durante los 21 días de tratamiento, lo cual indica que estaban dentro del valor óptimo para la absorción de plomo.
- La mayor concentración de plomo fue en la raíz (98.44%), seguido del tallo (1.37%) y por último en las hojas (0.19%) de la *Impatiens walleriana*, lo cual indica que la raíz es la principal fuente de absorción de plomo en las plantas.

## VII. RECOMENDACIONES

- Colocar el sistema hidropónico en espacios abiertos, con luz indirecta para el adecuado crecimiento de la *Impatiens walleriana*.
- Variar el pH del agua para poder encontrar una mayor efectividad en la absorción de plomo.
- Prolongar el tiempo del tratamiento para identificar la máxima eficiencia de la *Impatiens walleriana*.
- Utilizar la *Impatiens walleriana* como otra alternativa para remediar suelos contaminados con plomo.

## REFERENCIAS

- AKEEM, Bello O., TAWABINI, Bassam S., KHALIL, Amjad B., BOLAND, Christopher R., SALEH, Tawfik A. Phytoremediation of cadmium-, lead- and nickel-contaminated water by *Phragmites australis* in hydroponic systems. *Ecological Engineering*, 2018, vol. 120, pp.126-133. ISSN 0925-8574. DOI 10.1016/j.ecoleng.2018.05.035.
- AL-BALDAWI, I. A., SAFAA, R. Y., SALWA, S. J., SITI, R. A., ASIA F. A., NUR, I. Removal of copper by *Azolla filiculoides* and *Lemna minor*: phytoremediation potential, adsorption kinetics and isotherms. *Heliyon*, vol. 8, 2022. DOI 10.1016/j.heliyon.2022.e11456.
- AL-KARAKI, G.N. Utilization of treated sewage wastewater for green forage production in a hydroponic system. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, pp. 80-94, 2011.
- ALI, S., ABBAS, Z., RIZWAN, M., ZAHEER, I.E., YAVAŞ, İ., ÜNAY, A., ABDEL-DAIM, M.M., BIN-JUMAH, M., HASANUZZAMAN, M., KALDERIS, D. Application of floating aquatic plants in phytoremediation of heavy metals polluted water: A Review. *Sustainability*, vol. 12, no 1927, 2020. DOI 10.3390/su12051927.
- ALIPIO, M., DE LA CRUZ, A., DORIA, J., FRUTO, R. A smart hydroponics farming system using exact inference in Bayesian network. *IEEE 6th Global Conference On Consumer Electronics (Gcce)*, 2017. DOI 10.1109/Gcce.2017.8229470.
- ARCE, Siles & CALDERÓN, Marilú. Suelos contaminados con plomo en la ciudad de La Oroya-Junín y su impacto en las aguas del Río Mantaro. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, vol. 20, no. 40, pp. 48, 2017.



- BARROSO, Y.M.M., MANTILLA, P.A.P. & BETANCUR, J.F. Remoción de cromo en aguas residuales industriales mediante el uso de biomasa de *Spirulina* sp, sedimentación primaria y precipitación química. *Revista De Investigación Agraria y Ambiental*, vol. 10, no. 1, pp. 141-151, 2019. ISSN 21456097. DOI 10.22490/21456453.2326.
- BEDOLLA-TORRES, M.H., ESPINOSA, A.P., PALACIOS, O.A., CHOIX, F.J., VALLE, F.D. J. A., AGUILAR, D.R.L. & PÉREZ, R.O. La Irrigación con levaduras incrementa el contenido nutricional del forraje verde hidropónico de maíz. *Revista Argentina De Microbiología*, vol. 47, no. 3, pp. 236–244, 2015. DOI 10.1016/J.Ram.2015.04.002.
- CHEKLI, L., EUN KIM, J., EL SALIBY, I., KIM, Y., PHUNTSO, S., LI, S., GHAFFOUR, N., LEIKNES, T., KYONG SHON, H. Fertilizer drawn forward osmosis process for sustainable water reuse to grow hydroponic lettuce using commercial nutrient solution, separation and purification technology., 2017. DOI 10.1016/ J.Seppur.2017.03.008.
- CHIRA, Jorge. Dispersión geoquímica de metales pesados y su impacto en los suelos de la cuenca del río Mantaro, departamento de Junín-Perú. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, vol. 24, no. 47, pp. 47+, 2021.
- CIEZA, Rosario. Concentración de metales pesados específicos en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc – 2017. Universidad César Vallejo, Perú, 2017. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/30720>.
- CORTEZ, Nilda & MENDOZA, Kathia. Revisión sistemática: reaprovechamiento de aguas residuales en sistemas hidropónicos. Universidad César Vallejo, Perú, 2020. Disponible en: [https://Repositorio.Ucv.Edu.Pe/Bitstream/Handle/20.500.12692/63539/Cortez\\_Fnm-Mendoza\\_Ckg-Sd.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y](https://Repositorio.Ucv.Edu.Pe/Bitstream/Handle/20.500.12692/63539/Cortez_Fnm-Mendoza_Ckg-Sd.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y)

- COVA, A.M., DE FREITAS, F.T., VIANA, P.C., RAFAEL, M.R., AZEVEDO, A. D.D., & SOARES, T.M. Content of inorganic solutes in lettuce grown with brackish water in different hydroponic systems. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*, vol. 21, p. 150-155, 2017. DOI 10.1590/1807-1929/Agriambi. V21n3p150-155.
- DRIDI, N., BOUSLIMI, H., CAÇADOR, I., SLEIMI, N. Lead tolerance, accumulation and translocation in two *Asteraceae* plants: *Limbarda crithmoides* and *Helianthus annuus*. *South African Journal of Botany*, vol. 150, 2022. DOI 10.1016/j.sajb.2022.08.047.
- ERIKSSON, Malin; SIGVANT, Jonathan. Causes and impact of surface water pollution in Addis Ababa, Ethiopia. 2019.
- FAO. Cultivos hidropónicos, formulación de soluciones nutritivas, p. 325, 2011.
- FLORES, Ranulfo. Efectos adversos de metales pesados en la agricultura de la cuenca baja del río Huaura - provincia Huaura 2017. *Revista Ciencia y Tecnología*, vol. 14, no. 4, pp. 119+, 2018.
- FLORES, Silvana. Tratamiento de remediación de efluentes metalúrgicos con énfasis en el abatimiento de cobre con dolomita. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú, 2009.
- GEBEYEHU, A., SHEBESHE, N., KLOOS, H., & BELAY, S. Suitability of nutrients removal from brewery wastewater using a hydroponic technology with typha latifolia. *Bmc Biotechnology*, vol. 18, no.1, 2018. Doi: 10.1186/S12896-018-0484-4.
- GILSANZ. Producción hidropónica de hortalizas en la vivienda familiar urbana, p. 58, 2007.
- GUALA, Jorge. Centro de formación, capacitación y producción agrícola para la ciudad de Latacunga. Quito. Universidad central del ecuador, facultad de arquitectura y urbanismo, 2014.

- HU, T., XU, T., WANG, FU-GANG, YANG, Y., WANG, FANG Y TIAN, H. International journal of greenhouse gas control the evolution of water chemical characteristics and their indicative function in co<sub>2</sub> -enhanced water recovery. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, vol. 88, pp. 403-415, 2019. ISSN 1750-5836. DOI 10.1016/j.ijggc.2019.07.002.
- HUANG, R., WU, Z., ZHAO, X., LI, F., WANG, W., GUO, Y., LI, Z., WU, J. *Pfaffia glomerata* is a hyperaccumulator candidate: Cd and Zn tolerance, absorption, transfer, and distribution. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Vol. 246, 2022. ISSN 01476513. DOI 10.1016/j.ecoenv.2022.114196.
- INTAGRI. La Hidroponía: Cultivos sin Suelo. *Serie Horticultura Protegida*. no. 2, p.5, 2017.
- JAHNE, M., SCHOEN, M., GARLAND, J. & ASHBOLT, N. Simulation of enteric pathogen concentrations in locally-collected greywater and wastewater for microbial risk assessments. *Microbialriskanalysis* vol. 5, pp. 44–52, 2017. DOI 10.1016/J.Mran.2016.11.001.
- JIN-MEI, Z., JIANG, Z.C., QIN, X.Q., ZHANG, L.K., HUANG Q.B., XU G.L., DIONYSIOU, D.D. Efficiency of pb, zn, cd, and mn removal from karst water by *eichhornia crassipes*. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, Vol. 17, no. 15, pp. 5329, 2020 ISSN 1661-7827. DOI 10.3390/ijerph17155329.
- KREUZIG, R., HALLER-JANS, J., BISCHOFF, C., LEPPIN, J., GERMER, J., MOHR, M., BLIEDUNG, A., DOCKHORN, T. Reclaimed water driven lettuce cultivation in a hydroponic system: The Need of micropollutant removal by advanced wastewater treatment. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 28 no.36, pp. 50052-50062, 2021.

- LAZARTE, Ernesto. Uso de la cáscara de maracuyá (*Pasiflora edulis*) para la bioadsorción de metales pesados de cobre y zinc en aguas del río Chillón, Callao, 2019. Universidad Cesar Vallejo, Perú, 2019. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35703>.
- LEE, J., RAHMAN, A., BEHRENS, J., BRENNAN, C., HAM, B., KIM, H. S., KWON, M. J. Nutrient removal from hydroponic wastewater by a microbial consortium and a culture of *paracer common as saepenatans*. *New Biotechnology*, vol. 41, p. 15–24, 2018. DOI 10.1016/J.Nbt.2017.11.003.
- LINARES. Producción de cultivos en invernadero, bajo condiciones controladas. Oruro – La Paz p. 126, 2004.
- LONDOÑO, L., LONDOÑO, P., & MUÑOZ, F. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Bioteconología en el sect. agropecu. y agroindustrial*, vol. 14, No. 2, p. 145, 2016.
- LYU, J., PARK, J., PANDEY, L. K., CHOI, S., LEE, H., DE SAEGER, J., & HAN, T. Testing the toxicity of metals, phenol, effluents, and receiving waters by root elongation in *lactuca sativa*. *Ecotoxicology and environmental safety*, vol. 149, pp. 225-232, 2018. ISSN 10902414. DOI 10.1016/J.Ecoenv.2017.11.006.
- MATTSON, N., HEINRICH, L.J. Liquid Culture Hydroponic System Operation. In: *Soilless Culture: Theory and Practice Theory and Practice*. Elsevier, Pp. 567–585, 2019. DOI 10.1016/B978-0-444-63696-6.00012-8.
- MUSTAFA, G. & KOMATSU, S. Toxicity of heavy metals and metalcontaining nanoparticles on plants. *Biochimica et biophysica acta - proteins and proteomics*, vol. 1864, no. 8, pp. 932-944, 2016. ISSN 18781454. DOI 10.1016/J.Bbapap.2016.02.020.

- PETERSEN-PERLMAN, Jacob D., VEILLEUX, Jennifer C., WOLF, Aaron T. International water conflict and cooperation: challenges and opportunities. *Water International*, 2017, vol. 42, no 2, p. 105-120.
- PRAZERES, Martina., MARTÍNEZ-COLÓN, Michael., HALLOCK, Pamela. Foraminifera as bioindicators of water quality: The FoRAM Index revisited. *Environmental Pollution*, 2020, vol. 257, p. 113612.
- PUTRA, R.S., WICAKSONO, W.P., FATIMAH, I., TANAKA, S. Electro-enhanced phytoremediation system on the removal of trace metal concentration from contaminated water. *Heliyon*, 2022, vol 8, no 11. ISSN 24058440. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e11451.
- RIVERA, Aramis D. Caracterización de materiales de origen zeolítico con potencial aplicación farmacéutica. Ciudad de la Habana: Universidad de la Habana, 2003. Tesis en Opción al grado Científico de Doctor en Ciencias Farmacéuticas.
- RODRÍGUEZ-GÁMEZ, O., PÉREZ-MACÍAS, R., AGUILERA-RODRÍGUEZ, I., PÉREZ-SILVA, R. M., & ABALOS-RODRÍGUEZ, A. Remoción de cobre de aguas contaminadas empleando ramnolípidos. *Revista Cubana de Química*, 2020, vol. 32, no. 3, pp. 511+.
- ROSALES, A. G., RODRÍGUEZ, C. D., BALLEEN-SEGURA, M. Remoción de contaminantes y crecimiento del alga *Scenedesmus* sp. en aguas residuales de curtiembres, comparación entre células libres e inmovilizadas. *Ingeniería y ciencia*, 2018, vol. 14, no 28, p. 11-34.
- SALEH, Iman A., ZOUARI, Nabil., AL-GHOUTI, Mohammad A. Removal of pesticides from water and wastewater: Chemical, physical and biological treatment approaches. *Environmental Technology & Innovation*, 2020, vol 19, no 101026. ISSN 2352-1864. DOI 10.1016/j.eti.2020.101026.

- SHOOTO, N. D. Removal of lead (II) and chromium (VI) ions from synthetic wastewater by the roots of *harpagophytum procumbens* plant. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2020, Vol. 8. DOI 10.1016/j.jece.2020.104541.
- SILVIA, Jasmin. Utilización de las hojas de alfalfa (*Medicago sativa* L.) para la reducción de metales pesados del agua residual textil, 2019. Universidad Cesar Vallejo, Perú, 2019.
- VAN WEZEL, A.P., VAN DEN HURK, F., SJERPS, R.M.A., MEIJERS, E.M., ROEX, E.W.M. & TER LAAK, T.L. Impact of industrial waste water treatment plants on Dutch surface waters and drinking water sources. *Science of the Total Environment*, 2018, vol. 640-641, pp. 1489-1499. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2018.05.325.
- VILLAMAR, C.A., VERA-PUERTO, I., RIVERA, D. & DE LA HOZ, F.D. Reuse and recycling of livestock and municipal wastewater in Chilean agriculture: A preliminary assessment. *Water (Switzerland)*, 2018, vol. 10, no. 6. ISSN 20734441. DOI 10.3390/w10060817.
- WANG, Y., WEI, H. Y LI, Z. Results in physics effect of magnetic field on the physical properties of water. *Results in Physics*, 2018, vol. 8, pp. 262-267. ISSN 2211-3797. DOI 10.1016/J.Rinp.2017.12.022.
- WORKU, A., TEFERA, N., KLOOS, H. & BENOR, S. Bioremediation of brewery wastewater using hydroponics planted with vetiver grass in Addis Ababa, Ethiopia. *Bioresources and Bioprocessing*, 2018, vol. 5, no. 39. DOI 10.1186/s40643-018-0225-5.
- ZULFIQAR, U., YASMIN, A., FARIQ, A. Metabolites produced by inoculated *Vigna radiata* during bacterial assisted phytoremediation of Pb, Ni and Cr polluted soil. *Plos One*, 2022, vol. 17. ISSN 19326203. DOI 10.1371/journal.pone.0277101.

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de Operacionalización de Variables

Remoción de plomo en aguas contaminadas mediante un sistema hidropónico con <i>Impatiens walleriana</i>						
	Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<b>Independiente</b>	Sistema hidropónico	La hidroponía es una técnica de cultivo, la cual reemplaza el suelo por el agua. Mediante una realización aplicada, este se convierte en una solución ecológica que promete cumplir con una producción de alimentos vegetales y a su vez minimizar la contaminación de nuestros recursos naturales. (Cortez y Mendoza, 2020).	Se elaboró un sistema hidropónico conocido como raíz flotante teniendo en cuenta las características de diseño. Además, se determinaron las características del cultivo como la altura, número de hojas y color.	Características del sistema hidropónico	Materiales de elaboración	Nominal
					Dimensiones	Razón
				Características del cultivo	Altura	cm
					Numero de Hojas	Unidad
				Color	color	
<b>Dependiente</b>	Remoción de plomo en aguas contaminadas	La reducción de metales pesados en las aguas residuales, se puede realizar a través de diferentes tipos de tratamientos ya sean físicos, químicos y biológicos. (Ayme, 2020).	Se evaluó los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales y el porcentaje de remoción del metal pesado. Para ello, se midió la concentración de plomo en el agua, tanto antes como después del tratamiento.	Parámetros fisicoquímicos	pH	1-14
					Temperatura	°C
					Conductividad eléctrica	µS/cm
				Porcentaje de remoción	Concentración inicial del metal	mg/L
Concentración final del metal						

Anexo 2: Instrumentos para la recolección de datos

Ficha 1. Toma de muestra del agua residual			
Título	Remoción de plomo en aguas contaminadas mediante un sistema hidropónico con <i>Impatiens walleriana</i>		
Línea de Investigación	Calidad y gestión de los recursos naturales		
Responsable	Villanueva Rubiños, Kelly Sharon		
Asesor	Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto		
Procedencia de la muestra			
Unidad de muestreo			
Fecha		Hora del muestreo	
Ubicación del punto de muestreo	Coordenadas (WGS 84)	Norte	
		Este	
	Altitud		
Análisis de los parámetros ( <i>in-situ</i> )			
Equipo		Marca	Modelo
Parámetros	Unidad de medida	Resultado promedio	
Cantidad	L		
Temperatura	°C		
pH	1-14		

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

  
 LUIS FERRER  
 HOLGUIN ARANDA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP. N° 111211

  
 DIANA LUZ  
 GACABRI RUBIO  
 INGENIERA AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 102971



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. CA STAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO  
 1.2. Cargo e Institución donde labora: Docente e Investigador/UCV Campus Los Olivos  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tecnología Mineral y Ambiental  
 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Toma de muestra del agua residual  
 Autor(A) de Instrumento: Milánueva Rubiños, Kelly Sharon

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación	81
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación	-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 24 de junio del 2022

  
 Dr. Ing. Carlos Alberto Stañeda Olivera  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP. 10001  
 RENACIÓ. 10000010

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **HOLGUÍN ARANDA, LUIS FERMIN**  
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Campus Los Olivos**  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería ambiental**  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Toma de muestra del agua residual**  
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Villanueva Rubiños, Kelly Sharon**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

X
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

  
**LUIS FERMIN  
 HOLGUÍN ARANDA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP. Nº 111511**

Lima, 27 de junio del 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ING. CACIRE RUBIO, DIANA LUZ  
 1.2. Cargo e Institución donde labora: Especialista Ambiental/Municipalidad de Los Olivos  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniería Ambiental  
 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Toma de muestra del agua residual  
 Autor(A) de Instrumento: Millanueva Rubiños, Kelly Sharon

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación	81
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación	-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

**90%**

Lima, 29 de junio del 2022

  
 \_\_\_\_\_  
 DIANA LUZ  
 CACIIRE RUBIO  
 ESPECIALISTA AMBIENTAL  
 REG. CP Nº 162071

Ficha 2. Caracterización física de <i>Impatiens walleriana</i>				
Título	Remoción de plomo en aguas contaminadas mediante un sistema hidropónico con <i>Impatiens walleriana</i>			
Línea de Investigación	Calidad y gestión de los recursos naturales			
Responsable	Villanueva Rubiños, Kelly Sharon			
Asesor	Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto			
Contenedores	Altura (cm)	Tamaño de raíz (cm)	Número de Hojas (Unidad)	Color de Hojas
Contenedor 1				
Contenedor 2				
Contenedor 3				

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

  
 LUIS FERRER  
 HOLGUÍN ARANDA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP. N° 111711

  
 DIANA LUZ  
 GACIBRE RUBIO  
 INGENIERA AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 162971

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO  
 1.2. Cargo e Institución donde labora: Docente e Investigador/UCV Campus Los Olivos  
 1.3. Especialidad o línea de Investigación: Tecnología Mineral y Ambiental  
 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Caracterización física de la Impañosa walleriana  
 Autor(A) de Instrumento: Villanueva Rubiños, Kelly Sharon

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación	81
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación	-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 24 de junio del 2022

  
 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CMI 10001

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **HOLGUÍN ARANDA, LUIS FERMIN**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Campus Los Olivos**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Condiciones del cultivo y evaluación del crecimiento**
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Villanueva Rubiños, Kelly Sharon**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

X
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

**85%**

Lima, 27 de junio del 2022

  
**LUIS FERMIN  
 HOLGUIN ARANDA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP. N° 1111711**

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ING. CACABRE RUBIO, DIANA LUZ  
 1.2. Cargo e Institución donde labora: Especialista Ambiental/Municipalidad de Los Olivos  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniería Ambiental  
 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Caracterización física de la Impatiens walleriana  
 Autor(A) de Instrumento: Villanueva Rubifos, Kelly Sharon

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación	81
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación	-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

  
 DIANA LUZ CACABRE RUBIO  
 ESPECIALISTA AMBIENTAL  
 REG. OF N° 102871

90%

Lima, 29 de junio del 2022

Ficha 3. Recolección de datos antes y después del tratamiento de aguas contaminadas mediante el sistema hidropónico								
Título	Remoción de plomo en aguas contaminadas mediante un sistema hidropónico con <i>Impatiens walleriana</i>							
Línea de Investigación	Calidad y gestión de los recursos naturales							
Responsable	Villanueva Rubiños, Kelly Sharon							
Asesor	Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto							
Contenedores	Parámetros fisicoquímicos						Concentración de metal pesado	
	pH		Temperatura (°C)		Conductividad eléctrica (µS/cm)		Plomo (mg/L)	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Contenedor 1								
Contenedor 2								
Contenedor 3								

  
 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130287  
 RENACYT: P0078275

  
 LUIS FERRER  
 HOLGUIN ARANDA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP. N° 111111

  
 DIANA LÚIZ  
 GARCÍA RUBIO  
 INGENIERA AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 102871



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO  
 1.2. Cargo e Institución donde labora: Docente e Investigador/UCV Campus Los Olivos  
 1.3. Especialidad o línea de Investigación: Tecnología Mineral y Ambiental  
 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recolección de datos antes y después del tratamiento de aguas residuales mediante el sistema hidropónico  
 Autor(A) de Instrumento: Milaneva Rubinos, Kelly Sharon

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación	81
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación	-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 24 de junio del 2021

  
 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 C.P.I. 120287

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **HOLGUÍN ARANDA, LUIS FERMIN**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Campus Los Olivos**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Recolección de datos antes y después del tratamiento de aguas residuales mediante la hidroponía**
- 1.5. Autor(A) de instrumento: **Villanueva Rubiños, Kelly Sharon**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

X
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

**85%**

  
**LUIS FERMIN  
 HOLGUIN ARANDA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP. N° 111411**

Lima, 27 de junio del 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: ING. CACIARE RUBIO, DIANA LUZ

1.2. Cargo e Institución donde labora: Especialista Ambiental/Municipalidad de Los Olivos

1.3. Especialidad o línea de Investigación: Ingeniería Ambiental

Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recolección de datos antes y después del tratamiento de aguas residuales mediante el sistema hidropónico

Autor(A) de Instrumento: Villanueva Rubiños, Kelly Sharon

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación	81
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación	-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 29 de junio del 2022

  
 DIANA LUZ  
 CACIARE RUBIO  
 INGENIERA AMBIENTAL  
 REG. CP Nº 102871

## ANEXO 3: Resultados de laboratorio



### INFORME DE ENSAYO N°: IE-RL-100-00013-31.10.2022

#### I. DATOS DEL SERVICIO

Nombres y Apellidos : KELLY VILLANUEVA  
RUC/DNI : 71387670  
Dirección : Cooperativa La Libertad Mz F Lote 10, Los Olivos, LIMA,  
PERU  
Proyecto : REMOCION DE PLOMO MEDIANTE UN SISTEMA  
HIDROPONICO CON IMPATIENS WALLERIANA  
Procedencia : LIMA  
Muestreado por : El cliente (Muestras y fechas proporcionadas por el cliente)  
Fecha de emisión del informe: 31-10-2022

#### II. DATOS DE ITEMS DEL ENSAYO

Producto : Agua  
Número de muestras : 12  
Fecha de recep. de muestra: 11-10-2022  
Período de ensayo : Del 11-10-2022 al 31-10-2022

#### III. TODOS Y REFERENCIAS

Tipo de Análisis	Norma de referencia
Metal Plomo (II)	Espectrofotometría UV-Vis

#### IV. RESULTADOS

Parámetro Muestra	Fecha	Metal Plomo(II) (ug/L)
M1-T0	11-10-2022	125.00
M2-T0	11-10-2022	123.25
M3-T0	11-10-2022	109.50
M1-T1	11-10-2022	28.75
M2-T1	11-10-2022	22.50
M3-T1	11-10-2022	19.50
M1-T2	18-10-2022	18.25
M2-T2	18-10-2022	15.50
M3-T2	18-10-2022	12.45
M1-T3	25-10-2022	10.75
M2-T3	25-10-2022	7.58
M3-T3	25-10-2022	3.75

Calle Los Olivos, Mz N Lote 24, Urb. Los Jazmines del Naranjal, Distrito Los Olivos, Lima, Perú.  
Teléfono: +51-949585952  
correo: jhoval1@yahoo.es

Página 1 de 2

**INFORME DE ENSAYO  
IE-2022-0028**

**1. DATOS DEL CLIENTE**

1.1 Cliente : KELLY VILLANUEVA RUBIÑOS  
1.2 RUC o DNI : 71387670  
1.3 Dirección : No precisa

**2. DATOS DE LA MUESTRA**

2.1 Producto : TEJIDOS VEGETALES  
2.2 Fecha de Muestreo : No precisa  
2.3 Fecha de Recepción : 11 de noviembre de 2022  
2.4 Fechas de Ensayo : 16 al 22 de noviembre de 2022  
2.5 Fecha de Emisión : 23 de noviembre de 2022

**3. ENSAYO SOLICITADO - METODOLOGÍA UTILIZADA**

ENSAYO	MÉTODO
Determinación de Plomo	Absorción Atómica-Llama



KATHERINE  
CORRAL PERALTA  
Ingeniera Química  
CIP N° 276377

Jefe de Laboratorio

**4. RESULTADOS**

**4.1. DESCRIPCIÓN DE MUESTRA <sup>(1)</sup>:**

Código de Laboratorio	Descripción de muestras
S-0077	MUESTRA 1 (TALLO)
S-0078	MUESTRA 2 (RAIZ)
S-0079	MUESTRA 3 (HOJAS)

**4.2. RESULTADOS DE ANÁLISIS**

Tabla N°1: RESULTADOS

Parámetro	Unidad	Código de Laboratorio		
		S-0077	S-0078	S-0079
Determinación de Plomo	mg/Kg	10.34	743.73	1.43

<sup>(1)</sup> Información suministrada por el cliente.

**SLab**  
Laboratorio de ensayo e investigación

**FIN DE DOCUMENTO**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CASTAÑEDA OLIVERA CARLOS ALBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis Completa titulada: "Remoción de plomo en aguas contaminadas mediante un sistema hidropónico con *Impatiens walleriana*", cuyo autor es VILLANUEVA RUBIÑOS KELLY SHARON, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 29 de Noviembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CASTAÑEDA OLIVERA CARLOS ALBERTO <b>DNI:</b> 42922258 <b>ORCID:</b> 0000-0002-8683-5054	Firmado electrónicamente por: CCASTANEDAOL el 19-12-2022 14:47:09

Código documento Trilce: TRI - 0461796