

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Fitorremediación de plomo y cromo total con lechuga  
de agua (*Pistia stratiotes*) en aguas superficiales del  
río Andaychagua, provincia de Yauli, 2021**

Celia Huaroc Osorio  
Pamela Lisbeth Martinez Palacios

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniera Ambiental

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **ASESORA**

Ing. Mirjana Alice Porlles Arteaga

## **AGRADECIMIENTOS**

La presente tesis ha sido un esfuerzo donde participaron muchas personas, ya sea directamente o indirectamente, guiándonos y apoyándonos. Agradecer infinitamente a nuestros padres por su esfuerzo y dedicación, sobre todo por sus consejos y por la fortaleza que nos brindan frente a los obstáculos que nos pone la vida. También agradecer a nuestra asesora, Ing. Mirjana Alice Porlles Arteaga, por su comprensión, dedicación y esfuerzo, ya que todos sus conocimientos fueron fundamentales para que esta investigación pueda realizarse.

## **DEDICATORIA**

Dedico la presente tesis a mis padres, Darío y Benedicta, por los valores que me inculcaron, por su apoyo incondicional y por estar siempre conmigo. Así también a mi hermano Daniel, por todos los ánimos que me ha dado a lo largo de mi carrera universitaria.

*Celia Huaroc Osorio.*

En primer lugar, dedico la presente investigación a Dios, por guiar mi camino para hacer realidad mis sueños trazados. De igual modo a mis padres, Grimaldo y Nelly, por brindarme su apoyo incondicional, por enseñarme a no rendirme ante obstáculos y luchar por cada uno de mis sueños.

*Pamela Lisbeth Martinez Palacios.*

# ÍNDICE

<b>ASESORA</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>ÍNDICE</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	ix
<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	xiii
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	1
1.1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.1.2. Formulación del problema .....	3
1.1.2.1. Problema general .....	3
1.1.2.2. Problemas específicos .....	4
1.2. Objetivos .....	4
1.2.1. Objetivo general .....	4
1.2.2. Objetivos específicos .....	4
1.3. Justificación e importancia .....	5
1.3.1. Justificación económica .....	5
1.3.2. Justificación ambiental .....	5
1.4. Hipótesis y variables .....	6
1.4.1. Hipótesis general .....	6
1.4.2. Hipótesis nula .....	6
1.4.3. Hipótesis específicas .....	6
1.4.4. Operacionalización de las variables .....	7
<b>CAPÍTULO II</b> .....	9
2.1. Antecedentes de la investigación .....	9
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	9
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	12
2.2. Bases teóricas .....	15
2.2.1. Fitorremediación .....	15

2.2.1.1.	Técnicas de fitorremediación .....	15
2.2.2.	Fases de fitorremediación .....	17
2.2.2.1.	Absorción.....	17
2.2.2.2.	Excreción .....	17
2.2.2.3.	Desintoxicación de contaminantes .....	17
2.2.3.	Criterios de selección de macrófito para la fitorremediación.....	18
2.2.4.	Clasificación de las plantas usadas en la fitorremediación .....	18
2.2.5.	Características generales del macrófito a utilizar .....	18
2.2.5.1.	Lechuga de agua ( <i>Pistia stratiotes</i> ) .....	18
2.2.5.1.1.	Clasificación taxonómica .....	19
2.2.5.1.2.	Lechuga de agua o repollo de agua ( <i>Pistia stratiotes</i> ) .....	20
2.2.5.1.3.	Características morfológicas .....	20
2.2.5.1.4.	Condiciones de hábitat .....	21
2.2.5.1.5.	Temperatura.....	21
2.2.5.1.6.	Reproducción.....	21
2.2.6.	Agua.....	22
2.2.7.	Contaminantes del agua .....	22
2.2.8.	Contaminación de aguas residuales industriales .....	22
2.2.9.	Metales pesados.....	22
2.2.10.	Metales pesados en el agua .....	23
2.2.10.1.	Plomo .....	23
2.2.10.2.	Cromo.....	24
2.2.11.	Legislación ambiental .....	25
2.3.	Definición de términos básicos.....	26
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>28</b>
3.1.	Método y alcance de la investigación.....	28
3.1.1.	Métodos de la investigación .....	28
3.1.1.1.	Método general .....	28
3.1.1.2.	Método específico .....	28
3.1.2.	Alcance de la investigación .....	29
3.1.2.1.	Tipo de investigación .....	29
3.1.2.2.	Nivel de la investigación .....	29
3.2.	Diseño de la investigación .....	29
3.2.1.	Diseño experimental .....	29

3.2.2. Tipo de diseño de investigación.....	29
3.3. Población y muestra .....	30
3.3.1. Población .....	30
3.3.2. Muestra .....	30
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	31
3.4.1.1. Procedimiento de muestreo de aguas superficiales del río Andaychagua .....	32
3.4.1.2. Instalación del experimento .....	32
3.5. Diagrama de flujo del diseño de investigación .....	38
3.6. Técnicas de análisis de datos .....	39
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>41</b>
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de información.....	41
4.1.1. Resultado de la concentración de plomo en aguas superficiales del río Andaychagua.....	41
4.1.1.1. Porcentaje de remoción de plomo en las aguas superficiales del río Andaychagua.....	44
4.1.2. Resultado de la concentración de cromo total en aguas superficiales del río Andaychagua.....	45
4.1.2.1. Porcentaje de remoción de cromo total en aguas superficiales del río Andaychagua.....	49
4.1.3. Resultado de la concentración de plomo en la parte radicular y aérea de <i>Pistia stratiotes</i> .....	49
4.1.3.1. Resultado de la concentración de plomo en la parte radicular de <i>Pistia stratiotes</i> .....	49
4.1.3.2. Resultado de la concentración de plomo en la parte aérea de <i>Pistia stratiotes</i> ..	53
4.1.4. Resultado de la concentración de cromo total en la parte radicular y aérea de <i>Pistia stratiotes</i> .....	56
4.1.4.1. Resultado del contenido de cromo total en la parte radicular de <i>Pistia stratiotes</i> .....	56
4.1.4.2. Resultado del contenido de cromo total en la parte aérea de <i>Pistia stratiotes</i> ..	59
4.2. Discusión de resultados.....	63
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>65</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>66</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>71</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Técnicas de fitorremediación.....	16
Figura 2. <i>Pistia stratiotes</i> .....	20
Figura 3. Morfología de la lechuga de agua ( <i>Pistia stratiotes</i> ).....	21
Figura 4. Mapa de la zona de muestreo. ....	31
Figura 5. Instalación del experimento del tratamiento 1.....	34
Figura 6. Instalación del experimento del tratamiento 2.....	34
Figura 7. Diagrama de flujo del diseño de investigación.....	39
Figura 8. Técnicas de análisis de datos.....	40
Figura 9. Comparación de medias de testigo y de los tratamientos T1 y T2 de plomo en agua superficiales.....	42
Figura 10. Comparación de medias de testigo y de los tratamientos T1 y T2 de cromo total en aguas superficiales del río Andaychagua. ....	46
Figura 11. Comparación de medias de Pb en la parte radicular de <i>Pistia stratiotes</i> .....	50
Figura 12. Comparación de medias de Pb en la parte aérea de <i>Pistia stratiotes</i> .....	54
Figura 13. Comparación de la concentración de plomo en la parte radicular y aérea de <i>Pistia stratiotes</i> . ....	56
Figura 14. Comparación de medias de cromo total en la parte radicular de <i>Pistia stratiotes</i> . ....	57
Figura 15. Comparación de medias de cromo total en la parte aérea de <i>Pistia stratiotes</i> .....	60
Figura 16. Comparación de la concentración de cromo total en la parte radicular y aérea de <i>Pistia stratiotes</i> . ....	62

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables. ....	8
Tabla 2. Clasificación taxonómica.....	19
Tabla 3. Resultados de la concentración de plomo en aguas superficiales del río Andaychagua (mg/L). ....	41
Tabla 4. Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk para la concentración de Pb en aguas superficiales del río Andaychagua. ....	43
Tabla 5. Prueba de homogeneidad de ANOVA para la concentración de plomo en aguas superficiales del río Andaychagua. ....	43
Tabla 6. Prueba de comparación múltiple de Duncan del contenido de plomo en aguas superficiales del río Andaychagua. ....	44
Tabla 7. Resultados del contenido de cromo total en agua superficial (mg/L). ....	45
Tabla 8. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la concentración de cromo total en aguas superficiales del río Andaychagua. ....	47
Tabla 9. Prueba de homogeneidad de análisis de varianza del contenido de cromo total en aguas superficiales del río Andaychagua. ....	47
Tabla 10. Prueba de comparación múltiple de Duncan del contenido de cromo total en aguas superficiales del río Andaychagua. ....	48
Tabla 11. Resultados de la concentración de Pb en la parte radicular de <i>Pistia stratiotes</i> (mg/kg).....	49
Tabla 12. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la concentración de Pb en la parte radicular de <i>Pistia stratiotes</i> . ....	51
Tabla 13. Prueba de homogeneidad de ANOVA de la concentración de Pb en la parte radicular de <i>Pistia stratiotes</i> . ....	52
Tabla 14. Prueba de comparación múltiple de Duncan del contenido de Pb en la parte radicular de <i>Pistia stratiotes</i> . ....	52
Tabla 15. Resultados de la concentración de plomo en la parte aérea de <i>Pistia stratiotes</i> (mg/kg).....	53
Tabla 16. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el contenido de Pb en la parte aérea de <i>Pistia stratiotes</i> (mg/kg). ....	54
Tabla 17. Prueba de homogeneidad de análisis de varianza de Pb en la parte aérea de <i>Pistia stratiotes</i> . ....	55
Tabla 18. Resultados de la concentración de Cr total en la parte radicular <i>Pistia stratiotes</i> (mg/kg).....	57

Tabla 19. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el contenido de cromo total en la parte radicular de <i>Pistia stratiotes</i> .....	58
Tabla 20. Prueba de homogeneidad de análisis de varianza del contenido de cromo total en la parte radicular <i>Pistia stratiotes</i> .....	59
Tabla 21. Resultados del contenido de cromo total en la parte aérea de <i>Pistia Stratiotes</i> (mg/kg).....	59
Tabla 22. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el contenido de cromo total en la parte aérea de <i>Pistia Stratiotes</i> .....	61
Tabla 23. Prueba de homogeneidad de análisis de varianza del contenido de cromo total en la parte aérea de <i>Pistia Stratiotes</i> .....	62

## RESUMEN

La fitorremediación es una técnica en la que se utilizan plantas para el tratamiento de aguas contaminadas. En el presente estudio, el objetivo fue determinar la capacidad fitorremediadora de la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en aguas superficiales del río Andaychagua, provincia de Yauli, 2021. La eficiencia de la planta ha sido estudiada en dos tratamientos, T1 (3 cogollos) y T2 (6 cogollos), cada uno con 3 repeticiones durante 45 días. Luego del experimento, se realizó el muestreo y análisis de agua con la finalidad de ver la eficiencia de la planta en la remoción de plomo y cromo total; de igual manera, se realizó la toma de muestra de la planta para cuantificar la acumulación de metales en la biomasa vegetal.

Los resultados mostraron que el porcentaje de remoción para el plomo (Pb) fue de 9 % y 18 % para el T1 y T2 respectivamente. Respecto al cromo total (Cr), el porcentaje de remoción fue de 13 % y 25 % para el T1 y T2 respectivamente, evidenciando que el porcentaje de remoción de metales disminuye a mayor número de cogollos. La concentración de plomo en la parte radicular fue, en promedio, de 2.757 y 2.765 mg/kg y la concentración de plomo en la parte aérea, también en promedio fue 2.199 y 2.204 mg/kg. La concentración de cromo total en la parte radicular, en promedio, fue 2.007 y 2.04 mg/kg y la concentración de cromo total en la parte aérea, también en promedio, fue 1.437 y 1.438 mg/kg, por lo cual se llegó a la conclusión de que la macrófita *Pistia stratiotes* es capaz de remover y acumular Pb y Cr total en la parte radicular más que en la parte aérea.

**Palabras clave:** *Pistia stratiotes*, cromo, plomo, fitorremediación, agua.

## ABSTRACT

Phytoremediation is a technique in which plants are used to treat polluted water. In the present study, the objective was to determine the phytoremediation capacity of water lettuce (*Pistia stratiotes*) in surface waters of the Andaychagua river, Yauli province, 2021. The efficiency of the plant has been studied in two treatments, T1 (3 buds) and T2 (6 buds), each with 3 repetitions for 45 days. After the experiment, the sampling and analysis of water was carried out in order to see the efficiency of the plant in the elimination of the metals plumb and total chromium; in the same way, the sampling of the plant was carried out to quantify the accumulation of metals in the vegetal biomass.

The results showed that the removal percentage for plumb (Pb) was 9 % and 18 % for T1 and T2, respectively. Regarding total chromium (Cr), the removal percentage was 13 % and 25 % for T1 and T2, respectively, showing that the percentage of metal removal decreases with a greater number of buds. The Pb concentration in the root part was, on average, 2,757 and 2,765 mg/kg and the Pb concentration in the aerial part, also on average, was 2,199 and 2,204 mg/kg. The total chromium concentration in the root part, on average, was 2.007 and 2.04 mg/kg and the total chromium concentration in the aerial part, also on average, was 1.437 and 1.438 mg/kg, for which the conclusion that the macrophyte *Pistia stratiotes* is capable of removing and accumulating total Pb and Cr in the root part more than in the aerial part.

**Keywords:** *Pistia stratiotes*, chromium, lead, phytoremediation, water.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua ha aumentado en los últimos años por la presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos, la cual causa una gran variedad de problemas ambientales, como la degradación de la vegetación, contaminación del suelo, aire, agua y de la napa freática. El plomo (Pb) y el cromo total (Cr) son nocivos para la salud humana, ya que pueden generar efectos agudos y crónicos, como anemia, dolor de cabeza, reducción de hemoglobina, daños en los riñones, sistema nervioso, hígado y el cerebro (1).

Los métodos comunes para tratar el agua contaminada con presencia de metales son: intercambio iónico, coagulación-floculación, precipitación química y adsorción a través de raíces. La fitorremediación es una técnica utilizada para estabilizar los contaminantes, éstos se almacenan en las raíces y brotes de las plantas. Se ha demostrado que esta tecnología tradicional, para limpiar aguas contaminadas, es eficiente. La fitorremediación es considerada como una tecnología verde basada en plantas, la cual ha trascendido como una alternativa prometedora y una técnica rentable para la remoción de metales pesadas. Esta tecnología se basa en la capacidad de las plantas para absorber y acumular contaminantes en sus tejidos y remover una gran cantidad de estos elementos del agua. El proceso de fitorremediación consiste en la inoculación de macrófitos para la absorción y acumulación de compuestos orgánicos e inorgánicos. Entre los diversos grupos de plantas utilizadas para la fitorremediación, las macrófitas acuáticas alcanzan la posición más importante.

Es fundamental hacer un análisis de las técnicas de fitorremediación, debido a los efectos que esto pueda generar en el ambiente, por ello es importante hacer énfasis en el desarrollo de medidas de mitigación y prevención con la finalidad de evitar peligros ambientales, es así que la presente investigación plantea por objetivo determinar la capacidad fitorremediadora de la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en aguas superficiales del río Andaychagua, Provincia de Yauli, 2021.

La presente investigación consta de cuatro capítulos, como se describe a continuación:

En el Capítulo I, “Planteamiento de estudio”, se aborda la situación problemática de la investigación, los objetivos, la justificación y las hipótesis por el cual se fundamenta el presente trabajo de investigación.

En el Capítulo II, “Marco teórico”, se abordan los antecedentes internacionales, nacionales y locales que se utilizaron en la presente investigación, además de las bases teóricas y definición de términos que contribuyen en la comprensión del tema.

En el Capítulo III, “Metodología”, se aborda el método de investigación y alcance de investigación.

En el Capítulo IV, “Resultados y discusión”, se aborda la construcción de pruebas y resultados.

Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas que fueron objetiva y críticamente analizadas.

Las autoras.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

#### 1.1.1. Planteamiento del problema

El agua está en el epicentro del desarrollo sostenible y es vital para el desarrollo socioeconómico, energía, producción de alimentos, ecosistemas y supervivencia humana. También es un factor importante en la adaptación del cambio climático y un vínculo importante entre la sociedad y el medio ambiente tanto es así que el abastecimiento y la calidad del agua dependen del equilibrio adecuado del medio ambiente, que se ve en gran medida afectadas por las contaminaciones antrópicas y naturales, debido a esto los seres vivos presentan implicaciones en la salud (2).

Actualmente, dos tercios de la población mundial padecen de escasez de agua al menos un mes al año. El incremento de la descarga de aguas residuales sin tratar, junto con la escorrentía de las tierras agrícolas, ha llevado a un deterioro global de la calidad del recurso hídrico. En las próximas décadas la calidad de agua seguirá deteriorándose, particularmente en Latinoamérica, afectando al ecosistema y la salud humana (3).

En América Latina, alrededor de 36 millones de personas viven sin agua potable todos los días. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 26 % de la muerte de niños están relacionadas por la contaminación del agua, cambio climático, vertimiento de desechos industriales y derrame de petróleo en cuerpos de agua. Estas fuentes de contaminación afectan los ríos, lagos y mares que no son seguras para el consumo y uso debido a que afectan a la salud humana (4).

Gran parte de la economía latinoamericana depende de la extracción de los recursos naturales, y también de yacimientos mineros que atraen inversiones extranjeras de interés industrial, como es caso de los siguientes países: México es el mayor productor de plata, Bolivia es de litio, Chile es de cobre, Brasil tercero en la producción de hierro y Perú es uno de los primeros productores de cobre, oro y plata. Estos países representan el 85 % de la exportación minera de Latinoamérica, teniendo como consecuencia la contaminación del recurso hídrico (2).

La industria minera desafía un incremento de escasez del recurso hídrico, así como los compromisos sociales, demandas institucionales, sociales y ambientales. Es una actividad que inevitablemente afecta al ecosistema y contamina el agua, aire y suelo. Producen gran número de sustancias tóxicas, y amenaza la existencia de la población que mantiene el equilibrio del ecosistema (2).

En Argentina, cerca de un millón de personas no acceden al agua en su comunidad, debido a las principales fuentes de contaminación: efluentes cloacales, industria, agricultura y minería, estos efluentes sin tratamiento terminan en ríos y napa freática. El consumo del recurso hídrico con altas concentraciones de contaminantes orgánicos e inorgánicos producen serios problemas al ecosistema (5).

En los últimos años, el acelerado proceso de industrialización y modernización ha llevado a lamentables consecuencias de contaminación de los ecosistemas acuáticos y terrestres (1), y el Perú no es la excepción, país con importantes yacimientos mineros. La minería trae enormes beneficios económicos, pero también genera serios problemas sociales y

ambientales, afectando directa o indirectamente su ámbito de influencia (6).

En Perú, el 19 % de los conflictos sociales involucran al acceso de los recursos hídricos. Según Amnistía Internacional Perú ha publicado un informe titulado “Estado Toxico” que presenta dos incidentes de las comunidades indígenas en la selva y de la sierra, afirmando que la gente bebe agua contaminada con metales pesados con: hierro, manganeso, aluminio, arsénico y otros metales que superan los estándares de calidad de agua. Las actividades involucradas para la contaminación del agua son: minería y extracción de hidrocarburos (7).

La contaminación de plomo y cromo total en aguas superficiales es un problema que se va combatiendo día a día. Las actividades mineras afrontan un dilema cada vez más grave por la escasez del agua, debido a que no tratan las aguas residuales adecuadamente, esto hace que, superan estándares de calidad ambiental es por ello, que se requiere nuestra atención no solo para reducir impactos negativos por actividades antropogénicas, sino también para que estos contaminantes no causen daños a los organismos vivos (planta, animales y personas).

En el distrito de la Huayhuay, provincia Yauli, el organismo de evaluación y fiscalización ambiental (OEFA) reportó metales pesados que están contaminando el agua: plomo (0.07 mg/l), arsénico (0.144 mg/l), cobre (0.052 mg/l), hierro (0.84 mg/l) y manganeso (0.786 mg/l) (8); ya que comparando con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) (9) vigente superan los valores de: plomo (0.05 mg/l), arsénico (0.1 mg/l), cobre (0.2 mg/l), hierro (0.5 mg/l) y manganeso (0.2 mg/l), y estos a mediano y largo plazo va afectar a la salud humana, vegetales, animales acuáticos y terrestres.

### 1.1.2. Formulación del problema

#### 1.1.2.1. Problema general

¿Qué influencia tiene la fitorremediación con lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en la concentración de plomo y cromo total en aguas superficiales del río Andaychagua, provincia de Yauli, 2021?

#### 1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el porcentaje de remoción de plomo mediante lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en aguas superficiales del río Andaychagua, provincia de Yauli, 2021?
- ¿Cuál es el porcentaje de remoción de cromo total mediante lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en aguas superficiales del río Andaychagua, provincia de Yauli, 2021?
- ¿Cuál es la concentración de plomo en la parte aérea y radicular de la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en la provincia de Yauli, 2021?
- ¿Cuál es la concentración de cromo total en la parte aérea y radicular de la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en la provincia de Yauli, 2021?

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo general

Determinar la capacidad fitorremediadora de la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en aguas superficiales del río Andaychagua, Provincia de Yauli, 2021.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje de remoción de plomo mediante lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en aguas superficiales del río Andaychagua, provincia de Yauli, 2021.

- Determinar el porcentaje de remoción del cromo total mediante lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en aguas superficiales del río Andaychagua, provincia de Yauli, 2021.
- Determinar la concentración de plomo en la parte radicular y aérea de la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en la provincia de Yauli, 2021.
- Determinar la concentración de cromo total en la parte radicular y aérea de la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en la provincia de Yauli, 2021.

### 1.3. Justificación e importancia

#### 1.3.1. Justificación económica

En la actualidad, cada vez se utilizan más tecnologías verdes para reducir, controlar, proteger la biomasa y disminuir la contaminación de metales pesados. Para la adsorción de metales pesados existen diversas técnicas (físicas, químicas y biológicas), cada una con limitaciones técnicas y económicas.

La lechuga de agua es capaz de absorber metales pesados a través de raíces y brotes, según Poveda (10). Incluso para remover los metales pesados, la absorción se considera la mejor opción debido a su alta eficiencia y simplicidad. Se ha demostrado su utilidad para remover metales pesados a través del proceso de absorción y acumulación de contaminantes en raíces y brotes. Es por ello que la fitorremediación es una alternativa prometedora y un método rentable como, es el uso de la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), que habitan microorganismos en las raíces, estos también contribuyen a la absorción de plomo y cromo total, sobre todo por la abundancia de las macrófitas, bajo costo, viabilidad y sencillez del proceso del tratamiento.

#### 1.3.2. Justificación ambiental

En los últimos años, las actividades mineras, agrícolas, manufactureras y curtiembres han causado la contaminación de recursos hídricos por compuestos orgánicos e inorgánicos. Estas actividades antropogénicas han presentado impactos significativos en el medio ambiente como toxicidad, acumulación y persistencia de metales en medios acuáticos y terrestre. Debido a la contaminación de los ecosistemas, se han propuesto nuevas técnicas de tratamientos de aguas residuales, como es la fitorremediación, que facilita el aprovechamiento de plantas acuáticas para remover diversos contaminantes ya que esta tecnología verde contribuye al medio ambiente. Por otra parte, esta técnica es una tecnología tradicional.

La fitorremediación desarrollada por algunas especies de macrófitos como la *Pistia stratiotes*, removerá concentraciones de plomo y cromo total de las aguas superficiales del río Andaychagua, provincia de Yauli, esta macrófita tiene una eficiencia para remover metales pesados, y de esta forma reducirá la contaminación del agua

#### 1.4. Hipótesis y variables

##### 1.4.1. Hipótesis general

La influencia que tiene la fitorremediación con lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), el efecto es significativo en la remoción de plomo y cromo total en aguas superficiales del río Andaychagua, provincia de Yauli, 2021.

##### 1.4.2. Hipótesis nula

La influencia que tiene la fitorremediación con lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), el efecto no es significativo en la remoción de plomo y cromo total en aguas superficiales del río Andaychagua, provincia de Yauli, 2021.

##### 1.4.3. Hipótesis específicas

- La lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) remueve el plomo en aguas superficiales del río Andaychagua.
- La lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) remueve el cromo total en aguas superficiales del río Andaychagua.
- La lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) concentra plomo en la parte radicular y aérea.
- La lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) concentra cromo total en la parte radicular y aérea.

#### 1.4.4. Operacionalización de las variables

- Variable independiente:  
X = lechuga de agua (*Pistia stratiotes*).  
Indicador:  
Dos cantidades crecientes de lechuga de agua (*Pistia stratiotes*).
  - T1 (3 unidades de lechuga de agua).
  - T2 (6 unidades de lechuga de agua).
- Variable dependiente:  
Y = concentración de plomo y cromo total.  
Indicadores:
  - Concentración de plomo en aguas superficiales del río Andaychagua.
  - Concentración de cromo total en aguas superficiales del río Andaychagua.
  - Concentración de plomo en la parte radicular y aérea en la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*).
  - Concentración de cromo total en la parte radicular y aérea en la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*).

Tabla 1. Operacionalización de las variables.

TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN	
Variable independiente	lechuga de agua ( <i>Pistia stratiotes</i> )	Los macrófitos son consideradas plantas acuáticas y algas, tienen la capacidad para absorber compuestos orgánicos e inorgánicos por raíces y translocarlos a brotes y hojas. La biosorción de macrófitos acuáticos es un proceso rápido para remover contaminantes, en especial metales pesados (4).	Características de la lechuga de agua ( <i>Pistia stratiotes</i> ).	Cantidad de cogollos.	Unidad	Cuantitativa	Razón Proporción
				3 cogollos			
Variable dependiente	Concentración de plomo y cromo total	La presencia de metales en el medio ambiente se produce de forma antropogénica y natural, se transportan en el agua. Estos son muy persistentes en el ambiente, lo que significa que no pueden descomponerse fácilmente.	Concentración de plomo en el agua.	Porcentaje de remoción de plomo.	%	Cuantitativa Continua	Razón Proporción
			Concentración de cromo total en el agua.	Porcentaje de remoción de cromo total.	%	Cuantitativa Continua	Razón Proporción
			Concentración de plomo en la parte radicular (raíz) y aérea (hoja).	- mg Pb en parte aérea /kg de peso seco. - mg Pb en la parte radicular/kg de peso seco.	mg/kg	Cuantitativa Continua	Razón Proporción
			Concentración de cromo total en la parte radicular (raíz) y aérea (hoja).	- mg Cr total en parte aérea /Kg de peso seco. - mg Cr total en la parte radicular/kg de peso seco.	mg/kg	Cuantitativa Continua	Razón Proporción

Fuente: elaboración propia.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

El trabajo de investigación titulado: *“Phytoremediation of chromium and lead using water lettuce (Pistia stratiotes L.)”*, planteó como objetivo general evaluar la remoción de Pb y Cr en cuatro concentraciones iniciales diferentes y dilucidar el impacto de macrófitos acuáticos; se realizó la siguiente metodología: utilizaron cuatro concentraciones iniciales de Pb y Cr, es decir (5, 10, 15 y 20 mg/L) en una solución de 1 000 mg/L, las muestras se analizaron después de 10 días de remoción; como resultado se obtuvo una disminución de 80 % de Cr y 93 % de Pb, después de 10 días. La conclusión de este trabajo es que la *Pistia stratiotes* remueve mayor concentración de Pb que Cr y fue capaz de acumular estos metales en la raíz más que en las hojas. Se encontró una relación positiva entre la concentración de metal en la solución y el contenido de metal en el macrófito (11).

El trabajo de investigación titulado *“Bioremediation of Cd (II), Pb (II) and Cu (II) from industrial effluents by Moringa stenopetala seed husk”*, presentó como objetivo biorremediar a través del proceso de precipitación química, coagulación, extracción con disolvente, electrólisis, separación de membrana y la técnica de intercambio iónico. El estudio aporta una

metodología experimental, debido a que se utilizó la cáscara de la semilla de la moringa para disminuir el pH, turbidez, conductividad y concentración de metales pesados para disminuir iones metálicos; en forma de resultados del presente estudio, se obtuvo el porcentaje máximo de absorción de un 99.1 % de Cd (II), 99.4 % de Pb (II) y 99.1 % de Cu (II). La conclusión de este estudio fue que se llevaron a cabo experimentos de absorción por lotes para investigar la capacidad de remover metales pesados y el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos, a través de la adición del polvo de la cáscara de semilla de la moringa (12).

El trabajo de investigación que lleva por título “Evaluación del aporte de las plantas acuáticas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales municipales”, planteó como objetivo general evaluar el aporte de las plantas acuáticas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento del agua residual municipal (ARM) de la ciudad de Riohacha en Colombia. Se realizó en un diseño experimental, lo cual corresponde a cinco tratamientos y un control. Se instalaron síes cubetas de vidrio con capacidad de 84.4 L que funcionaron a condiciones ambientales, como resultado se obtuvo que la máxima eficiencia se logró con microcosmos de cobertura de *Pistia stratiotes*, alcanzando remociones de: 78.5 %  $\text{NO}_2^-$ , 24.9 %  $\text{NO}_3^-$ , 8.6 %  $\text{NH}_4^+$ , 51.6 %  $\text{PO}_4^{3-}$ , 79.1 %  $\text{DBO}_5$  y 76.2 % DQO. La conclusión de este trabajo fue que la planta acuática *Pistia stratiotes* fue más eficiente para remover contaminantes fisicoquímicos a comparación del macrófito *Eichhornia crassipes* (13).

El trabajo de investigación titulado “*Bioaccumulation of heavy metals by the aquatic plants Potamogeton pectinatus L. and Potamogeton malaianus miq. and their potential use for contamination indicators and in wastewater treatment.*”, cuyo objetivo fue determinar la eficiencia de bioacumulación de metales pesados a través de plantas acuáticas *Pectinatus potamogeton* L. y *Malaianus potamogeton miq.* El estudio aporta una metodología experimental, debido a que se utilizó las microalgas *Pectinatus potamogeton* L. y *Malaianus potamogeton miq.* para la eliminación de cadmio, plomo, manganeso, zinc y cobre. En el presente estudio el resultado de las dos especies de plantas *Malaianus potamogeton* L. y *Malaianus potamogeton miq.* mostraron una alta capacidad para remover

metales pesados del río. Las mayores concentraciones de metales pesados fueron encontradas en las hojas y brotes de las microalgas, teniendo una eficiencia de remoción de 92 % de Cd, 79 % de Pb, 86 % de Mn, 67 % de Zn y 70 % de Cu. Se concluye que estas microalgas son capaces de remover metales pesados al ser aplicadas directamente en aguas contaminadas (14).

El trabajo de investigación titulado “*Iron plaque formation in the roots of Pistia stratiotes L.: importance in phytoremediation of cadmium*”, cuyo objetivo fue aplicar la técnica de fitorremediación para eliminar los contaminantes orgánicos e inorgánicos de suelo y agua. El estudio aporta una metodología experimental, debido a que se evaluó el rendimiento del proceso de eliminación a través de estudios de los parámetros fisicoquímicos, incluyendo el tipo y concentración de los contaminantes en el agua, diversos valores de pH, régimen de iluminación y el aumento de peso de las plantas. En el presente estudio el resultado de la eliminación de Cr es mayor que el Pb, mientras que el Cd absorbió en menor medida durante el tiempo de contacto examinado; esta observación señala la fuerte toxicidad de Cd en comparación con los otros metales (15).

En el trabajo de investigación titulado “Bioadsorción de plomo (II) y cromo (III) usando la planta acuática *Pistia stratiotes*”, se planteó como objetivo evaluar la capacidad de la planta acuática *P. stratiotes* para bioadsorber Pb y Cr. Se realizó un diseño de flujo semi - continuo a escala de laboratorio en una cubeta de 20 L de capacidad de volumen y efluente sintético contaminado con cromo (4 y 6 mg/L), plomo (1 y 5 mg/L); como resultado se obtuvo una disminución de las concentraciones de Pb y Cr; la remoción total ha sido 81.1 % y 69.9 % para cromo (Cr) y 76.8 % y 81.3 % para plomo (Pb) de los ensayos individuales, mientras para la mezcla los resultados han sido 77.9 % cromo (Cr) y 73.4 % plomo (Pb). La conclusión de este trabajo fue que en el primer día de estudio se logró la máxima absorción de metales, especialmente la acumulación en las raíces de las plantas, y que este macrófito es una alternativa real para el tratamiento de aguas residuales contaminadas por explotación de minerales e hidrocarburos (16).

El trabajo de investigación titulado “Determinación de la acumulación de los metales pesados cadmio (Cd), plomo (Pb) y cromo (Cr) en la planta *Pistia stratiotes* conocida como la lechuga de agua”; planteó como objetivo determinar la acumulación de metales pesados de Cd, Pb y Cr en la planta *Pistia stratiotes*. Se realizó un modelo experimental donde examinaron el crecimiento de la planta, con concentraciones de metales de Cd, Pb y Cr. Se empleó el equipo de absorción atómica para analizar los metales en cada órgano de las plantas; raíz, hoja y tallo. Los resultados de la concentración de cromo en la planta fue 88.43 ug/g, en hoja, 140.955 ug/g y en la raíz fue 640.061 ug/g en tallo, la concentración de cadmio en la planta fue 685.59 ug/g en tallo, 32.29 ug/g en raíz y 42.22 ug/g en hoja y la concentración de plomo en la planta fue 500.70 ug/g en hoja, 140.96 ug/g en raíz y 2800.14 ug/g en tallo. Se concluye que para cada metal evaluado (cadmio, plomo y cromo) los órganos más acumuladores de metales pesados fueron en el tallo, luego las hojas y por último las raíces (17).

En el trabajo de investigación titulado “Evaluación del potencial fitorremediador de dos especies lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) y trébol de agua (*Limnobiium laevigatum*) para el tratamiento de lixiviados producidos en el relleno sanitario del Cantón Centinela del Cóndor, provincia de Zamora Chinchipe”, tuvo como objetivo general evaluar el potencial fitorremediador de las especies de lechuga de agua y trébol de agua; se apoyó con diversas herramientas metodológicas como las encuestas, observación directa, análisis de laboratorio, además, utilizó el método estadístico Chi cuadrado ( $\chi^2$ ), no paramétrico; como resultado se encontró una disminución de los siguientes parámetros: 98.32 % de DBO, 97.62 % de DQO y 97.62 % de SST (18).

#### 2.1.2. Antecedentes nacionales

El trabajo de investigación titulado “Capacidad remediadora de *Pistia stratiotes* y *Lemma minor* en el tratamiento de agua residuales de la localidad de granja Porcón - Cajamarca”, tuvo por objetivo determinar la capacidad remediadora de *Pistia stratiotes* y *Lemma minor* en el

tratamiento de aguas residuales; se realizó la siguiente metodología, donde recolectaron siete muestras en total para el tratamiento, analizaron cada 10 días los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos durante 1 mes; como resultados se obtuvieron que la lechuga de agua no es eficiente para tratar aguas residuales, ya que en la muestra 1 y 2 superan los Límites Máximos Permisibles, a excepción de la macrófita *Lemma minor*. Las concentraciones de los parámetros fisicoquímico utilizando lenteja de agua fueron: DBO de 83.9 mg/L, DQO de 174 mg/L, aceites y grasas de 8.4 mg/L, SST 128.3 mg/L y utilizando la lechuga de agua las concentraciones fueron: SST de 133 mg/L, aceites y grasas de 9,3 mg/L y coliformes termotolerantes 6400 NMP/100 ml. Se concluye que la planta *Lemma minor* tiene mayor capacidad de purificar las aguas residuales domésticas a comparación de la macrófita *Pistia stratiotes* (19).

El trabajo de investigación titulado “Eficiencia de las macrofitas *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes* en la remoción de nutrientes en aguas contaminadas de laguna Ricuricocha, San Martín, 2019”; tuvo como objetivo determinar la eficiencia de las macrofitas *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua) y *Pistia stratiotes* (repollo de agua) en la remoción de nutrientes. Su metodología abordó el diseño experimental, de tipo factorial, con dos especies diferentes y cada tratamiento constó de tres repeticiones; como resultado que obtuvieron para cada tratamiento con las macrofitas Jacinto de agua y repollo de agua fueron: turbidez 20.8 % y 12.8 %, pH 26.8 % para ambos, fósforo 9.1 % y 3.6 %, color 41.2 % y 3.9 %, DBO fue 11.2 % y 403.5 % y DQO fue del 17.6 %, y 22.2 %; como conclusión se identificó que hubo una mayor eficiencia de remoción con la macrófita *Eichhornia crassipes* en comparación de *Pistia stratiotes* (20).

El trabajo de investigación titulado “Evaluación de dos especies vegetales en la fitorremediación de metales pesados en el río Moquegua, 2018”; planteó como objetivo evaluar dos especies vegetales (*Eichhornia crassipes* y *Lemma minor*) en la fitodepuración de metales pesados en el río de Moquegua. Su metodología abarcó el diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y dos repeticiones; como resultado en 30 días la remoción de los metales fue: 90.40 % Aluminio, 88.24 % Boro y 94.71 % Manganeseo. Se concluye que las plantas acuáticas tuvieron una

eficiencia de 94.71 % en remover metales pesados en un tiempo de 30 días (21).

El trabajo de investigación titulado “Determinación del pH y tiempo de residencia de la *Pistia stratiotes* (lechuga de agua) para mayor absorción de cadmio en agua superficiales”, planteó como objetivo determinar el pH y tiempo de residencia de *Pistia stratiotes* para la absorción de cadmio. Utilizó el método de espectrofotometría de absorción atómica para hallar la concentración de cadmio, para lo cual realizaron los siguientes procedimientos: instalaron tres acuarios, cada uno de ellos, con diferentes tipos de biomasa, cada acuario con 60 L de agua, en un tiempo de 5, 10, 15 y 20 días; como conclusión, se determinó que el pH fue 6.42 y el tiempo de residencia para la absorción de cadmio fue de 20 días, logrando un 98.10 % de absorción (22).

En el trabajo de investigación titulado “Comparación de la eficiencia de la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) y helecho de agua (*Azolla filiculoides*) para mejorar la calidad del agua residual del dren 4 000”, tuvo como objetivo comparar la eficiencia de la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) y helecho de agua (*Azolla filiculoides*) en el distrito de Santa Rosa, para lo cual se diseñaron dos estanques de 150 L, donde colocaron 3 kg de cada planta, por un tiempo de 21 días, como resultado se obtuvo que la macrófita *Pistia stratiotes* fue más eficiente con 98.92 % de remoción a comparación de *Azolla filiculoides* fue 88.03 % de remoción. Se concluye que la macrófita *Pistia stratiotes* es muy eficiente para tratar aguas residuales, además se adapta muy fácilmente a medios acuosos (23).

En la investigación titulado "Eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante las macrófitas Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), plantas típicas de la selva peruana”, planteó como objetivo evaluar la eficiencia del Jacinto de agua y lechuga de agua en el tratamiento de aguas residuales domésticas en el distrito de Llaylla, provincia de Satipo, en lo cual se construyeron humedales artificiales con los dos macrófitas ya mencionadas; tuvo una duración de cuatro meses y se monitorearon mensualmente los afluentes y efluentes. Los resultados de los parámetros fisicoquímicos utilizando *Eichhornia crassipes* fueron: aceites y grasas fue

75 %, DBO fue 78.2 %, DQO fue 72.1 % y coliformes fecales fue 99.9 %, y la remoción de los parámetros fisicoquímicos utilizando *Pistia stratiotes* fueron: aceites y grasas fue 75 %, DBO fue 79 %, DQO fue 73.7 % y coliformes fecales fue 99,9 %. Se concluye que la macrófita *Pistia stratiotes* eliminó un total de 82.2 % de parámetros fisicoquímicos en comparación con la macrófita *Eichhornia crassipes*, que eliminó el 81.5 % de los parámetros fisicoquímicos (24).

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Fitorremediación

El termino fitorremediación proviene de dos palabras: *Fito* en griego significa planta, *remediar* significa situar remedio al daño, por ende, fitorremediación significa remediar un daño ocasionado por el hombre a través de plantas (25).

Se trata de un conjunto de tecnologías que ayudan a restaurar aguas y suelos contaminadas por diversas actividades humanas. Este proceso, conocido como "fitorremediación", consiste en degradar, reducir y eliminar contaminantes del agua y suelo (18).

#### 2.2.1.1. Técnicas de fitorremediación

Para la eliminación de contaminantes existen varias técnicas de fitorremediación, pero para ello depende mucho de la tipificación de la especie vegetal a utilizar y del residuo a tratar; la importancia, metodología y resultados de la investigación experimental se alcanzarán tras evaluar las diversas técnicas de fitorremediación (18), las cuales son:

- a) Fitoextracción: Los metales se acumulan en la parte cosechable de la planta y se eliminan en el medio ambiente. Conocida también como fitoacumulación, esta técnica

absorbe contaminantes a través de sus raíces y acumulan en tallos, hojas y brotes (26).

- b) Rizofiltración: Es la utilización de raíces para concentrar y absorber contaminantes orgánicos e inorgánicos presentes en el agua (26).
- c) Fitoestabilización: Es el uso de plantas acuáticas para inmovilizar metales pesados en el agua y el suelo. esta técnica reduce la migración y la biodisponibilidad de la cadena alimentaria (26).
- d) Rizodegradación: Es la descomposición de contaminantes orgánicos presentes en el agua y suelo a través de organismos heterótrofos (bacterias, protozoos y etc.)(26).
- e) Fitodegradación: también conocida como fitotransformación de plantas. Es el metabolismo enzimático o descomposición de contaminantes orgánicos dentro de las plantas para convertirlos en no tóxicos o reducir su toxicidad (26).
- f) Fitovolatilización: El uso de plantas modifica los compuestos orgánicos mediante la transpiración, evaporación y precipitación (26).

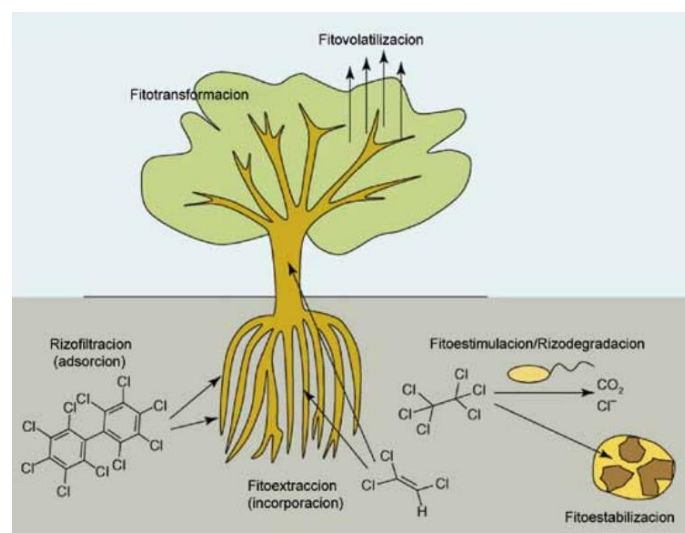


Figura 1. Técnicas de fitorremediación.

Fuente: Levitus *et al.*, p. 548 (27).

## 2.2.2. Fases de fitorremediación

La fitorremediación del agua o del suelo habitualmente implica el uso de plantas capaces de capturar los contaminantes de las raíces y transportarlos a los tallos y hojas para que puedan eliminarse mediante técnicas de tratamiento vegetal, esto consta de tres etapas: absorción, excreción y desintoxicación de los contaminantes (18).

### 2.2.2.1. Absorción

La absorción de contaminantes se produce a través de hojas y raíces mediante la cutícula y estomas de la epidermis, mientras la adsorción ocurre en la rizodermis, esto depende de los factores de pH y temperatura (18).

### 2.2.2.2. Excreción

Los contaminantes se absorben por las raíces, se evapora por medio de las hojas. A concentraciones muy altas de impurezas menos del 5 % se excretan sin cambiar su estructura química (18).

### 2.2.2.3. Desintoxicación de contaminantes

La desintoxicación de los contaminantes orgánicos se lleva a cabo a través de la mineralización. Para los contaminantes químicos inorgánicos se utilizan la incineración controlada, pero sus restos de cenizas son encapsuladas, debido a que los contaminantes puedan ser volatilizados a la atmósfera (18).

### 2.2.3. Criterios de selección de macrófito para la fitorremediación

La efectividad de la remoción de contaminantes durante la fitorremediación dependerá principalmente del tipo de vegetación, la etapa de crecimiento de las plantas, su estación y tipo de metal a remover. Las plantas a utilizar deben tener las siguientes características (18):

- a) Resistente a altas concentraciones de metales pesados.
- b) Ser acumuladoras de metales pesados.
- c) Tener una tasa de crecimiento rápido y alto rendimiento.
- d) Tener factibilidad en la cosecha.

### 2.2.4. Clasificación de las plantas usadas en la fitorremediación

- Emergentes: Las raíces de las macrófitas están enterradas en los sedimentos y la parte de las hojas; brote se extienden hacia arriba de la superficie del agua (26).
- Sumergidas: el macrófito se desarrolla debajo de la superficie del agua. Sus órganos reproductores emergen o se quedan en la superficie de agua (26).
- Flotantes: se subdividen en los dos siguientes grupos:
  - o Plantas de libre flotación (no fijas): sus hojas y tallos de los macrófitos se desarrollan sobre la superficie del cuerpo de agua y sus raíces no están fijas en ningún sedimento o sustrato (26).
  - o Plantas de hoja flotante (fijas): sus hojas de los macrófitos van flotando sobre la superficie del cuerpo de agua, pero sus raíces están fijas en los sedimentos o sustratos (26).

### 2.2.5. Características generales del macrófito a utilizar

#### 2.2.5.1. Lechuga de agua (*Pistia stratiotes*)

Es una planta exótica y flotante. Forma asteriscos de unos 30 cm de largo y presenta llamativas hojas gruesas de color verde pálido que flotan libremente hacia la superficie con muchas raíces aún suspendidas en el agua. Si bien esta planta también puede dar frutos, generalmente es muy prolífica, por lo que, en las condiciones adecuadas, puede cubrir completamente la superficie de los humedales en los que se encuentran (28).

#### 2.2.5.1.1. Clasificación taxonómica

Tabla 2. Clasificación taxonómica.

CLASIFICACION TAXONOMICA	
Reino	Plantae
Phylum	División magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Alismatales
Familia	Araceae
Genero	<i>Pistia</i>
Especie	<i>Stratiotes</i>
Nombre científico	<i>Pistia stratiotes L.</i>
Nombre común	Repollo de agua, lechuga de agua, Sirena

Fuente: Romero, p. 24.

#### 2.2.5.1.2. Lechuga de agua o repollo de agua (*Pistia stratiotes*)

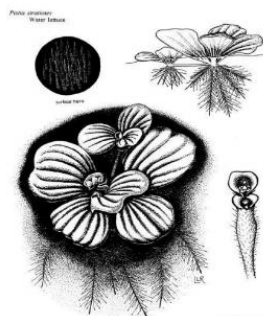


Figura 2. *Pistia stratiotes*.

Fuente: Aguayo, p.15. (17).

#### 2.2.5.1.3. Características morfológicas

- Hojas: son arrosetadas de color verde grisáceo oscuro, esponjosos, plegados, elípticos, con la parte superior redondeada o cortada, a veces algo escocesa, de hasta 15 cm de largo x 6 cm de ancho (18).
- Flores:
  - o Inflorescencia masculina: tiene una flor con dos estambres mucho más largos que su longitud y dos anteras dobles (29).
  - o Inflorescencia femenina: el ovario de la macrófita es elipsoide, reticulado-venoso, unicarpelar, con diversos óvulos; de estilo subcónico y de estigma capitado y ciliado (18).
- Frutos: son esféricos, de 1 cm de diámetro; usualmente son 25 frutos verdes recubiertos de una fina cáscara; contienen muchas semillas blancas, rugosas y ovaladas (18).

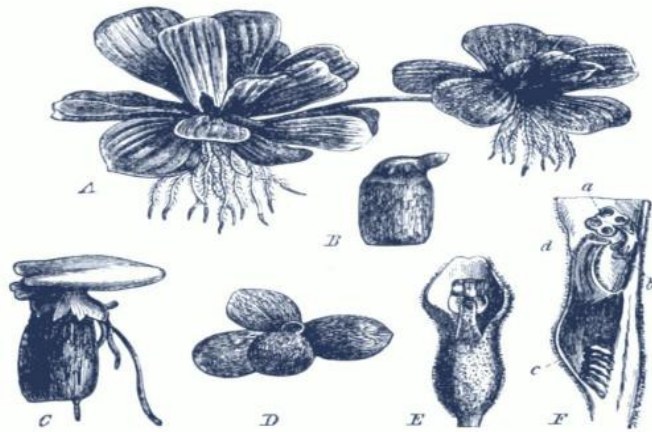


Figura 3. Morfología de la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*).

Fuente: Cueva, p.25 (18).

#### 2.2.5.1.4. Condiciones de hábitat

La lechuga de agua se desarrollan en humedales o acuarios siempre y cuando cuenten con iluminación (29).

#### 2.2.5.1.5. Temperatura

No puede soportar los duros inviernos, ya que tienen una temperatura mínima de crecimiento de 15°C y una temperatura óptima de crecimiento entre 22 a 30°C (29).

#### 2.2.5.1.6. Reproducción

Se reproduce muy rápidamente, depositando las semillas en el fondo del agua en un periodo de 10 a 12 días, y apareciendo brotes en la superficie para multiplicarse (29).

#### 2.2.6. Agua

Según la OMS el agua cubre más de 70% de la superficie del planeta, se encuentra en lagos, ríos, océanos, en el suelo y en el aire. Es la fuente y sustento de la vida, ya que este recurso es vital para la sobrevivencia de seres vivos (plantas, personas, animales acuáticos y terrestres) (30).

#### 2.2.7. Contaminantes del agua

Los contaminantes orgánicos, inorgánicos y biológicos provocan cambios en las propiedades fisicoquímicas y composición del agua, esto hace que se vuelva nociva para la vida (31):

- Agente físico: Son sólidos en suspensión, sólidos flotantes, sedimentos y coloides presentes en el cuerpo de agua.
- Agentes químicos: Son sustancias orgánicas e inorgánicas que se presentan en cuerpos de agua, provocando alteraciones del ecosistema.
- Agentes Biológicos: La presencia de microorganismos como: bacterias y protozoos pueden provocar enfermedades gastrointestinales.

#### 2.2.8. Contaminación de aguas residuales industriales

Las aguas residuales industriales son una de las sustancias más nocivas para el medio ambiente, debido al cambio de propiedades fisicoquímicas del agua como es: materia orgánica, metales pesados, aumento del pH, sólidos suspendidos totales, DBO, DQO, colorantes, grasas y sustancias tóxicas. Las principales fuentes de contaminación son: papeleras, petroquímicos, siderúrgicas, curtiembres y la minería (31).

#### 2.2.9. Metales pesados

Son sustancias que son 5 veces más densas que el agua como es: Hg, Pb, Cd, Ti, Cu, Zn y Cr. Estos metales pesados se encuentran en los organismos vivos y en el medio ambiente durante mucho tiempo en forma de iones o compuestos organometálicos (causando toxicidad, bioacumulación, transformación bioquímica o mutagenicidad en plantas y animales) (15).

- a. Métodos para la remoción de metales pesados: Existen muchas técnicas para la remoción de metales pesados de aguas residuales domésticas e industriales, eso va depender de diferentes factores sociales y ambientales, estos métodos se clasifican en convencionales (osmosis inversa, filtración por membranas, electrodiálisis, nanofiltración, ultrafiltración, intercambio iónico, adsorción, electrocoagulación y coagulación-floculación) y las no convencionales son adsorbentes de bajo costo ( biopolímeros, fitorremediación e hidrogeles) (32).

## 2.2.10. Metales pesados en el agua

### 2.2.10.1. Plomo

El plomo (Pb) se encuentra en forma natural en el medio ambiente, pero se encuentra en concentraciones altas debido a la actividad humana e industrial. Este metal no es biodegradable, por lo que puede acumularse en organismos acuáticos y terrestres, provocando daños irreversibles en los seres vivos (33).

- a. Fuentes naturales y antropogénicas: Las principales fuentes de contaminación de ecosistemas son la minería, la metalurgia, manufactura, reciclaje y en algunos países el uso constante de pinturas y combustibles que contienen plomo. Más de tres cuartas partes del consumo mundial de plomo corresponde a la producción de baterías de plomo-ácido para vehículos de motor (34).

- b. Efectos de plomo en los seres vivos: Los seres vivos se ven afectados por la ingesta e inhalación de plomo, lo cual provoca efectos nocivos. Estos causan daños severos a los riñones, sistema reproductivo, sistema nervioso, cerebro y el hígado (35).
- c. Emisiones al ambiente: La mayor parte de la contaminación por plomo (Pb) es causada por la descargas directas e indirectas de aguas residuales a los cuerpos receptores (35).
- d. Principales vías de exposición: Tal como lo plantea Bermejo (35), hay ocho principales fuentes de exposición que se consideran globalmente y son:
  - Uso de esmaltes cerámicos.
  - Pinturas con plomo.
  - Gasolina con plomo (usado como antidetonante).
  - Juguetes metálicos.
  - Productos envases de productos enlatados.
  - Cosméticos.
  - Emisiones industriales.
  - Humo de los cigarros.

#### 2.2.10.2. Cromo

Es uno de los elementos que se encuentran naturalmente en las rocas, las plantas, el suelo y las aguas residuales industriales. Su toxicidad va a depender del grado de concentración y oxidación en la que se encuentre, es importante la remoción del cromo hexavalente presente en medios acuosos debido, a su alta toxicidad, este elemento es dañino para la salud humana y el medio ambiente (36).

- a. Toxicidad de cromo: El cromo naturalmente en el ambiente (planta, suelo, polvo y animales) son menos tóxicas mientras que en los procesos industriales la toxicidad es significativa (36).

- b. Efectos de cromo (VI): El cromo (VI) es perjudicial para la salud humana, ya que este se encuentra en el agua y en el aire. Las personas que trabajan en siderúrgicas y curtiembre tiene la probabilidad de sufrir daños en los riñones e hígados, problemas respiratorios, alteración genética y dermatitis, debido a que este elemento presenta compuestos inorgánicos (37).

#### 2.2.11. Legislación ambiental

- Ley General del Ambiente, Ley N° 28611: es la norma que reglamenta aspectos ambientales en el Perú. Asimismo, plantea a la ciudadanía una serie de derechos con relación al tema ambiental. Esta ley establece principios y normas fundamentales que aseguran la efectiva realización del derecho a un ambiente saludable, equilibrado, sostenible y apropiado para el desarrollo de vida. Cabe mencionar que dicha ley establece que el estado debe fomentar el tratamiento de las aguas residuales con el fin de reutilización, donde deben considerar la calidad necesaria para su reúso sin perjudicar al medio ambiente y la salud humana (38).
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM: El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) establece medidas para determinar las concentraciones o niveles de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, el agua o el suelo que, en su estado corporal, no constituyen un riesgo significativo para la salud o el medio ambiente. El ECA de agua es una unidad de medida que ayuda a determinar propiedades físicas y químicas que se miden en el agua. Se puede proporcionar un cuerpo de agua para su uso en función de la calidad que exhibe, debido a su valor natural, es decir, una medida de la carga contaminante de los gases de escape o aguas residuales que pueden estar expuestas o estar asociadas a un permiso de descarga; la descarga permisible no debe exceder un ECA, determinado de acuerdo con el consumo de agua (9).

- Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales
  - a) sub categoría D1: Riego de vegetales

### 2.3. Definición de términos básicos

- Aguas residuales industriales: Son aguas, cuyas características han sido alteradas por los procesos productivos que realiza el hombre, y que previamente deben ser tratadas para su vertimiento al medio acuático.
- Concentración: Permite medir y conocer la cantidad de materia que se puede encontrar en cada unidad de volumen.
- Contaminación: Es el deterioro del ambiente, debido a la presencia de sustancias tóxicas en el agua, aire y suelo, esto puede alterar el estado de equilibrio de un ecosistema.
- Cuerpo receptor: Es todo cuerpo de agua (río, lago, agua subterránea, mar) susceptibles de recibir directa o indirectamente vertidos o descargas de aguas residuales.
- Espectrometría de absorción atómica: Es una técnica analítica aplicable al análisis de elementos metálicos, aguas (industriales, servidas y potables), alimentos y medio ambiente.
- Estándar de Calidad Ambiental (ECA): Son medidas de las concentraciones de elementos o parámetros presentes en el aire, el agua y el suelo que, en su estado de recepción, no suponen un riesgo significativo para la salud humana o el medio ambiente.
- Fitorremediación: Son una tecnología sostenible que utiliza plantas para reducir las concentraciones insitu o los peligros de contaminantes orgánicos e inorgánicos en el suelo, sedimentos, el agua y el aire, con base en la bioquímica de las plantas y los microorganismos asociados con sus sistemas de drenaje, el proceso reduce, degrada, evapora y estabiliza varios contaminantes (14).
- Metales pesados: Son elementos químicos que presentan una densidad alta, están incluidos 38 elementos químicos. Sin embargo, el término generalmente se refiere a 12 metales más usados y creados en la industria como Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn y Zn. Estos elementos están presentes principalmente en sitios de adsorción y están fuertemente retenidos en coloides orgánicos e inorgánicos (15).

- Muestreo: Se da al muestrear un volumen predeterminado y utilizar la tecnología de conservación correspondiente a los parámetros a analizar.
- *Pistia stratiotes*: Es una planta flotante, parecida a un rizoma, con múltiples raíces. Sus hojas son de color verde grisáceo oscuro, pubescentes, esponjosas, plegadas, abovedadas, redondeadas o truncadas en la parte superior, a veces ligeramente cóncavas, sin tallo, de hasta 15 cm x 6 cm de ancho, y crece naturalmente en lagos, ríos y en regiones templados y tropicales (4).
- Vertimientos: Es la descarga de residuos líquidos domésticos, industriales, municipales, agrícolas y mineros al cuerpo receptor.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### 3.1. Método y alcance de la investigación

##### 3.1.1. Métodos de la investigación

###### 3.1.1.1. Método general

El método general de la investigación fue hipotético - deductivo. Este método explica que si la afirmación de la hipótesis planteada sobre la fitorremediación con la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) el efecto es significativo en la remoción de plomo y cromo total en las aguas superficiales en la provincia de Yauli, se busca refutarla o falsearla, deduciendo las conclusiones con los datos recolectadas (39).

###### 3.1.1.2. Método específico

El método específico de la investigación fue experimental (40). Se manipularon las variables: lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) y concentración de plomo y cromo total siendo observados con experimentos.

### 3.1.2. Alcance de la investigación

#### 3.1.2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue aplicada (39), donde aplica la parte teórica con la aplicación de la investigación de la fitorremediación del plomo y cromo total con lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en aguas superficiales del río Andaychagua, provincia Yauli, al cual se le ha aplicado la macrófita *Pistia stratiotes* en los diferentes tratamientos, ya que de esta manera se espera remover la concentración de plomo y cromo total del agua.

#### 3.1.2.2. Nivel de la investigación

El nivel de investigación fue explicativo (39), porque verifica la relación causal entre las variables (lechuga de agua y concentración de plomo y cromo total) o el impacto de un evento sobre el otro dejando entrever el tema de estudio.

### 3.2. Diseño de la investigación

#### 3.2.1. Diseño experimental

El diseño de la investigación fue experimental (39), con tratamientos dispuestos en un experimento puro, consta de 2 tratamientos incluyendo un grupo control con 3 repeticiones cada uno, teniendo un total de 6 unidades experimentales.

#### 3.2.2. Tipo de diseño de investigación

El tipo de diseño fue experimento puro (pre prueba - post prueba) (39), que incorpora la gestión previa a la prueba de los grupos que componen la prueba. Los participantes fueron aleatorizados, un grupo recibió el tratamiento experimental y el otro grupo no (este es el grupo de control

$E$	$G_1$	$X_1$	$O_1$
$E$	$G_2$	$X_2$	$O_2$
$E$	$G_3$	—	$O_3$

Donde:

- E: muestra al azar el volumen de agua.
- X1: tratamiento con 3 cogollos de lechuga de agua.
- X2: tratamiento con 6 cogollos de lechuga de agua.
- G1: pre prueba de aguas superficiales del río Andaychagua.
- O1: post prueba de aguas superficiales del río Andaychagua después de haber estado con la planta 45 días.
- ---: muestra control.

### 3.3. Población y muestra

#### 3.3.1. Población

La población estuvo compuesta de aguas superficiales del río Andaychagua de la provincia de Yauli, con las siguientes coordenadas UTM del punto de muestreo: 87011388 E, 393942 N.

#### 3.3.2. Muestra

La muestra fue probabilística, de muestreo aleatorio simple (39). En total la muestra estuvo comprendida por 121 L (se realizaron 2 tratamientos, cada tratamiento constó de 3 repeticiones y cada repetición tuvo 20 L). Se tomó 1 L de muestra de agua por cada repetición para el respectivo análisis de laboratorio, según el protocolo de muestreo de aguas superficiales (41).

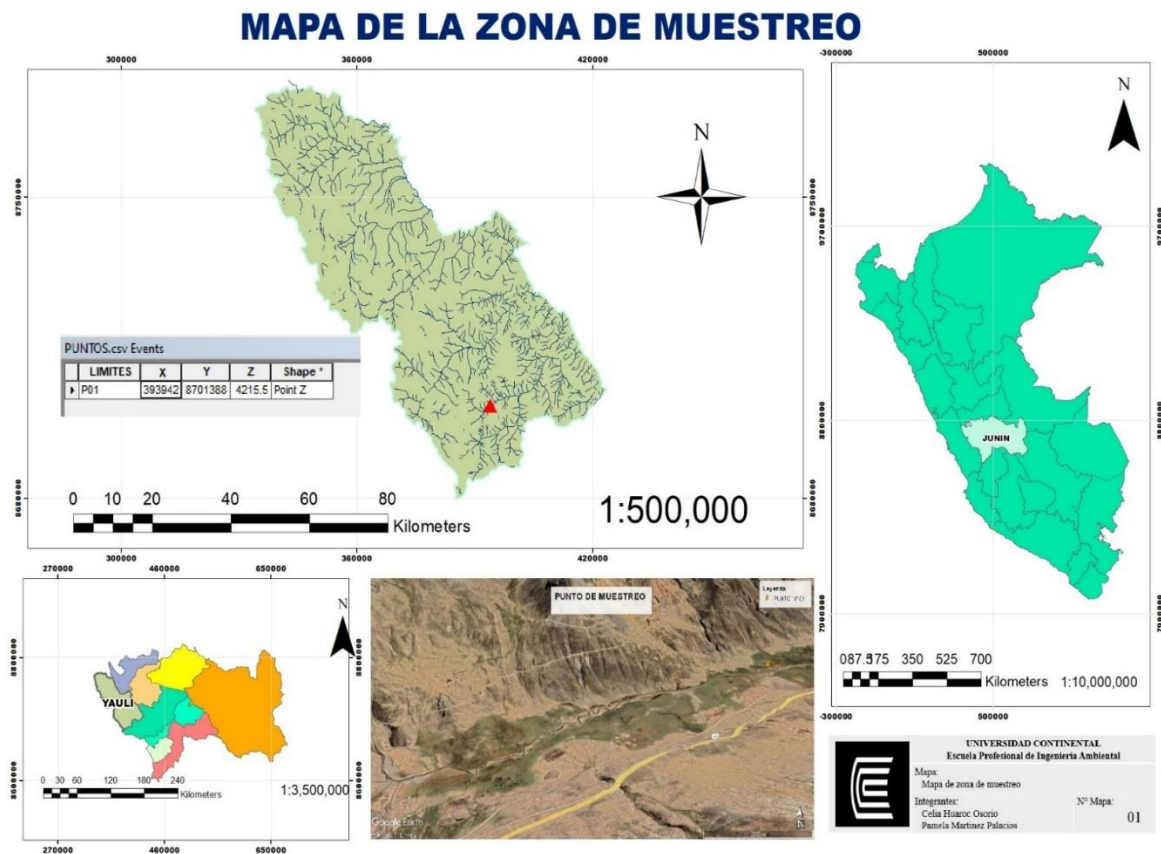


Figura 4. Mapa de la zona de muestreo.

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

#### a) Técnicas:

- Observación
- Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales.

#### b) Instrumentos

- Cadena de custodia
- Ficha de registros de datos
- Espectrometría de absorción atómica

#### 3.4.1. Procedimiento

#### 3.4.1.1. Procedimiento de muestreo de aguas superficiales del río Andaychagua

Procedimiento de muestreo de agua (41):

- Se procedió a recolectar las aguas superficiales del río Andaychagua con coordenadas UTM: 87011388 E, 393942 N.
- Se colocó guantes antes de inicio de toma de muestra.
- Para la toma de muestra, se utilizaron frascos y baldes esterilizados, estos recipientes deben ser identificados antes de la toma de muestra con una etiqueta.
- Se debe evitar agitar los sedimentos que se encuentra en el fondo.
- Para el muestreo inicial, o testigo, se mandó 1 litro de muestra de aguas superficiales del río Andaychagua en una botella de plástico con etiqueta, al Laboratorio de Análisis de Agua, Plantas, Fertilizantes y Suelos de Química Agrícola Valle Grande, Cañete. Esta muestra fue mandada en un cooler y para el ingreso al laboratorio de análisis, la muestra estuvo acompañada de la cadena de custodia donde se especificó a que metales pesados se le hará el análisis respectivo.

#### 3.4.1.2. Instalación del experimento

Para la instalación del experimento se tomó en cuenta el tiempo, cantidad de cogollos y cantidad de agua, para ello, se realizó el análisis de las concentraciones de los metales pesados en el agua, hojas y raíces, con base en metodologías estándar del Laboratorio de Muestreo de Análisis de Agua, Plantas, Fertilizantes y Suelos de Química Agrícola Valle Grande, Cañete, de una muestra de 1 litro de agua y 180 gramos de

planta. Asimismo, se determinó la concentración de plomo y cromo total (mg/L) en el agua y en la planta (mg/kg).

Para la instalación del experimento se consideró:

- Tiempo: El tiempo de tratamiento que se utilizó fue teniendo en cuenta el trabajo de investigación de Aurazo (22); se tuvo una eficiencia del 98.10 %, eso indica que a mayor tiempo de residencia, la absorción es mayor, es por ello que se tomó un tiempo representativo de 45 días, ya que en esa investigación en el día 42 la eficiencia fue mayor al 90 %.
- Cantidad de cogollos: La cantidad de cogollos que se utilizó en los tratamientos, fue por las diferentes revisiones bibliográficas internacionales y nacionales donde utilizaron unidades de masa (kg, mg y g), como se propuso en la investigación de Solano (23), donde se utilizó una proporción de 3 kg de planta, por lo que se pretendió hacer en esta investigación es utilizar la unidad, ya que es una proporción entera de planta para ver si la efectividad va ser mayor a mayor cantidad de cogollos, después de 45 días de ser fitorremediada a base del macrófito (*Pistia stratiotes*).
- Cantidad de agua: La cantidad de agua que se utilizó fue tomando como referencia el trabajo de investigación de Meza *et al.* (16), ya que realizó un diseño de flujo semi - continuo a escala de laboratorio en una cubeta de plástico de 20 litros de capacidad de volumen, es por ello que se tomó como referencia la cantidad de volumen; el experimento consto de dos tratamientos y cada una de ellos tuvo tres repeticiones teniendo una suma total de seis muestras y cada muestra tuvo 20 litros de agua teniendo un total de 120 litros.

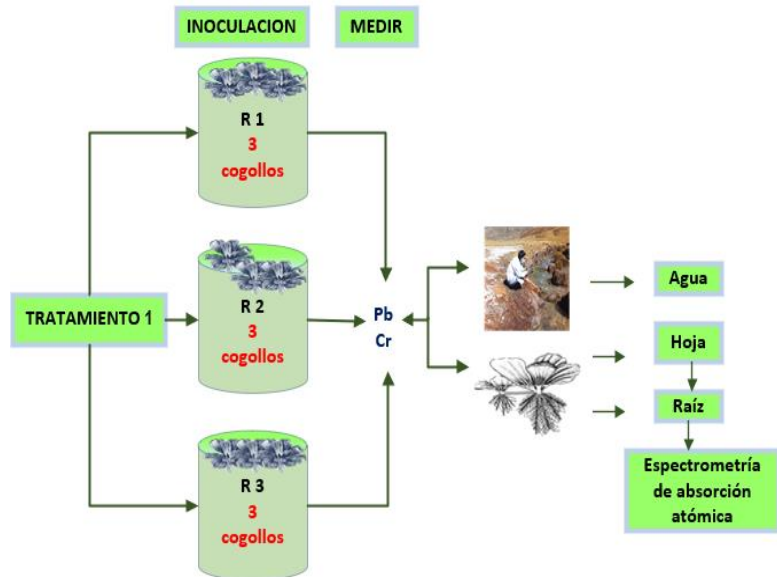


Figura 5. Instalación del experimento del tratamiento 1.

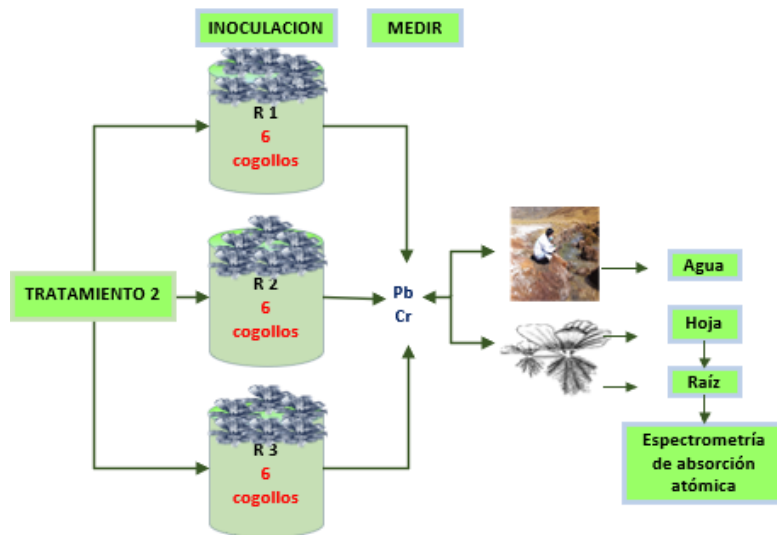


Figura 6. Instalación del experimento del tratamiento 2.

- Para determinar el porcentaje de remoción de plomo mediante lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en aguas superficiales del río Andaychagua, provincia de Yauli, 2021:

Se recolectaron un total de 121 L de aguas superficiales del río Andaychagua; se tomó una muestra de 1 litro y se envió al laboratorio para obtener la concentración inicial de Pb, ya

que estos resultados sirvieron como muestra control o testigo. Se realizó el tratamiento experimental durante 45 días, efectuando 2 tratamientos a la muestra control, cada tratamiento consta de 3 repeticiones y cada repetición tuvo 20 litros (L).

En el T<sub>1</sub> se inoculó en cada uno de las muestras 3 cogollos y en el T<sub>2</sub> se inoculó en cada uno de las muestras 6 cogollos para ver el comportamiento de la absorción de metales pesados que obtuvo las aguas superficiales del río Andaychagua después de 45 días de ser fitorremediada a base de la macrófita (*Pistia stratiotes*).

Al concluir con el tratamiento de fitorremediación, se tomó la muestra final de 1L de agua, para ser analizado en el Laboratorio de Química Agrícola Valle Grande, Cañete:

- 1) Muestra de agua.
- 2) Pre - digestión del Pb: agua regia (HNO<sub>3</sub> + HCl).
- 3) Digestión: tiempo de 12 horas.
- 4) Cuantificación de Pb.

Una vez obtenida la concentración por espectrometría de Absorción Atómica (AA), se pudo conocer el porcentaje (%) de remoción de plomo de las aguas superficiales del río andaychagua.

$$\% \text{ de eficiencia} = \frac{\text{Concentración } (C_i) - \text{Concentración final}(C_f)}{\text{Concentración final}(C_f)} \times 100$$

- Para determinar el porcentaje de remoción de cromo total mediante lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en aguas superficiales del río Andaychagua, provincia de Yauli, 2021:

Se recolectaron un total de 121 L de agua superficial del río Andaychagua; se tomó una muestra de 1 litro y se envió al laboratorio para obtener la concentración inicial de Cr total,

ya que estos resultados nos sirvieron como muestra control o testigo. Se realizó el tratamiento experimental, efectuando 2 tratamientos a la muestra control, cada tratamiento consta de 3 repeticiones y cada repetición tuvo 20 litros (L).

En el T<sub>1</sub> se inoculó en cada uno de las muestras 3 cogollos y en el T<sub>2</sub> se inoculó en cada uno de las muestras 6 cogollos para ver el comportamiento de la absorción de metales pesados que obtuvo las aguas superficiales del río Andaychagua después de 45 días de ser fitorremediada a base de la macrófita (*Pistia stratiotes*).

Al concluir con el tratamiento de fitorremediación se tomó la muestra final de 1L de agua, para ser analizado en el Laboratorio de Química Agrícola Valle Grande, Cañete:

- 1) Muestra de agua.
- 2) Pre - digestión del Cr.
- 3) Digestión: tiempo de 12 horas.
- 4) Cuantificación de Cr.

Una vez obtenida la concentración por espectrometría de Absorción Atómica (AA), se pudo conocer el porcentaje (%) de remoción las aguas superficiales del río Andaychagua.

$$\% \text{ de eficiencia} = \frac{\text{Concentración } (C_i) - \text{Concentración final}(C_f)}{\text{Concentración final}(C_f)} \times 100$$

- Para determinar la concentración de plomo en la parte aérea y radicular de la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en la provincia de Yauli, 2021:

Para el análisis de la concentración del plomo (Pb) inicial y final en la parte radicular y aérea de la *Pistia Stratiotes*, se tomó una muestra de 30 gramos de raíz y 30 gr de hoja a cada una de las repeticiones de los respectivos tratamientos (T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>); de ello, se enviaron 180 gramos de hoja y 180 gramos de raíz siendo un total de 360 gramos de planta al laboratorio. Se realizó el tratamiento experimental durante 45 días, luego se envió la muestra de la macrófita al

Laboratorio de Química Agrícola Valle Grande, en la cual el procedimiento, para el análisis de la concentración final de plomo en la parte radicular y aérea es el siguiente:

- 1) Muestra orgánica (hoja - raíz): lavado con agua ionizada.
- 2) Secado: temperatura a 70°C.
- 3) Trituración de la muestra.
- 4) Pre - digestión de la muestra: Pb (digestión vía húmeda), relación de agua (HNO<sub>3</sub> + HCl): 1:3.
- 5) Digestión de la muestra: tiempo de 12 horas.
- 6) Calentamiento de la muestra: 1 h 30 min.
- 7) Filtrado.
- 8) Cuantificación de Pb: espectrometría de absorción atómica.

Una vez obtenida los resultados de la concentración de plomo en la parte aérea y radicular se procedieron analizar.

- Determinar la concentración de cromo total en la parte aérea y radicular de la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en la provincia de Yauli, 2021.

Para el análisis de concentración de cromo total (Cr) inicial y final en la parte radicular y aérea de la *Pistia stratiotes*, se tomó una muestra de 30 gramos de raíz y 30 gramos de hoja a cada una de las repeticiones de los respectivos tratamientos (T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>); de ello se envió 180 gramos de hoja y 180 gramos de raíz siendo un total de 360 gramos de planta al laboratorio. Se realizó el tratamiento experimental durante 45 días, luego se envió la muestra de la macrófita al laboratorio de Química Agrícola Valle Grande, en la cual el procedimiento, para el análisis de la concentración final de cromo total en la parte radicular y aérea.

- 9) Muestra orgánica (hoja - raíz): lavado con agua ionizada.
- 10) Secado: temperatura a 70°C.

- 11) Trituración de la muestra.
- 12) Pre - digestión de la muestra: Cr (digestión vía húmeda), relación de agua ( $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$ ): 1:3.
- 13) Digestión de la muestra: tiempo de 12 horas.
- 14) Calentamiento de la muestra: 1 h 30 min.
- 15) Filtrado.
- 16) Cuantificación de Cr: espectrometría de absorción atómica.

Una vez obtenida los resultados de la concentración de cromo total en la parte aérea y radicular se procedieron analizar.

### 3.5. Diagrama de flujo del diseño de investigación

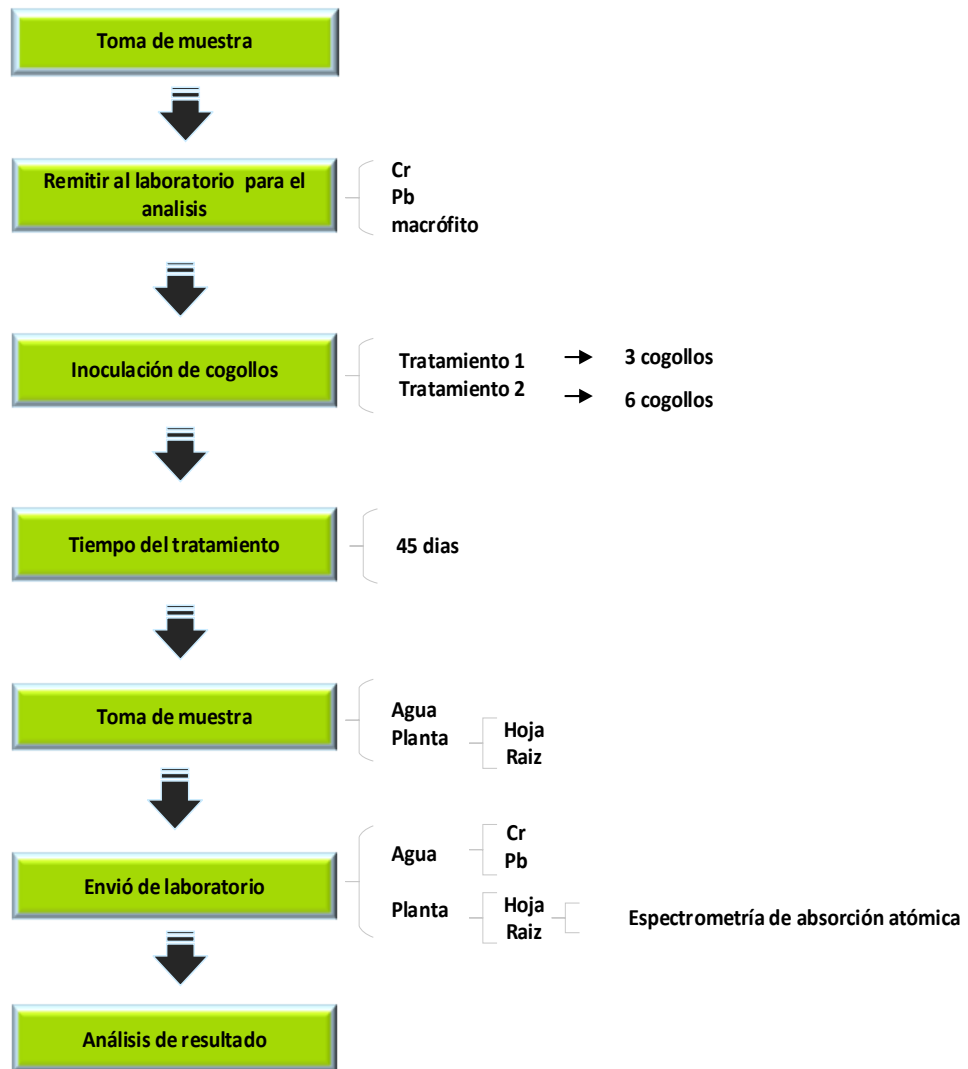


Figura 7. Diagrama de flujo del diseño de investigación.

### 3.6. Técnicas de análisis de datos

Al finalizar el experimento los datos obtenidos se analizaron con el programa SPSS y el software Infostat, Shapiro-Wilk, ANOVA y la prueba de comparación múltiple de Duncan.

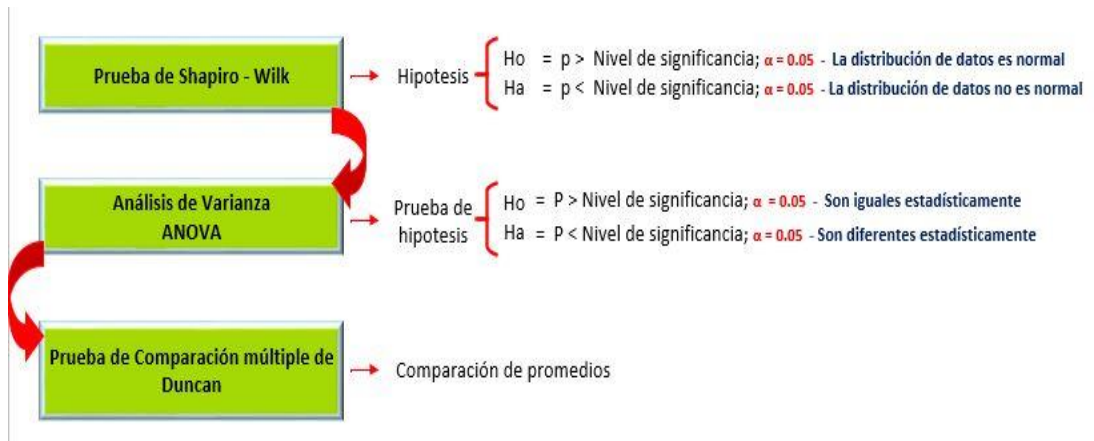


Figura 8. Técnicas de análisis de datos.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados del tratamiento y análisis de información

##### 4.1.1. Resultado de la concentración de plomo en aguas superficiales del río Andaychagua

El contenido de plomo en aguas superficiales del río Andaychagua antes del tratamiento (control) y después del tratamiento, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3. Resultados de la concentración de plomo en aguas superficiales del río Andaychagua (mg/L).

TRATAMIENTO ( <i>Pistia stratiotes</i> )	Contenido de Pb en aguas superficiales del río Andaychagua			
	Repeticiones			
	I	II	III	Promedio
Control	0.058	0.058	0.058	0.058
T1-3 cogollos	0.048	0.046	0.049	0.053
T2-6 cogollos	0.040	0.037	0.042	0.049

Fuente: Laboratorio de química agrícola, Valle Grande.

Interpretación: Como se observa en la tabla 3, la concentración inicial de Pb antes de ser sometido al tratamiento fue de 0.058 mg./L, superando la concentración establecida en el Estándar de Calidad Ambiental (Categoría 3 - riego para vegetales), cuyo valor es 0.05 mg/L. Posteriormente a la fitorremediación con *Pistia stratiotes*, para el tratamiento T1 los resultados fueron los siguientes: 0.048 mg/L, 0.046 mg/L y 0.049 mg/L; para el tratamiento T2 los resultados fueron: 0.040 mg/L, 0.037 mg/L y 0.042 mg/L. Por otro lado, se verificó que los resultados de la concentración de plomo tienden a disminuir con el incremento de cogollos. Tal como se observa, el tratamiento T2, con 6 cogollos, tiene menos contenido de plomo mientras que en el tratamiento T1, con 3 cogollos, el contenido de plomo es mayor, lo cual indica que la remoción de plomo es más efectiva a mayor número de cogollos.

Comparacion de medias de Pb en aguas superficiales del rio Andaychagua

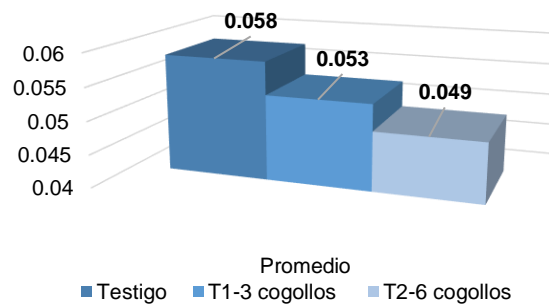


Figura 9. Comparación de medias de testigo y de los tratamientos T1 y T2 de plomo en aguas superficiales del rio Andaychagua

Interpretación: Como se observa en la figura 4, el tratamiento T2, con 6 cogollos, tiene menor contenido de plomo a diferencia del testigo y tratamiento T1, con 3 cogollos, cuyo promedio es mayor, lo cual indica que la remoción de plomo es más efectiva a mayor número de cogollos.

a) Prueba de normalidad de Shapiro – Wilk

Ho: La distribución de los datos es normal.

Ha: La distribución de los datos no es normal.

Nivel de significación  $\alpha = 0.05$

Tabla 4. Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk para la concentración de Pb en aguas superficiales del río Andaychagua.

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk			
Variable	n	Promedio	P-valor
Pb-T1	3	0.053	0.637
Pb-T2	3	0.049	0.780
Testigo	3	0.058	sd

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: Como se observa en la tabla 4, la prueba de normalidad con el estadístico de Shapiro-Wilk, presenta un p-valor de 0.637 para el tratamiento T1 y un p-valor de 0.780 para el tratamiento T2 y para el testigo sd, lo cual indica que la variable es constante. Por lo tanto, se acepta  $H_0$ , porque el p-valor es mayor al nivel de significancia, eso quiere decir que los datos analizados se distribuyen normalmente, por esta razón se aplica la prueba paramétrica. Para esta variable se realizó la prueba de análisis de varianza.

b) Prueba de hipótesis:

ANOVA (análisis de varianza):

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$  (los tratamientos son iguales).

$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$  (los tratamientos son diferentes).

Tabla 5. Prueba de homogeneidad de ANOVA para la concentración de plomo en aguas superficiales del río Andaychagua.

Prueba de análisis de varianza					
F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	2	0.00051	0.00022	87.73	0.0001
Error	6	0.000071	0.0000029		
Total	8	0.00052			

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 5 se observa, el p-valor de la prueba de homogeneidad ANOVA para la concentración de plomo en aguas superficiales del río Andaychagua es 0.0001, lo cual indica que es menor que el nivel de significancia de 0.05, por lo tanto, se rechaza la  $H_0$ , lo que indica que los tratamientos son estadísticamente diferentes.

En la tabla 6, se procedió comparar las medias de los tratamientos con la prueba de comparación múltiple de Duncan para la concentración de plomo en agua superficiales.

Tabla 6. Prueba de comparación múltiple de Duncan del contenido de plomo en aguas superficiales del río Andaychagua.

Prueba de comparación múltiple de Duncan			
Tratamiento	Promedio de Pb en aguas superficial del río Andaychagua (mg/L)		Significación
<i>Pistia stratiotes</i>			
T2-6 cogollos	0.040		a
T1-3 cogollos	0.048		b
Testigo	0.058		c

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 6, se observa el mejor rendimiento en cuanto a la absorción de plomo, que presenta el tratamiento T2, con 6 cogollos, con significación A, seguido por el tratamiento T1, con 3 cogollos, con significación B, superando estadísticamente al testigo con significancia C.

#### 4.1.1.1. Porcentaje de remoción de plomo en las aguas superficiales del río Andaychagua

La siguiente formula se usó para obtener el porcentaje de remoción del plomo en aguas superficiales del río Andaychagua:

$$\% \text{ de eficiencia} = \frac{\text{Concentración } (C_i) - \text{concentración final}(C_f)}{\text{Concentración final}(C_f)} \times 100$$

Porcentaje de remoción de plomo para el tratamiento T1:

$$\% \text{ de eficiencia} = \frac{0.058 - 0.053}{0.053} \times 100 = 9 \%$$

Porcentaje de remoción de plomo para el tratamiento T2:

$$\% \text{ de eficiencia} = \frac{0.058 - 0.049}{0.049} \times 100 = 18 \%$$

Como se observa en la fórmula, el porcentaje de remoción de plomo en los tratamientos fueron: 9 % para T1, con 3 cogollos y 18 % para T2, con 6 cogollos.

#### 4.1.2. Resultado de la concentración de cromo total en aguas superficiales del río Andaychagua

El contenido de cromo total en aguas superficiales del río Andaychagua antes del tratamiento (control) y después del tratamiento, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7. Resultados del contenido de cromo total en agua superficial del río Andaychagua (mg/L).

TRATAMIENTO ( <i>Pistia stratiotes</i> )	Contenido de Cr total en aguas superficiales del río Andaychagua			
	Repeticiones			
	I	II	III	Promedio
Control	0.11	0.11	0.11	0.11
T1-3 cogollos	0.10	0.08	0.07	0.097
T2-6 cogollos	0.09	0.07	0.05	0.088

Fuente: Laboratorio de química agrícola, Valle Grande.

Interpretación: Como se observa en la tabla 7, la concentración inicial de cromo total antes de ser sometido al tratamiento fue de 0.11 mg/L,

superando la concentración establecida en el Estándar de Calidad Ambiental (Categoría 3 – riego de vegetales), cuyo valor es 0.1 mg/L. Posteriormente a la fitorremediación con *Pistia stratiotes*, para el tratamiento T1 los resultados fueron los siguientes: 0.10 mg/L, 0.08 mg/L y 0.07 mg/L; para el tratamiento T2 los resultados fueron: 0.09 mg/L, 0.07 mg/L y 0.05 mg/L. Por otro lado, se verificó que los resultados de la concentración de cromo total tienden a disminuir con el incremento de cogollos. Tal como se observa, el tratamiento T2, con 6 cogollos, tiene menos contenido de cromo total mientras que en el tratamiento T1, con 3 cogollos, lo cual indica que la remoción de cromo total es más efectiva a mayor número de cogollos.

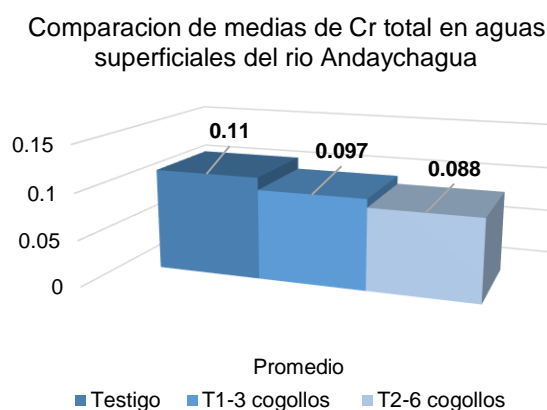


Figura 10. Comparación de medias de testigo y de los tratamientos T1 y T2 de cromo total en aguas superficiales del río Andaychagua.

Interpretación: En la figura 10, se observa que el tratamiento T2, con 6 cogollos, tiene menor contenido de cromo total a diferencia de testigo y el tratamiento T1, con 3 cogollos, cuyo promedio de las repeticiones es mayor, lo cual indica que la remoción de cromo total es más efectiva a mayor número de cogollos.

a) Prueba de normalidad de Shapiro – Wilk

Ho: La distribución de los datos es normal.

Ha: La distribución de los datos no es normal.

Nivel de significación  $\alpha = 0.05$

Tabla 8. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la concentración de cromo total en aguas superficiales del río Andaychagua.

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk			
Variable	n	Promedio	P-valor
Cr-T1	3	0.097	0.059
Cr-T2	3	0.088	0.095
Control	3	0.11	sd

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: Como se observa en la tabla 8, la prueba de normalidad con el estadístico de Shapiro-Wilk, presenta un p-valor de 0.059 para el tratamiento T1, p-valor de 0.095 para el tratamiento T2 y para testigo sd, lo cual indica que la variable es constante. Por lo tanto, se acepta  $H_0$ , porque el p-valor es mayor al nivel de significancia, eso quiere decir que los datos analizados se distribuyen normalmente, por esta razón se aplica la prueba paramétrica. Para esta variable se realizó la prueba de análisis de varianza.

b) Prueba de hipótesis:

ANOVA (análisis de varianza):

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$  (los tratamientos son iguales).

$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$  (los tratamientos son diferentes).

Tabla 9. Prueba de homogeneidad de análisis de varianza del contenido de cromo total en aguas superficiales del río Andaychagua.

Prueba de análisis de varianza					
F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	2	0.0025	0.0012	5.89	0.038

<b>Error</b>	6	0.0013	0.00021
<b>Total</b>	8	0.0038	

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 9 se observa, la prueba de homogeneidad de análisis de varianza del contenido de cromo total en aguas superficiales del río Andaychagua que alcanzó un p-valor de 0.038 que es inferior al nivel de significancia de 0.05, por lo tanto, se rechaza la  $H_0$ , lo que indica que los tratamientos son estadísticamente diferentes.

En la tabla 10, se procedió a comparar las medias de los tratamientos con la prueba de comparación múltiple de Duncan para el contenido de plomo en agua superficial del río Andaychagua.

Tabla 10. Prueba de comparación múltiple de Duncan del contenido de cromo total en aguas superficiales del río Andaychagua.

Prueba de comparación múltiple de Duncan		
Tratamiento <i>Pistia stratiotes</i>	Promedio de Cr total en aguas superficiales del río Andaychagua (mg/L)	Significación
T2-6 cogollos	0.07	a
T1-3 cogollos	0.08	ab
Testigo	0.11	c

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: Como se observa en la tabla 12, el mejor rendimiento en cuanto a la absorción de cromo total, presenta el tratamiento T2, con 6 cogollos, con significación A, seguido por el tratamiento T1, con 3 cogollos, con significación AB, lo cual indica que estadísticamente son iguales con el testigo, con significancia C, pero numéricamente el que presenta mayor rendimiento es el tratamiento T2.

4.1.2.1. Porcentaje de remoción de cromo total en aguas superficiales del río Andaychagua

La siguiente formula se usó para sacar el porcentaje de remoción del cromo total de agua superficial.

$$\% \text{ de eficiencia} = \frac{\text{Concentración } (C_i) - \text{concentración final}(C_f)}{\text{Concentración final}(C_f)} \times 100$$

Porcentaje de remoción de cromo total para el tratamiento T1:

$$\% \text{ de eficiencia} = \frac{0.11 - 0.097}{0.097} \times 100 = 13 \%$$

Porcentaje de remoción de cromo total para el tratamiento T2:

$$\% \text{ de eficiencia} = \frac{0.11 - 0.088}{0.088} \times 100 = 25 \%$$

Como se observa en la fórmula, el porcentaje de remoción de cromo total en los tratamientos fueron: 13 % para T1, con 3 cogollos y 25 % para T2, con 6 cogollos.

4.1.3. Resultado de la concentración de plomo en la parte radicular y aérea de *Pistia stratiotes*

4.1.3.1. Resultado de la concentración de plomo en la parte radicular de *Pistia stratiotes*

La tabla 11, muestra los resultados de la concentración de plomo en la raíz de *Pistia stratiotes* antes (control) y después de los tratamientos.

Tabla 11. Resultados de la concentración de Pb en la parte radicular de *Pistia stratiotes* (mg/kg).

TRATAMIENTO	Contenido de Pb en la parte radicular
-------------	---------------------------------------

(Pistia stratiotes)	Repeticiones			
	I	II	III	Promedio
<b>Control T1-3 cogollos</b>	2.750	2.751	2.748	2.749
<b>T1-3 cogollos</b>	2.758	2.759	2.755	2.757
<b>Control T2- 6 cogollos</b>	2.749	2.750	2.751	2.750
<b>T2-6 cogollos</b>	2.762	2.768	2.766	2.765

Fuente: Laboratorio Química Agrícola, Valla Grande.

Interpretación: Como se observa en la tabla 11, la concentración inicial de plomo en parte radicular antes de ser sometido al tratamiento; los resultados fueron: para control T1, con 3 cogollos, 2.750 mg/kg, 2.751 mg/kg y 2.748 mg/kg; para el control T2, con 6 cogollos, los resultados fueron: 2.749 mg/kg, 2.750 mg/kg y 2.751 mg/kg y posteriormente a la fitorremediación para el tratamiento T1, con 3 cogollos, los resultados fueron los siguientes: 2.758 mg/kg, 2.759 mg/kg y 2.755 mg/kg; para tratamiento T2, con 6 cogollos, los resultados fueron: 2.762 mg/kg, 2.768 mg/kg y 2.766 mg/kg. Se puede evidenciar que a mayor cantidad de cogollos la absorción de metales en la parte radicular es mayor y por la actividad microbiana.

Comparación de medias de Pb en la parte radicular de *Pistia stratiotes*

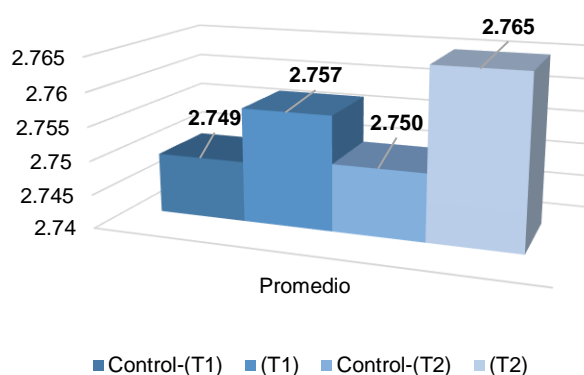


Figura 11. Comparación de medias de Pb en la parte radicular de *Pistia stratiotes*.

Interpretación: En la figura 11, se observa que el tratamiento T2, con 6 cogollos, tiene mayor contenido de Pb en la parte radicular

a diferencia de tratamiento T1, cuyo promedio de las repeticiones es menor, lo cual indica que la absorción de plomo es más efectiva a mayor número de cogollos.

a) Prueba de normalidad de Shapiro – Wilk

Ho: La distribución de los datos es normal.

Ha: La distribución de los datos no es normal.

Nivel de significación  $\alpha = 0.05$

Tabla 12. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la concentración de Pb en la parte radicular de *Pistia stratiotes*.

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk			
Variable	n	Promedio	P-valor
Control T1-3 cogollos	3	2.750	0.637
T1-3 cogollos	3	2.757	0.463
Control T2- 6 cogollos	3	2.750	1.000
T2-6 cogollos	3	2.765	0.637

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 12, se observa la prueba de normalidad con el estadístico de Shapiro-Wilk, alcanzando los siguientes resultados, para el control (T1), el p-valor es de 0.637; y para (T1), el p-valor es de 0.463; para el control (T2), el p-valor es de 1.000 y para (T2), p-valor es de 0.63. Por lo tanto, se acepta  $H_0$ , porque el p-valor es mayor al nivel de significancia, eso quiere decir que los datos analizados se distribuyen normalmente, por esta razón se aplica la prueba paramétrica. Para esta variable se realizó la prueba de análisis de varianza.

b) Prueba de hipótesis:

ANOVA (análisis de varianza):

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$  (los tratamientos son iguales).

$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$  (los tratamientos son diferentes).

Tabla 13. Prueba de homogeneidad de ANOVA de la concentración de Pb en la parte radicular de *Pistia stratiotes*.

Prueba de análisis de varianza					
F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
<b>Tratamientos</b>	3	0.00049	0.00016	38.66	0.0001
<b>Error</b>	8	0.000034	0.00004		
<b>Total</b>	11	0.00053			

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 13, se observa que la prueba de homogeneidad de análisis de varianza del contenido de plomo en la raíz tiene un p-valor de 0.0001, lo cual indica que es menor al nivel de significancia 0.05, por lo tanto, se rechaza la  $H_0$ , indicando que los tratamientos son diferentes estadísticamente.

Tabla 14. Prueba de comparación múltiple de Duncan del contenido de Pb en la parte radicular de *Pistia stratiotes*.

Prueba de comparación múltiple de Duncan		
Número de raíces <i>Pistia stratiotes</i>	Promedio de Pb en la parte radicular (mg/L)	Significación
<b>T1-3 cogollos</b>	2.77	a
<b>T2-6 cogollos</b>	2.76	b
<b>Control T1-3 cogollos</b>	2.75	c
<b>Control T2-6 cogollos</b>	2.75	c

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 14, se observa que el mejor rendimiento en cuanto a la absorción de plomo en la parte radicular se presenta del tratamiento T1, con 3 cogollos, con significación A, seguido por el tratamiento T2, con 6 cogollos, con significación B, superando estadísticamente a los controles del T1 y T2 con significación C, pero estos a la vez son estadísticamente iguales y numéricamente el que presenta mayor rendimiento es el control de T1.

4.1.3.2. Resultado de la concentración de plomo en la parte aérea de *Pistia stratiotes*

La tabla 15, muestra los resultados del contenido de plomo en la hoja de *Pistia stratiotes* antes (control) y después de los tratamientos.

Tabla 15. Resultados de la concentración de plomo en la parte aérea de *Pistia stratiotes* (mg/kg).

TRATAMIENTO ( <i>Pistia stratiotes</i> )	Contenido de Pb en la parte aérea			
	Repeticiones			
	I	II	III	Promedio
<b>Control T1-3 cogollos</b>	2.198	2.199	2.201	2.199
<b>T1-3 cogollos</b>	2.202	2.203	2.204	2.203
<b>Control T2- 6 cogollos</b>	2.200	2.199	2.201	2.200
<b>T2-6 cogollos</b>	2.206	2.203	2.204	2.204

Fuente: Laboratorio Químico Agrícola, Valle Grande.

Interpretación: Como se observa en la tabla 15, la concentración inicial de plomo en parte aérea antes de ser sometido al tratamiento, fue: para el control (T1), con 3 cogollos, 2.198 mg/kg, 2.199 mg/kg y 2.201 mg/kg; para el control (T2), con 6 cogollos, 2.200 mg/kg, 2.199 mg/kg y 2.201 mg/kg y posteriormente a la fitorremediación para el tratamiento (T1), con 3 cogollos, los resultados fueron los siguientes: 2.202 mg/kg, 2.203 mg/kg y 2.204 mg/kg; para el tratamiento (T2), con 6 cogollos, los resultados fueron: 2.206 mg/kg , 2.203 mg/kg y 2.204 mg/kg. Por otro lado, se verifican los resultados de la concentración de plomo en la parte aérea tienden a aumentar con el incremento de cogollos.

Comparación de medias de Pb en la parte aérea de *Pistia stratiotes*

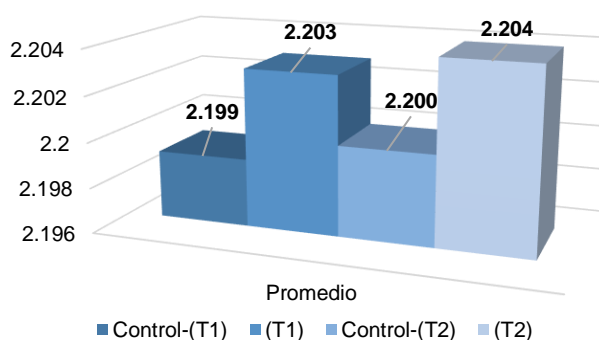


Figura 12. Comparación de medias de Pb en la parte aérea de *Pistia stratiotes*.

Interpretación: En la figura 12, se observa que el tratamiento T2, con 6 cogollos, tiene mayor concentración de Pb en la parte aérea a diferencia de tratamiento T1 y los controles de (T1) y (T2), cuyo promedio de las repeticiones es menor, lo cual indica que la absorción de plomo es más efectiva a mayor número de cogollos.

a) Prueba de normalidad de Shapiro - Wilk:

Ho: La distribución de los datos es normal.

Ha: La distribución de los datos no es normal.

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Tabla 16. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el contenido de Pb en la parte aérea de *Pistia stratiotes* (mg/kg).

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk			
Variable	n	Promedio	P-valor
Control T1-3 cogollos	3	2.750	0.637
T1-3 cogollos	3	2.757	0.463
Control T2- 6 cogollos	3	2.750	1.000
T2-6 cogollos	3	2.765	0.637

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: Como se observa en la tabla 16, la prueba de normalidad con el estadístico de Shapiro-Wilk, presentan los siguientes resultados: para el control (T1), p-valor es 0.637; y para (T1), p-valor es 0.463; para el control (T2), p-valor es 1.000 y para (T2), p-valor es 0.637. Por lo tanto, se acepta  $H_0$ , porque el p-valor es mayor al nivel de significancia, eso quiere decir que los datos analizados se distribuyen normalmente, por esta razón se aplica la prueba paramétrica. Para esta variable se realizó la prueba de análisis de varianza.

b) Prueba de hipótesis:

ANOVA (análisis de varianza):

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$  (los tratamientos son iguales).

$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$  (los tratamientos son diferentes).

Tabla 17. Prueba de homogeneidad de análisis de varianza de Pb en la parte aérea de *Pistia stratiotes*.

Prueba de análisis de varianza					
F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	3	0.01	0.0022	0.86	0.499
Error	8	0.02	0.0026		
Total	11	0.03			

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: Como se observa en la tabla 17, la prueba de homogeneidad de análisis de varianza muestra que la concentración de Pb en la hoja tiene un p-valor de 0.499, lo cual indica que es mayor al nivel de significancia 0.05, por lo tanto, se acepta la  $H_0$ , indicando que los tratamientos son iguales estadísticamente.

Concentración de plomo en la parte radicular y aérea de *Pistia stratiotes*

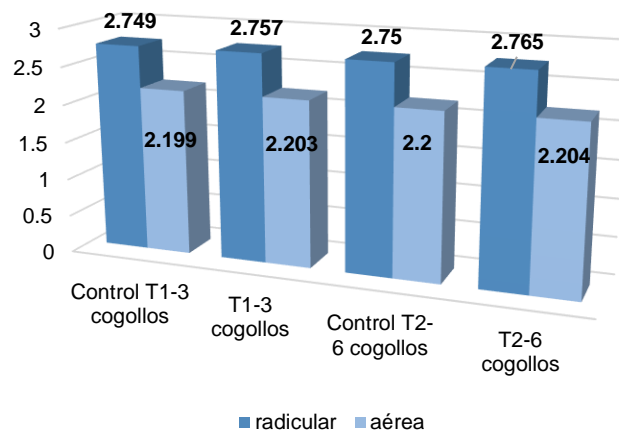


Figura 13. Comparación de la concentración de plomo en la parte radicular y aérea de *Pistia stratiotes*.

Interpretación: como se observa en la figura 13, en el tratamiento (T1) y tratamiento (T2) la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) fue capaz de acumular el plomo en la parte radicular (raíz) más que en la parte aérea (hoja), eso quiere decir que el proceso de fitorremediación del macrófito es la rizofiltración, ya que la adsorción y absorción dentro de la raíz es debido a procesos bióticos y abióticos.

#### 4.1.4. Resultado de la concentración de cromo total en la parte radicular y aérea de *Pistia stratiotes*

##### 4.1.4.1. Resultado del contenido de cromo total en la parte radicular de *Pistia stratiotes*

La tabla 18, muestra los resultados del contenido de cromo total en la parte radicular de *Pistia stratiotes* antes (control) y después de los tratamientos.

Tabla 18. Resultados de la concentración de Cr total en la parte radicular *Pistia stratiotes* (mg/kg).

TRATAMIENTO ( <i>Pistia stratiotes</i> )	Contenido de Cr total en la parte radicular			
	Repeticiones			
	I	II	III	Promedio
<b>Control T1-3 cogollos</b>	1.990	1.970	2.000	1.986
<b>T1-3 cogollos</b>	1.999	1.991	2.031	2.007
<b>Control T2- 6 cogollos</b>	2.010	1.990	2.020	2.006
<b>T2-6 cogollos</b>	2.029	2.021	2.070	2.040

Fuente: Laboratorio Químico Agrícola, Valle Grande.

Interpretación: Como se observa en la tabla 18, la concentración inicial de cromo total en parte radicular antes de ser sometido al tratamiento, los resultados, que fueron: para el control (T1), con 3 cogollos, 1.990 mg/kg, 1.970 mg/kg y 2.000 mg/kg; para el control (T2), con 6 cogollos, los resultados fueron: 2.010 mg/kg, 1.990 mg/kg y 2.020 mg/kg y posteriormente a la fitorremediación en el tratamiento (T1), con 3 cogollos, los resultados fueron los siguientes: 1.999 mg/kg, 1.991 mg/kg y 2.031 mg/kg; para el tratamiento (T2), con 6 cogollos, los resultados fueron: 2.029 mg/kg, 2.021 mg/kg y 2.070 mg/kg. Se verifica que la concentración de cromo total en la parte radicular tiende a aumentar por el incremento de cogollos y por la actividad a microbiana.

Comparación de medias de cromo total en la parte radicular de *Pistia stratiotes*

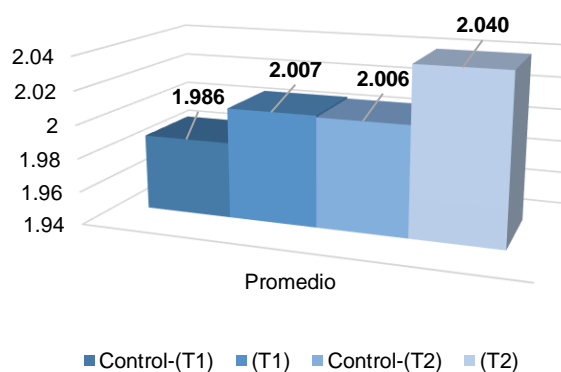


Figura 14. Comparación de medias de cromo total en la parte radicular de *Pistia stratiotes*.

Interpretación: Como se observa en la ilustración 9, el tratamiento T2, con 6 cogollos, tiene mayor contenido de cromo total en la parte radicular a diferencia de tratamiento T1 y los controles de T1 y T2, cuyo promedio de las repeticiones es menor, lo cual indica que la absorción de cromo total es más efectiva a mayor número de cogollos.

a) Prueba de normalidad de Shapiro - Wilk:

Ho: La distribución de los datos es normal.

Ha: La distribución de los datos no es normal.

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Tabla 19. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el contenido de cromo total en la parte radicular de *Pistia stratiotes*.

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk			
Variable	n	Promedio	P-valor
Control T1-3 cogollos	3	1.986	0.637
T1-3 cogollos	3	2.007	0.363
Control T2- 6 cogollos	3	2.006	0.637
T2-6 cogollos	3	2.040	0.292

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 19, se observa la prueba de normalidad con el estadístico de Shapiro-Wilk, alcanzando los siguientes resultados: para el control (T1), el p-valor es 0.637; y para el (T1), el p-valor es 0.363; para el control (T2), el p-valor es 0.637 y para (T2), el p-valor es 0.292. Por lo tanto, se acepta  $H_0$ , porque el p-valor es mayor al nivel de significancia, eso quiere decir que los datos analizados se distribuyen normalmente, por esta razón se aplica la prueba paramétrica. Para esta variable se realizó la prueba de análisis de varianza.

b) Prueba de hipótesis:

ANOVA (análisis de varianza):

H<sub>0</sub>:  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$  (los tratamientos son iguales).

H<sub>a</sub>:  $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$  (los tratamientos son diferentes).

Tabla 20. Prueba de homogeneidad de análisis de varianza del contenido de cromo total en la parte radicular *Pistia stratiotes*.

Prueba de análisis de varianza					
F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	3	0.0044	0.015	3.65	0.063
Error	8	0.0032	0.0004		
Total	11				

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: En la tabla 20; se observa la prueba de homogeneidad de análisis de varianza del contenido de cromo total, tiene un p-valor de 0.063, lo cual indica que es mayor al nivel de significancia 0.05, por lo tanto, se acepta la H<sub>0</sub>, por lo tanto, indica que los tratamientos son iguales estadísticamente.

#### 4.1.4.2. Resultado del contenido de cromo total en la parte aérea de *Pistia stratiotes*

La tabla 21, muestra los resultados de la concentración de cromo total en la parte aérea de *Pistia stratiotes* antes (control) y después de los tratamientos.

Tabla 21. Resultados del contenido de cromo total en la parte aérea de *Pistia Stratiotes* (mg/kg).

TRATAMIENTO ( <i>Pistia stratiotes</i> )	Contenido de Cr total en la parte aérea			
	Repeticiones			
	I	II	III	Promedio
Control T1-3 cogollos	1.450	1.420	1.430	1.433
T1-3 cogollos	1.441	1.431	1.441	1.437
Control T2- 6 cogollos	1.410	1.440	1.430	1.427
T2-6 cogollos	1.412	1.452	1.451	1.438

Fuente: Laboratorio químico agrícola, Valle Grande.

Interpretación: Como se observa en la tabla 21, la concentración inicial de cromo total en la parte aérea antes de ser sometido al tratamiento, los resultados fueron para el control (T1), con 3 cogollos, 1.450 mg/kg, 1.420 mg/kg y 1.430 mg/kg; para el control (T2), con 6 cogollos, los resultados fueron: 1.440 mg/kg, 1.440 mg/kg y 1.430 mg/kg y posteriormente a la fitorremediación el tratamiento (T1), con 3 cogollos, los resultados fueron los siguientes: 1.441 mg/kg, 1.431 mg/kg y 1.430 mg/kg; para el tratamiento (T2), con 6 cogollos, los resultados fueron: 1.412 mg/kg, 1.452 mg/kg y 1.451 mg/kg, por otro lado, se verifica que la concentración de cromo en la parte aérea fue mayor con el tratamiento (T2) que con el tratamiento (T1).

Comparación de medias de Cr total en la parte aérea de *Pistia stratiotes*

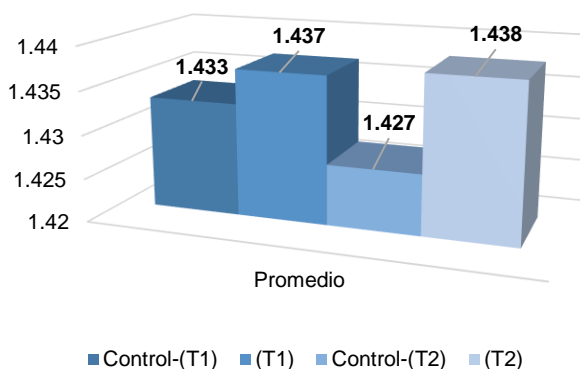


Figura 15. Comparación de medias de cromo total en la parte aérea de *Pistia stratiotes*.

Interpretación: En la figura 15, se observa que el tratamiento T2, con 6 cogollos, tiene mayor contenido de cromo total en la parte aérea a diferencia de tratamiento T1 y los controles de T1 y T2, cuyo promedio de las repeticiones es menor, lo cual indica que la absorción de cromo total es más efectiva a mayor número de cogollos.

a) Prueba de normalidad de Shapiro - Wilk:

Ho: La distribución de los datos es normal.

Ha: La distribución de los datos no es normal.

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Tabla 22. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el contenido de cromo total en la parte aérea de Pistia Stratiotes.

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk			
Variable	n	Promedio	P-valor
Control T1-3 cogollos	3	1.433	0.637
T1-3 cogollos	3	1.437	1.000
Control T2- 6 cogollos	3	1.427	0.637
T2-6 cogollos	3	1.438	0.062

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: Como se observa en la tabla 22, la prueba de normalidad con el estadístico de Shapiro-Wilk presenta los siguientes resultados, para el control (T1), el p-valor es 0.637; para T1, p-valor es 1.000; para control T2, p-valor es 0.637 y para T2, p-valor es 0.062. Por lo tanto, se acepta  $H_0$ , porque el p-valor es mayor al nivel de significancia, eso quiere decir que los datos analizados se distribuyen normalmente, por esta razón se aplica la prueba paramétrica. Para esta variable se realizó la prueba de análisis de varianza.

b) Prueba de hipótesis:

ANOVA (análisis de varianza):

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$  (los tratamientos son iguales).

$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$  (los tratamientos son diferentes).

Tabla 23. Prueba de homogeneidad de análisis de varianza del contenido de cromo total en la parte aérea de *Pistia Stratiotes*.

Prueba de análisis de varianza					
F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamientos	3	0.0026	0.00008	0.34	0.798
Error	8	0.002	0.0002		
Total	11	0.0023			

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: Como se observa en la tabla 23, la prueba de homogeneidad de análisis de varianza del contenido de cromo total, que el un p-valor es de 0.798, siendo mayor al nivel de significancia 0.05, por lo tanto, se acepta la  $H_0$ , indicando que los tratamientos son iguales estadísticamente.

Contenido de cromo total en la parte radicular y aérea de *Pistia stratiotes*

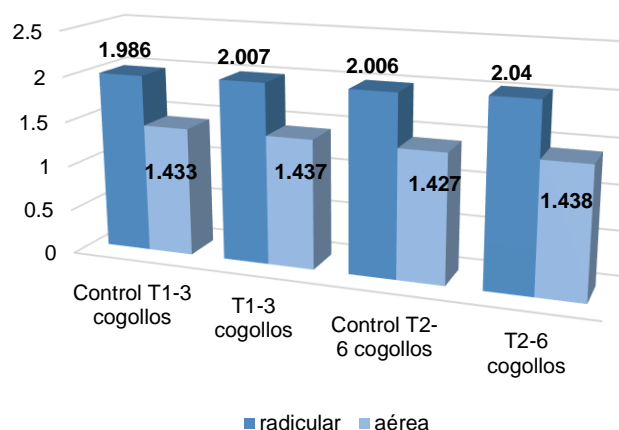


Figura 16. Comparación de la concentración de cromo total en la parte radicular y aérea de *Pistia stratiotes*.

Interpretación: Como se observa en la ilustración 16, en el tratamiento T1 y tratamiento T2 la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) fue capaz de acumular el cromo en la parte radicular (raíz) más que en la parte aérea (hoja), eso quiere decir que el proceso de fitorremediación de la macrófita es la rizofiltración, los microorganismos son responsables en remover los

contaminantes orgánicos para facilitar al sistema radicular la absorción de compuestos.

#### 4.2. Discusión de resultados

Se observó que el macrófito logró disminuir las concentraciones de Pb en aguas superficiales. Además, se observó que, a mayor número de cogollos, la concentración de los metales disminuye. Asimismo, con este estudio se pudo comprobar que la acumulación de los metales fue más en la raíz que en la hoja. Las eficiencias de remoción de Pb y Cr total variaron de acuerdo a la cantidad de cogollos. Estos resultados tienen una similitud con el trabajo de investigación de Zhou *et al.* (11). Respecto a las concentraciones de los metales, el porcentaje de remoción fue eficiente en el metal cromo seguidamente de plomo. El macrófito fue óptimo para la absorción de estos metales, en 10 días de incubación.

Se observó que la remoción de los metales pesados de plomo y cromo en nuestro trabajo de investigación, a un tiempo de 45 días de tratamiento, disminuye las concentraciones y el porcentaje de remoción, esto variando de acuerdo a la cantidad de cogollos. Quiero decir que, a mayor número de cogollos, la remoción de los metales será más efectiva. En concordancia que las remociones de los metales pesados fueron óptimos de modo que estos macrófitos son buenos absorbentes de los metales pesados y también estos se podrían utilizar para tratar las aguas residuales domésticas, ya que muy eficientes para tratar los parámetros fisicoquímicos según el autor Ayay (19).

Respecto al análisis del macrófito *Pistia stratiotes*, la acumulación del metal pesado tanto para cromo total y plomo, los resultados muestran que en la parte radicular se absorbió mayor cantidad de dichos metales, en un tiempo de 45 días de tratamiento; también se puede observar que la acumulación de estos metales depende de la cantidad de cogollos. Según Aguayo (17), la mayor acumulación de metales se da en el tallo, seguido en las hojas y último en la raíz, llegando a concluir que la macrofita *Pistia stratiotes* es buena alternativa para la fitorremediación, pero por otra parte, se recomienda que su uso como fuente de alimentación para el ganado no es bueno, ya esto puede traer consecuencias toxicológicas para los animales.

Se observó que el macrófito logró disminuir las concentraciones de Pb y Cr total en aguas superficiales. Se evidenció que, a mayor número de cogollos, la concentración de los metales disminuye. Asimismo, con este estudio se pudo comprobar que la acumulación de los metales fue más en la raíz que en la hoja. La eficiencia de eliminación de Pb y Cr total variaron de acuerdo a la cantidad de cogollos. Estos resultados tienen una similitud con el trabajo de investigación de Meza *et al.* (16). Respecto al porcentaje remoción de los metales de Pb y Cr total, la eficiencia de remoción fue a mayor dosis de concentración, que este caso fue 5 mg/kg. Asimismo, se pudo observar que la mayor bioacumulación de Pb y Cr total fue en la raíz. Finalmente, el aporte del macrófito *Pistia stratiotes* es una alternativa viable para tratar cuerpos de agua con metales pesados.

## CONCLUSIONES

1. En la investigación se determinó que la concentración para plomo en el T1 fue 0.053 mg/L, mientras para T2 fue 0.049 mg/L, y para cromo total, en el T1 fue 0.097 mg/L, mientras para T2 fue 0.88 mg/L. Comparado con Estándares de Calidad Ambiental (ECA), el valor de plomo es 0.05 mg/L, y el valor de cromo total es 0.1 mg/L, por lo tanto, las concentraciones de los metales disminuyen a mayor cantidad de cogollos.
2. En la investigación se determinó que el porcentaje de remoción de plomo en aguas superficiales del río Andaychagua alcanzó 9 % de remoción con el tratamiento T1 con 3 cogollos, mientras, que el porcentaje de remoción con el tratamiento T2 con 6 cogollos fue 18 %.
3. En la investigación se determinó que la concentración de plomo en aguas superficiales del río Andaychagua alcanzó 13 % de remoción con el tratamiento T1 con 3 cogollos, mientras, que el porcentaje de remoción con el tratamiento T2 con 6 cogollos fue 25 %.
4. La concentración de plomo en la parte aérea, para el tratamiento T1 fue 2.199 mg/kg y para el tratamiento T2 fue 2.204 mg/kg. Por otro lado, la concentración de plomo en la parte radicular para el tratamiento T1 fue 2.757 mg/kg y para el tratamiento T2 fue 2.765 mg/kg.
5. La concentración de cromo total en la parte aérea, para el tratamiento T1 fue 1.437 mg/kg y para el tratamiento T2 fue 1.438 mg/kg. Por otro lado, la concentración de cromo total en la parte radicular para el tratamiento T1 fue 2.007 mg/kg y para el tratamiento T2 fue 2.040 mg/kg.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso de la planta lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) para el tratamiento de aguas residuales con concentraciones altas de metales pesados procedentes de actividades mineras e industriales.
2. Se recomienda mediante la investigación hacer estudios para otros metales ya sea para mercurio, cadmio u otros con la finalidad de comprobar la capacidad fitorremediadora de *Pistia stratiotes*.
3. Se recomienda un adecuada manejo y evaluación del macrófito *Pistia stratiotes* debido al tiempo de saturación y residencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) MINISTERIO DE AGRICULTURA. *Diagnóstico hidrológico de la cuenca Madre de Dios*. Madre de Dios: ALA Maldonado, 2010.
- (2) OBSERVATORIO ECONÓMICO LATINOAMERICANO. *La contaminación del agua en la minería*. México: OBELA, 2021.
- (3) PROGRAMA MUNDIAL DE EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LAS NACIONES UNIDAS. *Aguas residuales: el recurso desaprovechado*. Francia: UNESCO, 2017. ISBN: 978-92-3-300058-2.
- (4) PRASHAD, J. *La crisis de la contaminación del agua de América Latina y sus efectos en la salud de los niños*. Suiza: Humanium, 2020.
- (5) OBRA SOCIAL DEL PERSONAL DE LA ACTIVIDAD DEL TURF [en línea]. Las amenazas presentes y futuras del acceso al agua en Argentina, 22 de marzo de 2021. Disponible en: <https://www.ospat.com.ar/blog/medio-ambiente/las-amenazas-presentes-y-futuras-del-acceso-al-agua-en-argentina/>.
- (6) GLAVE, M. y KURAMOTO, J. *La minería peruana: lo que sabemos y lo que aún nos falta por saber*. Lima: GRADE, 2015.
- (7) CORDOVA, A. [en línea]. Perú: afectados por contaminación de metales pesados en su sangre exigen atención del Estado, 19 de febrero de 2019. Disponible en: <https://www.france24.com/es/20190215-peru-metales-sangre-comunidades-Glencore>.
- (8) ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL. *Informe del monitoreo de calidad ambiental de agua, sedimento y recursos hidrobiológicos realizados del 9 al 10 de septiembre de 2016 en el río Huari y efluentes, en los distritos de Chacapalca y Huay Huay, provincia de Yauli y departamento de Junín*. Lima: OEFA, 2016.
- (9) MINISTERIO DEL AMBIENTE. Aprueban Estandáres de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. *D.S. N° 004-2017-MINAM*. Lima: El Peruano, 2017.
- (10) POVEDA, R. Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el Cantón Ambato, provincia de Tungurahua. Trabajo de Investigación (Título de Ingeniera Bioquímica). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2014.

- (11) ZHOU, Y. y otros. Phytoremediation of chromium and lead using water lettuce (*Pistia stratiotes* L.). Applied Mechanics and Materials, 2013, 401-403. 2071-7075 pp. ISSN: 1662-7482.
- (12) TEMESGEN, K. y otros. Bioremediation of Cd (II), pB (II) and Cu (II) from industrial effluents by *Moringa stenopetala* seed husk. Journal of Environmental Science and Health, 2018, 54(4). 1532-4117 pp. ISSN: 1093-4529.
- (13) MENDOZA, Y., PÉREZ, J. y GALINDO, A. Evaluación del aporte de las plantas acuáticas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales municipales. Información Tecnológica, 2018, 29(2), 205-214 pp.
- (14) KEJIAN P. y otros. Bioacumulación de metales pesados por las plantas acuáticas *Pectinatus potamogeton* L. y *Malaianus potamogeton* miq y su uso potencial para indicadores de contaminación y en el tratamiento de aguas residuales. El Sevier, 2008, 22-29 pp.
- (15) TAMNA, K., ABIN, S. y NARASIMHA, M. Iron plaque formation in the roots of *Pistia stratiotes* L. importance in phytoremediation of cadmium. International Journal of Phytoremediation, 2019. 1549-7879 pp. ISSN: 1522-6514.
- (16) MEZA, M. y otros. Bioabsorción de Pb y (III) usando la planta acuática *Pistia stratioides*. Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V., 2013, 28(3). 19-28 pp. ISSN: 0798-4065.
- (17) AGUAYO, C. Determinación de la acumulación de los metales pesados plomo, cadmio y cromo en la planta *Pistia stratiotes* conocida como lechuga de agua. Tesis (Título de Química Farmacéutica). Colombia: Universidad ICESI, 2015.
- (18) CUEVA, W. Evaluación del potencial fitorremediador de dos especies (*Pistia stratiotes* L.) y (*Limnobium laevigatum*) para el tratamiento de lixiviados producidos en el relleno sanitario del Cantón Centinella del Cóndor, provincia Zamora Chinchipe. Tesis (Título de Ingeniero en Manejo y Conservación de Medio Ambiente). Zamora: Universidad Nacional de Loja, 2016.
- (19) AYAY, J. Capacidad remediadora de *Lemna minor* y *Pistia stratiotes* en el tratamiento de aguas residuales de la localidad de granja Porcón - Cajamarca. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2019.
- (20) ARANDA, G. y PINCHI, X. Eficiencia de las macrófitas Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y repollo de agua (*Pistia stratiotes*) en la remoción de nutrientes en las aguas contaminadas de la laguna Ricuricocha por los efluentes de la ganadería del Águila-Morales-San Martín, 2019. Tesis (Título de Ingeniera Ambiental). Tarapoto: Universidad Peruana Unión, 2020.

- (21) BEDOYA, E. Evaluación de dos especies vegetales en la fitorremediación de metales pesados en el río Moquegua, 2018. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Alas Peruanas, 2019.
- (22) AURAZO, L. Determinación del pH y tiempo de residencia de la *Pistia stratiotes* para la mayor absorción de cadmio en aguas superficiales. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2020.
- (23) SOLANO, A. Comparación de la eficiencia de *Pistia stratiotes* y *Azolla filiculoides* para mejora la calidad del agua residual del dren 4 000. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2019.
- (24) CHANG, K. y HUAMÁN, C. Eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante las macrofitas *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*, planta típicas de la selva peruana. Tesis (Título de Ingeniera Ambiental). Lima: Universidad Peruana Unión, 2019.
- (25) NÚÑEZ, R., MEAS, Y. y ORTEGA, R. Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Aplicación tecnológica de las macrófitas a la depuración de aguas residuales*. México: s.n., 2014, 34-59 pp.
- (26) PAPUICO, H. Técnica de fitorremediación en la extracción de metales pesados con la planta yaluzai (*Senecio rudbeckiaefolius*) en la relavera de Quiulacocha del distrito de Simón Bolívar de Rancas. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2018.
- (27) LEVITUS, G. y otros. *Biotecnología y mejoramiento vegetal II*. Argentina: ArgenBio, 2010.
- (28) MURILLO, P. *Habitantes del agua N° 2. Macrófitos*. España: Agencia Andaluza del Agua, 2010.
- (29) LEONES, B. y SUÁREZ, M. Evaluación de la capacidad de remoción de la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) sobre efluentes contaminados con Cd en condiciones in vitro. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Colombia: Universidad de San Buenaventura, 2020. 1-9 pp.
- (30) GIL, F. Evaluación de la fitorremediación con *Sesuvium portulacastrum* para la extracción de metales pesados de un relave minero proveniente de una operación minera y de suelos y aguas contaminadas artificialmente con metales pesados. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2020.

- (31) MORALES, F. y GER, J. Análisis del bagazo de caña de azúcar como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la curtiembre Los Tres Juanes, provincia de Tungurahua. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2017.
- (32) CAVIEDES, D., y otros. Tratamientos para la remoción de metales pesados comúnmente presentes en aguas residuales industriales. *Ingeniería y Región*, 2015, 13(1). ISSN: 1657-6985.
- (33) COLLANTES, L. Capacidad biosorbente de plomo de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck ) y la vaina de taya (*Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze). Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2019.
- (34) VERDUGO, J. Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cáscara de naranja (*Citrus reticulata* Var. *clementina*). Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2017.
- (35) BERMEJO, D. Remoción de plomo y cadmio presentes en aguas residuales mineras mediante biosorción en columna con bagazo de caña y cáscara de cacao. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Ecuador: Universidad de Cuenca, 2016.
- (36) VICTORIA, E. y MARTÍNEZ, R. Capacidad de adsorción de cromo en aguas sintéticas y aguas residuales de tenería en semillas trituradas de *Moringa oleifera*. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Managua: Universidad Nacional de Ingeniería, 2020.
- (37) MOLINA, N., AGUILAR, P. y CORDOVEZ, C. Plomo, cromo III y cromo VI y sus efectos sobre la salud humana. *Ciencia & Tecnología para la Salud Visual y Ocular*, 2010, 8(1).
- (38) CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley General del Ambiente. *Ley N° 28611*. Lima: El Peruano, 2005.
- (39) HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ-COLLADO, C. y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGraw Hill, 2014. ISBN: 968-422-931-3.
- (40) CARRASCO, S. *Metodología de la investigación científica. Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L., 2019. 476 pp. ISBN: 978-9972-38-344-1.
- (41) AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. Lima: ANA, 2016.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Matriz de consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA												
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b></p> <p>¿Qué influencia tiene la fitorremediación con lechuga de agua (<i>Pistia stratiotes</i>) en la concentración de plomo y cromo total en aguas superficiales del río Andaychagua, provincia de Yauli 2021?</p> <p><b>PROBLEMA ESPECÍFICOS:</b></p> <p>*¿Cuál es el porcentaje de remoción de plomo mediante lechuga de agua (<i>Pistia stratiotes</i>) en aguas superficiales del río Andaychagua, Provincia de Yauli, 2021?</p> <p>*¿Cuál es el porcentaje de remoción de cromo total mediante lechuga de agua (<i>Pistia stratiotes</i>) en aguas superficiales del río Andaychagua, Provincia de Yauli, 2021?</p> <p>*¿Cuál es la concentración de plomo en la parte aérea y radicular de la lechuga de agua (<i>Pistia stratiotes</i>) en aguas superficiales del río Andaychagua, Provincia de Yauli, 2021?</p> <p>*¿Cuál es la concentración de cromo total en la parte aérea y radicular de la lechuga de agua (<i>Pistia stratiotes</i>) en aguas superficiales del río Andaychagua, Provincia de Yauli, 2021?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b></p> <p>Determinar la capacidad fitorremediadora de la lechuga de agua (<i>Pistia stratiotes</i>) en aguas superficiales del río Andaychagua, provincia de Yauli, 2021.</p> <p><b>OBJETIVO ESPECÍFICOS:</b></p> <p>*Determinar el porcentaje de remoción de plomo mediante lechuga de agua (<i>Pistia stratiotes</i>) en la provincia de Yauli, 2021.</p> <p>*Determinar el porcentaje de remoción del cromo total mediante lechuga de agua (<i>Pistia stratiotes</i>) en la provincia de Yauli, 2021.</p> <p>*Determinar la concentración de plomo en la parte radicular y aérea de la lechuga de agua (<i>Pistia stratiotes</i>) en la provincia de Yauli, 2021.</p> <p>*Determinar la concentración de cromo total en la parte radicular y aérea de la lechuga de agua (<i>Pistia stratiotes</i>) en la provincia de Yauli, 2021.</p>	<p><b>GENERAL:</b></p> <p>La influencia que tiene la fitorremediación con lechuga de agua (<i>Pistia stratiotes</i>), el efecto es significativo en la remoción de plomo y cromo en las superficiales del río Andaychagua, provincia de Yauli, 2021.</p> <p><b>HIPÓTESIS NULA:</b></p> <p>La influencia que tiene la fitorremediación con lechuga de agua (<i>Pistia stratiotes</i>), el efecto no es significativo en la remoción de plomo y cromo en las aguas del río Andaychagua, provincia de Yauli, 2021.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b></p> <p><b>X = lechuga de agua (<i>Pistia stratiotes</i>).</b></p> <p><b>Indicador:</b></p> <p><b>Dos cantidades crecientes de lechuga de agua (<i>Pistia stratiotes</i>).</b></p> <p><b>T1 (3 unidades de lechuga de agua).</b></p> <p><b>T2 (6 unidades de lechuga de agua).</b></p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b></p> <p><b>Y = Fitorremediación.</b></p> <p><b>Indicadores:</b></p> <p>*Concentración de plomo en agua superficial.</p> <p>*Concentración de cromo total en agua superficial.</p> <p>*Concentración de cromo en hojas y raíces.</p> <p>*Concentración de plomo en hojas y raíces.</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b></p> <p>Aplicada.</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</b></p> <p>Descriptivo.</p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>Experimental.</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td><i>E</i></td> <td><i>G</i><sub>1</sub></td> <td><i>X</i><sub>1</sub></td> <td><i>O</i><sub>1</sub></td> </tr> <tr> <td><i>E</i></td> <td><i>G</i><sub>2</sub></td> <td><i>X</i><sub>2</sub></td> <td><i>O</i><sub>2</sub></td> </tr> <tr> <td><i>E</i></td> <td><i>G</i><sub>0</sub></td> <td>—</td> <td><i>O</i><sub>0</sub></td> </tr> </table> <p>Donde:</p> <p><i>E</i>: Muestra al azar el volumen de agua</p> <p><i>X</i><sub>1</sub>: Tratamiento con 3 cogollos de la lechuga de agua</p> <p><i>X</i><sub>2</sub>: Tratamiento con 6 cogollos de la lechuga de agua</p> <p><i>G</i><sub>1</sub>: Pre prueba agua superficial</p> <p><i>O</i><sub>1</sub>: Pos prueba de aguas superficial después de haber estado con la planta 45 días</p> <p>— muestra control</p> <p><b>POBLACIÓN:</b></p> <p>La población está compuesta de aguas superficiales del río Andaychagua de la provincia de Yauli. Con las siguientes coordenadas UTM: punto de muestreo 87011388 E, 393942N, aguas abajo.</p> <p><b>MUESTRA</b></p> <p>La muestra es probabilística, muestreo aleatorio simple, en total la muestra está comprendida por 6 L (se realizó 2 tratamientos, cada tratamiento consta de 3 repeticiones). Se tomó 1 L de muestra de agua por cada repetición para el respectivo análisis de laboratorio.</p>	<i>E</i>	<i>G</i> <sub>1</sub>	<i>X</i> <sub>1</sub>	<i>O</i> <sub>1</sub>	<i>E</i>	<i>G</i> <sub>2</sub>	<i>X</i> <sub>2</sub>	<i>O</i> <sub>2</sub>	<i>E</i>	<i>G</i> <sub>0</sub>	—	<i>O</i> <sub>0</sub>
<i>E</i>	<i>G</i> <sub>1</sub>	<i>X</i> <sub>1</sub>	<i>O</i> <sub>1</sub>													
<i>E</i>	<i>G</i> <sub>2</sub>	<i>X</i> <sub>2</sub>	<i>O</i> <sub>2</sub>													
<i>E</i>	<i>G</i> <sub>0</sub>	—	<i>O</i> <sub>0</sub>													

**Anexo 2.** Resultado del análisis de concentración de plomo y cromo de la muestra control o testigo.



**VALLE GRANDE**  
Laboratorio de Química Agrícola

**50 AÑOS**  
1965 - 2015

<b>SOLICITANTE :</b>	<b>PAMELA MARTINEZ PALACIOS</b>	<b>CÓDIGO DE MUESTRA :</b>	<b>783-01A -2021</b>
<b>PREDIO :</b>	<b>PAMELA MARTINEZ PALACIOS</b>	<b>MUESTREADO POR :</b>	<b>CLIENTE</b>
<b>FECHA DE INICIO :</b>	<b>29/07/2021</b>	<b>TIPO DE MUESTRA :</b>	<b>LIQUIDA</b>
<b>FECHA FINAL :</b>	<b>16/08/2021</b>	<b>FECHA DE INGRESO :</b>	<b>27/07/2021</b>
<b>MATRIZ :</b>	<b>AGUA RESIDUAL</b>	<b>FECHA DE EMISIÓN :</b>	<b>25/08/2021</b>

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
**MUESTRA : M-1 - RANDA 01 24-07-21**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total [ Pb ]	0.058	mg / L	MFOL - 070	FAAS
Cromo Total [ Cr ]	0.11	mg / L	MFOL - 071	FAAS

Los resultados están expresados en muestra original

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total [ Pb ]	0.007	mg / L	MFOL - 070	FAAS
Cromo Total [ Cr ]	0.007	mg / L	MFOL - 071	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por llama  
MFOL : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
MSc. Guim, Alexia Saucedo Chacón  
**JEFE DEL LABORATORIO**



  
MSc. Agr. Julio Castro Lazo  
**DIRECTOR DEL LABORATORIO**

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563  
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 3.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr del T1 - M (01) después del experimento de 45 días.



**VALLE GRANDE**  
Laboratorio de Química Agrícola

**50 AÑOS**  
1965 - 2015

SOLICITANTE :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	CÓDIGO DE MUESTRA :	958-01A -2021
PREDIO :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	MUESTREADO POR :	CLIENTE
FECHA DE INICIO :	21/09/2021	TIPO DE MUESTRA :	LIQUIDA
FECHA FINAL :	01/10/2021	FECHA DE INGRESO :	17/09/2021
MATRIZ :	AGUA DE TRATAMIENTO	FECHA DE EMISIÓN :	01/10/2021

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
MUESTRA : T - 01 - RANDA - M-01

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Pomo Total ( Pb )	0.048	mg / L	MFES - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	0.10	mg / L	MFES - 072	FAAS

Los resultados están expresados en muestra original

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Pomo Total ( Pb )	0.007	mg / L	MFES - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	0.007	mg / L	MFES - 072	FAAS

Donde:

- FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por llama
- MFES : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
**MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón**  
**JEFE DEL LABORATORIO**



  
**MSc. Agr. Julio Castro Lazo**  
**DIRECTOR DEL LABORATORIO**

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563  
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 4.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr del T1 - M (02) después del experimento de 45 días.



SOLICITANTE :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	CÓDIGO DE MUESTRA :	958-05A -2021
PREDIO :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	MUESTREADO POR :	CLIENTE
FECHA DE INICIO :	21/09/2021	TIPO DE MUESTRA :	LIQUIDA
FECHA FINAL :	01/10/2021	FECHA DE INGRESO :	17/09/2021
MATRIZ :	AGUA DE TRATAMIENTO	FECHA DE EMISIÓN :	01/10/2021

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
MUESTRA : T - 01 - RANCA - M-02

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total ( Pb )	0.046	mg / L	MFES - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	0.08	mg / L	MFES - 072	FAAS

Los resultados están expresados en muestra original

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total ( Pb )	0.007	mg / L	MFES - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	0.007	mg / L	MFES - 072	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por llama  
MFES : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón  
JEFE DEL LABORATORIO



  
MSc. Agr. Julio Castro Lazo  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
Teléfono: (511) 581 2263 | Celular: 991 692 563  
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 5.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr del T1 - M (03) después del experimento de 45 días.



**VALLE GRANDE**  
Laboratorio de Química Agrícola

**50 AÑOS**  
1965 - 2015

SOLICITANTE :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	CÓDIGO DE MUESTRA :	958-05A -2021
PREDIO :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	MUESTREADO POR :	CLIENTE
FECHA DE INICIO :	21/08/2021	TIPO DE MUESTRA :	LIQUIDA
FECHA FINAL :	01/10/2021	FECHA DE INGRESO :	17/09/2021
MATRIEX :	AGUA DE TRATAMIENTO	FECHA DE EMISIÓN :	01/10/2021

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
MUESTRA : T - 01 - RANDA - M-03

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piombo Total ( Pb )	0.049	mg / L	MFES - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	0.07	mg / L	MFES - 072	FAAS

Los resultados están expresados en muestra original

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piombo Total ( Pb )	0.007	mg / L	MFES - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	0.007	mg / L	MFES - 072	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por llama  
MFES : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón  
JEFE DEL LABORATORIO



  
MSc. Agr. Julio Castro Lazo  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563  
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



**Anexo 7.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr del T2 - M (02) después del experimento de 45 días.



SOLICITANTE :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	CÓDIGO DE MUESTRA :	958-02A -2021
PREDIO :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	MUESTREADO POR :	CLIENTE
FECHA DE INICIO :	21/09/2021	TIPO DE MUESTRA :	LIQUIDA
FECHA FINAL :	01/10/2021	FECHA DE INGRESO :	17/09/2021
MATRIZ :	AGUA DE TRATAMIENTO	FECHA DE EMISIÓN :	01/10/2021

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
MUESTRA : T - 02 - RANCA - M-02

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Pbromo Total ( Pb )	0.037	mg / L	MFES - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	0.07	mg / L	MFES - 072	FAAS

Los resultados serán expresados en muestra original

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Pbromo Total [ Pb ]	0.007	mg / L	MFES - 070	FAAS
Cromo Total [ Cr ]	0.007	mg / L	MFES - 072	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama  
MFS : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

- 1: Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón  
JEFE DEL LABORATORIO



  
MSc. Agr. Julio Castro Lazo  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563  
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 8.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr del T2 - M (03) después del experimento de 45 días.



SOLICITANTE :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	CÓDIGO DE MUESTRA :	958-06A -2021
PREDIO :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	MUESTREADO POR :	CLIENTE
FECHA DE INICIO :	21/09/2021	TIPO DE MUESTRA :	LIQUIDA
FECHA FINAL :	01/10/2021	FECHA DE INGRESO :	17/09/2021
MATRIZ :	AGUA DE TRATAMIENTO	FECHA DE EMISIÓN :	01/10/2021

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
MUESTRA : T - 02 - RANCHA - M-03

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piombo Total ( Pb )	0.042	mg / L	MFES - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	0.05	mg / L	MFES - 072	FAAS

Los resultados están expresados en muestra original

**LÍMITES DE CUANTIFICACIÓN :**


PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piombo Total ( Pb )	0.007	mg / L	MFES - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	0.007	mg / L	MFES - 072	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama  
MFES : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón  
JEFE DEL LABORATORIO



  
MSc. Agr. Julio Castro Lazo  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563  
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 9.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr en la hoja antes del experimento tratamiento 1 - MC (01).



**VALLE GRANDE**  
Laboratorio de Química Agrícola

**50 AÑOS**  
1965 - 2015

SOLICITANTE :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	CÓDIGO DE MUESTRA :	782-01F -2021
PREDIO :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	MUESTREADO POR :	CLIENTE
FECHA DE INICIO :	25/07/2021	TIPO DE MUESTRA :	SOLIDA
FECHA FINAL :	16/08/2021	FECHA DE INGRESO :	27/07/2021
MATRIZ :	HOJAS DE LECHUGA DE AGUA	FECHA DE EMISIÓN :	25/08/2021

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
MUESTRA : MC-1 – PEST-T1 24-07-21

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Pomo Total ( Pb )	2.198	mg / Kg	MFOL - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	1.450	mg / Kg	MFOL - 071	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Pomo Total ( Pb )	0.007	mg / Kg	MFOL - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	0.007	mg / Kg	MFOL - 071	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama  
MPS : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón  
JEFE DEL LABORATORIO



  
MSc. Agr. Julio Castro Lazo  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

**Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular**

Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563  
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 10.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr en la hoja antes del experimento tratamiento 1 - MC (02).



SOLICITANTE :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	CÓDIGO DE MUESTRA :	762-01F -2021
PREDIO :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	MUESTREADO POR :	CUENTE
FECHA DE INICIO :	29/07/2021	TIPO DE MUESTRA :	SOLIDA
FECHA FINAL :	16/08/2021	FECHA DE INGRESO :	27/07/2021
MATRIZ :	HOJAS DE LECHUGA DE AGUA	FECHA DE EMISIÓN :	25/08/2021

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
**MUESTRA : MC-2 – PEST-T1 24-07-21**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piomo Total (Pb)	2.199	mg / Kg	MFOL - 070	FAAS
Cromo Total (Cr)	1.420	mg / Kg	MFOL - 071	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piomo Total (Pb)	0.007	mg / Kg	MFOL - 070	FAAS
Cromo Total (Cr)	0.007	mg / Kg	MFOL - 071	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por llama  
 MFOL : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

- 1: Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
**MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón**  
**JEFE DEL LABORATORIO**



  
**MSc. Agr. Julio Castro Lazo**  
**DIRECTOR DEL LABORATORIO**

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
 Teléfono: (511) 581 2263 | Celular: 993 692 563  
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 11.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr en la hoja antes del experimento tratamiento 1 - MC (03).

 <b>VALLE GRANDE</b> Laboratorio de Química Agrícola		<b>50 AÑOS</b> 1965 - 2015	
SOLICITANTE :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	CÓDIGO DE MUESTRA :	782-01F -2021
PREDIO :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	MUESTREADO POR :	CUENTE
FECHA DE INICIO :	29/07/2021	TIPO DE MUESTRA :	SOLIDA
FECHA FINAL :	16/08/2021	FECHA DE INGRESO :	27/07/2021
MATRIZ :	HOJAS DE LÉCHUGA DE AGUA	FECHA DE EMISIÓN :	25/08/2021

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
**MUESTRA: MC-3 – PEST-T1 24-07-21**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Pomo Total (Pb)	2.201	mg / Kg	MFOL - 070	FAAS
Cromo Total (Cr)	1.430	mg / Kg	MFOL - 071	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Pomo Total (Pb)	0.007	mg / Kg	MFOL - 070	FAAS
Cromo Total (Cr)	0.007	mg / Kg	MFOL - 071	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por llama  
 MFOL : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
**Mtro. Quím. Alexis Saucedo Chacón**  
**JEFE DEL LABORATORIO**



  
**MSc. Agr. Julio Castro Lazo**  
**DIRECTOR DEL LABORATORIO**

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563  
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 12.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr en la hoja antes del experimento tratamiento 2 - MC (01).



SOLICITANTE :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	CÓDIGO DE MUESTRA :	762-01F -2021
PREDIO :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	MUESTREADO POR :	CLIENTE
FECHA DE INICIO :	29/07/2021	TIPO DE MUESTRA :	SOLIDA
FECHA FINAL :	16/08/2021	FECHA DE INGRESO :	27/07/2021
MATRIZ :	HOJAS DE LECHUGA DE AGUA	FECHA DE EMISIÓN :	25/08/2021

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
**MUESTRA : MC-1- PEST-T2 24-07-21**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piomo Total ( Pb )	2.200	mg / Kg	MFOL - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	1.410	mg / Kg	MFOL - 071	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piomo Total ( Pb )	0.007	mg / Kg	MFOL - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	0.007	mg / Kg	MFOL - 071	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por llama

MFOL : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
**MSc. Guim Alexis Saucedo Chasón**  
**JEFE DEL LABORATORIO**



  
**MSc. Agr. Julio Castro Lazo**  
**DIRECTOR DEL LABORATORIO**

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 562  
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 13.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr en la hoja antes del experimento tratamiento 2 - MC (02).



**SOLICITANTE :** PAMELA MARTINEZ PALACIOS      **CÓDIGO DE MUESTRA :** 762-01F -2021  
**PREDIO :** PAMELA MARTINEZ PALACIOS      **MUESTREADO POR :** CLIENTE  
**FECHA DE INICIO :** 25/07/2021      **TIPO DE MUESTRA :** SOLIDA  
**FECHA FINAL :** 16/08/2021      **FECHA DE INGRESO :** 27/07/2021  
**MATRIZ :** HOJAS DE LECHUGA DE AGUA      **FECHA DE EMISIÓN :** 25/08/2021

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
**MUESTRA: MC-2 – PEST-T2 24-07-21**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piombo Total (Pb)	2.199	mg / Kg	MFOL - 070	FAAS
Cromo Total (Cr)	1.640	mg / Kg	MFOL - 071	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LÍMITES DE CUANTIFICACIÓN :**


PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piombo Total (Pb)	0.007	mg / Kg	MFOL - 070	FAAS
Cromo Total (Cr)	0.007	mg / Kg	MFOL - 071	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Línea  
 MFOL : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
**MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón**  
**JEFE DEL LABORATORIO**



  
**MSc. Agr. Julio Castro Lazo**  
**DIRECTOR DEL LABORATORIO**

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563  
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 14.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr en la hoja antes del experimento tratamiento 2 - MC (03).

 <b>VALLE GRANDE</b> Laboratorio de Química Agrícola		<b>50 AÑOS</b> 1965 - 2015	
SOLICITANTE :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	CÓDIGO DE MUESTRA :	782-01F -2021
PREDIO :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	MUESTREADO POR :	CLIENTE
FECHA DE INICIO :	29/07/2021	TIPO DE MUESTRA :	SOLIDA
FECHA FINAL :	16/08/2021	FECHA DE INGRESO :	27/07/2021
MATRIZ :	HOJAS DE LECHUGA DE AGUA	FECHA DE EMISIÓN :	25/08/2021

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
**MUESTRA : MC-3- PEST-T2 24-07-21**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piombo Total ( Pb )	2.201	mg / Kg	MFOL - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	1.430	mg / Kg	MFOL - 071	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piombo Total [ Pb ]	0.007	mg / Kg	MFOL - 070	FAAS
Cromo Total [ Cr ]	0.007	mg / Kg	MFOL - 071	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Análisis por llama  
 MFOL : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

- 1: Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
**MSc. Quím. Alexis Saucedo Céspedes**  
**JEFE DEL LABORATORIO**



  
**MSc. Agr. Julio Castro Lazo**  
**DIRECTOR DEL LABORATORIO**

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
 Teléfono: (511) 581 2761 | Celular: 991 692 562  
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 15.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr en la hoja después del experimento tratamiento 1 - MC (01).



<b>SOLICITANTE</b> :	<b>PAMELA MARTINEZ PALACIOS</b>	<b>CÓDIGO DE MUESTRA</b> :	<b>958-05F -2021</b>
<b>PREDIO</b> :	<b>PAMELA MARTINEZ PALACIOS</b>	<b>MUESTREADO POR</b> :	<b>CLIENTE</b>
<b>FECHA DE INICIO</b> :	<b>21/09/2021</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b> :	<b>SOLIDA</b>
<b>FECHA FINAL</b> :	<b>01/10/2021</b>	<b>FECHA DE INGRESO</b> :	<b>17/09/2021</b>
<b>MATRIZ</b> :	<b>HOJAS DE LECHUGA DE AGUA</b>	<b>FECHA DE EMISIÓN</b> :	<b>01/10/2021</b>

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
**MUESTRA : T - 01 - PEST - M-01 - 13-09-21**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piombo Total ( Pb )	2.201	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	1.441	mg / Kg	MFES - 072	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piombo Total ( Pb )	0.007	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	0.007	mg / Kg	MFES - 072	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama  
 MFES : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
**Mbo. Guim Alexis Saucedo Ghacón**  
**JEFE DEL LABORATORIO**



  
**MSc. Agr. Julio Castro Lazo**  
**DIRECTOR DEL LABORATORIO**

**Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular**  
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
 Teléfono: (511) 581 2251 | Celular: 991 692 563  
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 16.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr en la hoja después del experimento tratamiento 1 - MC (02).



SOLICITANTE :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	CÓDIGO DE MUESTRA :	958-09F-2021
PREDIO :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	MUESTREADO POR :	CLIENTE
FECHA DE INICIO :	21/09/2021	TIPO DE MUESTRA :	SOLIDA
FECHA FINAL :	01/10/2021	FECHA DE INGRESO :	17/09/2021
MATRIZ :	HOJAS DE LECHUGA DE AGUA	FECHA DE EMISIÓN :	01/10/2021

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
MUESTRA : T - 01 - PEST - M-02 - 13-09-21

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piombo Total ( Pb )	2.203	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	1.431	mg / Kg	MFES - 072	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piombo Total ( Pb )	0.007	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	0.007	mg / Kg	MFES - 072	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama  
MFES : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

- 1: Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.  
2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
MSc. Guim Alexis Saucedo Chacón  
JEFE DEL LABORATORIO



  
MSc. Agr. Julio Castro Lazo  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563  
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 17.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr en la hoja después del experimento tratamiento 1 - MC (03).



SOLICITANTE :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	CÓDIGO DE MUESTRA :	958-03F -2021
PREDIO :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	MUESTREADO POR :	CLIENTE
FECHA DE INICIO :	21/05/2021	TIPO DE MUESTRA :	SOLIDA
FECHA FINAL :	01/10/2021	FECHA DE INGRESO :	17/09/2021
MATRIZ :	HOJAS DE LECHUGA DE AGUA	FECHA DE EMISIÓN :	01/10/2021

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
MUESTRA : T - 01 - PEST - M-03 - 13-09-21

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piomo Total ( Pb	2.204	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
) Cromo Total ( Cr	1.441	mg / Kg	MFES - 072	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piomo Total ( Pb )	0.007	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	0.007	mg / Kg	MFES - 072	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Láser

MFS : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

1: Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.

2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
MSc. Quím. Alexis Baucedo Chacón  
JEFE DEL LABORATORIO



  
MSc. Agr. Julio Castro Lazo  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563  
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 18.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr en la hoja después del experimento tratamiento 2 - MC (01).



SOLICITANTE :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	CÓDIGO DE MUESTRA :	968-03F -2021
PREDIO :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	MUESTREADO POR :	CLIENTE
FECHA DE INICIO :	21/09/2021	TIPO DE MUESTRA :	SOLIDA
FECHA FINAL :	01/10/2021	FECHA DE INGRESO :	17/09/2021
MATRIZ :	HOJAS DE LECHUGA DE AGUA	FECHA DE EMISIÓN :	01/10/2021

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
MUESTRA : T - 02 - PEST - M-01 - 13-09-21

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piomo Total ( Pb )	2.206	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
] Cromo Total ( Cr )	1.412	mg / Kg	MFES - 072	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piomo Total ( Pb )	0.007	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	0.007	mg / Kg	MFES - 072	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por llama  
MFES : Método Propio del laboratorio

**NOTA:**

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón  
JEFE DEL LABORATORIO



  
MSc. Agr. Julio Castro Lazo  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563  
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 19.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr en la hoja después del experimento tratamiento 2 - MC (02).



SOLICITANTE :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	CÓDIGO DE MUESTRA :	958-03F -2021
PREDIO :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	MUESTREADO POR :	CLIENTE
FECHA DE INICIO :	21/09/2021	TIPO DE MUESTRA :	SOLIDA
FECHA FINAL :	01/10/2021	FECHA DE INGRESO :	17/09/2021
MATRIZ :	HOJAS DE LECHUGA DE AGUA	FECHA DE EMISIÓN :	01/10/2021

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
MUESTRA : T - 02 - PEST - M-02 - 13-09-21

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total ( Pb )	2.203	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	1.452	mg / Kg	MFES - 072	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total ( Pb )	0.007	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	0.007	mg / Kg	MFES - 072	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama  
MFES : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón  
JEFE DEL LABORATORIO



  
MSc. Agr. Julio Castro Lazo  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
Panamericana Sur S.m. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563  
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 20.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr en la hoja después del experimento tratamiento 2 - MC (03).



SOLICITANTE : PAMELA MARTINEZ PALACIOS      CÓDIGO DE MUESTRA : 958-03F-2021  
 PREDIO : PAMELA MARTINEZ PALACIOS      MUESTREADO POR : CLIENTE  
 FECHA DE INICIO : 21/09/2021      TIPO DE MUESTRA : SOLIDA  
 FECHA FINAL : 01/10/2021      FECHA DE INGRESO : 17/09/2021  
 MATRIZ : HOJAS DE LECHUGA DE AGUA      FECHA DE EMISIÓN : 01/10/2021

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
 MUESTRA : T - 02 - PEST - M-03 - 13-09-21

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piombo Total ( Pb )	2.204	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	1.451	mg / Kg	MFES - 072	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piombo Total ( Pb )	0.007	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	0.007	mg / Kg	MFES - 072	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama

MFES : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
 MSc. Quím. Alexis Baucado Chacón  
 JEFE DEL LABORATORIO



  
 MSc. Agr. Julio Castro Lazo  
 DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563  
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 21.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr en la raíz antes del experimento tratamiento 1 - MC (01).



SOLICITANTE : PAMELA MARTINEZ PALACIOS      CÓDIGO DE MUESTRA : 782-02F-2021  
 PREDIO : PAMELA MARTINEZ PALACIOS      MUESTREADO POR : CLIENTE  
 FECHA DE INICIO : 28/07/2021      TIPO DE MUESTRA : SOLIDA  
 FECHA FINAL : 16/08/2021      FECHA DE INGRESO : 27/07/2021  
 MATRIZ : RAIZ DE DE LECHUGA DE AGUA      FECHA DE EMISIÓN : 25/08/2021

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
**MUESTRA: MC-1 – PEST-T1 24-07-21**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piomo Total (Pb)	2.750	mg / Kg	MFOL - 070	FAAS
Cromo Total (Cr)	1.990	mg / Kg	MFOL - 071	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piomo Total (Pb)	0.007	mg / Kg	MFOL - 070	FAAS
Cromo Total (Cr)	0.007	mg / Kg	MFOL - 071	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Láser  
 MFOL : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
**MBo. Quím. Alexis Bascotto Chacón**  
**JEFE DEL LABORATORIO**



  
**MSc. Agr. Julio Castro Lazo**  
**DIRECTOR DEL LABORATORIO**

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563  
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 22.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr en la raíz antes del experimento tratamiento 1 - MC (02).



SOLICITANTE :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	CÓDIGO DE MUESTRA :	782-02F-2021
PREDIO :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	MUESTREADO POR :	CLIENTE
FECHA DE INICIO :	29/07/2021	TIPO DE MUESTRA :	SOLIDA
FECHA FINAL :	16/08/2021	FECHA DE INGRESO :	27/07/2021
MATRIZ :	RAIZ DE DE LECHUGA DE AGUA	FECHA DE EMISIÓN :	25/08/2021

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
MUESTRA : MC-2 – PEST-T1 24-07-21

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piombo Total ( Pb )	2.751	mg / Kg	MFOL-070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	1.970	mg / Kg	MFOL-071	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piombo Total [ Pb ]	0.007	mg / Kg	MFOL-070	FAAS
Cromo Total [ Cr ]	0.007	mg / Kg	MFOL-071	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por llama  
MFS : Método Propio del laboratorio

**NOTA:**

- 1: Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón  
JEFE DEL LABORATORIO



  
MSc. Agr. Julio Castro Lazo  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563  
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



**Anexo 24.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr en la raíz antes del experimento tratamiento 2 - MC (01).



SOLICITANTE :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	CÓDIGO DE MUESTRA :	782-02F -2021
PREDIO :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	MUESTREADO POR :	CLIENTE
FECHA DE INICIO :	28/07/2021	TIPO DE MUESTRA :	SOLIDA
FECHA FINAL :	16/08/2021	FECHA DE INGRESO :	27/07/2021
MATRIZ :	RAIZ DE DE LECHUGA DE AGUA	FECHA DE EMISIÓN :	25/08/2021

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
MUESTRA: MC-1 – PEST-T2 24-07-21

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piomo Total (Pb)	2.749	mg / Kg	MPOL - 070	FAAS
Cromo Total (Cr)	2.010	mg / Kg	MPOL - 071	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piomo Total (Pb)	0.007	mg / Kg	MPOL - 070	FAAS
Cromo Total (Cr)	0.007	mg / Kg	MPOL - 071	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama  
MPS : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

1: Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.

2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
MSc. Quím. Alexis Bauresto Chacón  
JEFE DEL LABORATORIO



  
MSc. Agr. Julio Castro Lazo  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563  
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 25.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr en la raíz antes del experimento tratamiento 2 - MC (02).

 <b>VALLE GRANDE</b> Laboratorio de Química Agrícola		<b>50 AÑOS</b> 1965 - 2015	
SOLICITANTE :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	CÓDIGO DE MUESTRA :	782-02F -2021
PREDIO :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	MUESTREADO POR :	CLIENTE
FECHA DE INICIO :	29/07/2021	TIPO DE MUESTRA :	SOLIDA
FECHA FINAL :	18/08/2021	FECHA DE INGRESO :	27/07/2021
MATRIZ :	RAIZ DE DE LECHUGA DE AGUA	FECHA DE EMISIÓN :	25/08/2021

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
**MUESTRA: MC-2 – PEST-T2 24-07-21**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piomo Total ( Pb )	2.750	mg / Kg	MFOL - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	1.990	mg / Kg	MFOL - 071	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piomo Total ( Pb )	0.007	mg / Kg	MFOL - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	0.007	mg / Kg	MFOL - 071	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama  
 MFOL : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

- 1: Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
**MSc. Guim Alexis Baucado Obaco**  
**JEFE DEL LABORATORIO**



  
**MSc. Agr. Julio Castro Lazo**  
**DIRECTOR DEL LABORATORIO**

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563  
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 26.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr en la raíz antes del experimento tratamiento 2 - MC (03).



<b>SOLICITANTE :</b>	<b>PAMELA MARTINEZ PALACIOS</b>	<b>CÓDIGO DE MUESTRA :</b>	<b>782-00F -2021</b>
<b>PREDIO :</b>	<b>PAMELA MARTINEZ PALACIOS</b>	<b>MUESTREO POR :</b>	<b>CUENTE</b>
<b>FECHA DE INICIO :</b>	<b>29/07/2021</b>	<b>TIPO DE MUESTRA :</b>	<b>SOLIDA</b>
<b>FECHA FINAL :</b>	<b>16/08/2021</b>	<b>FECHA DE INGRESO :</b>	<b>27/07/2021</b>
<b>MATRIZ :</b>	<b>RAIZ DE DE LECHUGA DE AGUA</b>	<b>FECHA DE EMISIÓN :</b>	<b>25/08/2021</b>

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
**MUESTRA: MC-3 – PEST-T2 24-07-21**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piomo Total ( Pb )	2.751	mg / Kg	MFOL-070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	2.020	mg / Kg	MFOL-071	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piomo Total ( Pb )	0.007	mg / Kg	MFOL-070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	0.007	mg / Kg	MFOL-071	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama  
 MFOL : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

- 1: Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
**MSc. Guim Alexis Saucedo Chazón**  
**JEFE DEL LABORATORIO**



  
**MSc. Agr. Julio Castro Lazo**  
**DIRECTOR DEL LABORATORIO**

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563  
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 27.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr en la raíz después del experimento tratamiento 1 - MC (01).



<b>SOLICITANTE</b> :	<b>PAMELA MARTINEZ PALACIOS</b>	<b>CÓDIGO DE MUESTRA</b> :	<b>968-02F -2021</b>
<b>PREDIO</b> :	<b>PAMELA MARTINEZ PALACIOS</b>	<b>MUESTREADO POR</b> :	<b>CLIENTE</b>
<b>FECHA DE INICIO</b> :	<b>23/09/2021</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b> :	<b>SOLIDA</b>
<b>FECHA FINAL</b> :	<b>01/10/2021</b>	<b>FECHA DE INGRESO</b> :	<b>17/09/2021</b>
<b>MATRIZ</b> :	<b>RAÍZ DE LECHUGA DE AGUA</b>	<b>FECHA DE EMISIÓN</b> :	<b>01/10/2021</b>

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
**MUESTRA : T - 01 - PEST - M-01 - 13-09-21**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total ( Pb	2.758	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
) Cromo Total ( Cr	1.999	mg / Kg	MFES - 072	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total ( Pb )	0.007	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	0.007	mg / Kg	MFES - 072	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama  
 MFS : Método Propio del Laboratorio

**Nota:**

- 1: Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
**MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón**  
**JEFE DEL LABORATORIO**



  
**MSc. Agr. Julio Castro Lazo**  
**DIRECTOR DEL LABORATORIO**

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
 Teléfono: (51) 581 2261 | Celular: 991 692 563  
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 28.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr en la raíz después del experimento tratamiento 1 - MC (02).



SOLICITANTE :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	CÓDIGO DE MUESTRA :	958-02F -2021
PREDIO :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	MUESTREADO POR :	CLIENTE
FECHA DE INICIO :	21/09/2021	TIPO DE MUESTRA :	SOLIDA
FECHA FINAL :	01/10/2021	FECHA DE INGRESO :	17/09/2021
MATRIZ :	RAÍZ DE LECHUGA DE AGUA	FECHA DE EMISIÓN :	01/10/2021

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
**MUESTRA : T - 01 - PEST - M-02 - 13-09-21**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piomo Total ( Pb	2.759	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
] Cromo Total ( Cr	1.991	mg / Kg	MFES - 072	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piomo Total ( Pb )	0.007	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	0.007	mg / Kg	MFES - 072	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama

MFES : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
**MSc. Quím. Alexis Baucedo Chacón**  
**JEFE DEL LABORATORIO**



  
**MSc. Agr. Julio Castro Lazo**  
**DIRECTOR DEL LABORATORIO**

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563  
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 29.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr en la raíz después del experimento tratamiento 1 - MC (03).



<b>SOLICITANTE :</b>	<b>PAMELA MARTINEZ PALACIOS</b>	<b>CÓDIGO DE MUESTRA :</b>	<b>958-02F -2021</b>
<b>PREDIO :</b>	<b>PAMELA MARTINEZ PALACIOS</b>	<b>MUESTREADO POR :</b>	<b>CLIENTE</b>
<b>FECHA DE INICIO :</b>	<b>21/09/2021</b>	<b>TIPO DE MUESTRA :</b>	<b>SOLIDA</b>
<b>FECHA FINAL :</b>	<b>01/10/2021</b>	<b>FECHA DE INGRESO :</b>	<b>17/09/2021</b>
<b>MATRIZ :</b>	<b>RAÍZ DE LECHUGA DE AGUA</b>	<b>FECHA DE EMISIÓN :</b>	<b>01/10/2021</b>

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
**MUESTRA : T - 01 - PEST - M-03 - 13-09-21**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piomo Total ( Pb )	2.755	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
] Cromo Total ( Cr )	2.031	mg / Kg	MFES - 072	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piomo Total ( Pb )	0.007	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cromo Total ( Cr )	0.007	mg / Kg	MFES - 072	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama  
 MFES : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
**MBo. Quím. Alexis Saucedo Chacón**  
**JEFE DEL LABORATORIO**



  
**MSc. Agr. Julio Castro Lazo**  
**DIRECTOR DEL LABORATORIO**

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 981 692 563  
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

**Anexo 30.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr en la raíz después del experimento tratamiento 2 - MC (01).



**VALLE GRANDE**  
Laboratorio de Química Agrícola

**50 AÑOS**  
1965 - 2015

SOLICITANTE :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	CÓDIGO DE MUESTRA :	958-028 -2021
PREDIO :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	MUESTREADO POR :	CLIENTE
FECHA DE INICIO :	21/09/2021	TIPO DE MUESTRA :	SOLIDA
FECHA FINAL :	01/10/2021	FECHA DE INGRESO :	17/09/2021
MATRIZ :	RAÍZ DE LECHUGA DE AGUA	FECHA DE EMISIÓN :	01/10/2021

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
MUESTRA : T - 02 - PEST - M-01 - 13-09-21

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piomo Total ( Pb )	2.762	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Crómico Total ( Cr )	2.029	mg / Kg	MFES - 072	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LÍMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piomo Total ( Pb )	0.007	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Crómico Total ( Cr )	0.007	mg / Kg	MFES - 072	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama  
MFES : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
MSc. Quím. Alexis Baucedo Chacón  
JEFE DEL LABORATORIO



  
MSc. Agr. Julio Castro Lazo  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563  
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



**Anexo 32.** Resultado del análisis de concentración de Pb y Cr en la raíz después del experimento tratamiento 2 - MC (03).



SOLICITANTE :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	CÓDIGO DE MUESTRA :	958-02F-2021
PREDIO :	PAMELA MARTINEZ PALACIOS	MUESTREADO POR :	CLIENTE
FECHA DE INICIO :	21/09/2021	TIPO DE MUESTRA :	SOLIDA
FECHA FINAL :	01/10/2021	FECHA DE INGRESO :	17/09/2021
MATRIZ :	RAÍZ DE LECHUGA DE AGUA	FECHA DE EMISIÓN :	01/10/2021

**INFORME DE ANÁLISIS - ESPECIAL**  
MUESTRA : T - 02 - PEST - M-03 - 13-09-21

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piombo Total (Pb)	2.766	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cromo Total (Cr)	2.070	mg / Kg	MFES - 072	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Piombo Total (Pb)	0.007	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cromo Total (Cr)	0.007	mg / Kg	MFES - 072	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama.  
MFES : Método Propio del Laboratorio

**NOTA:**

- 1: Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

  
Mbo. Guim Alexis Saucedo Chacón  
JEFE DEL LABORATORIO



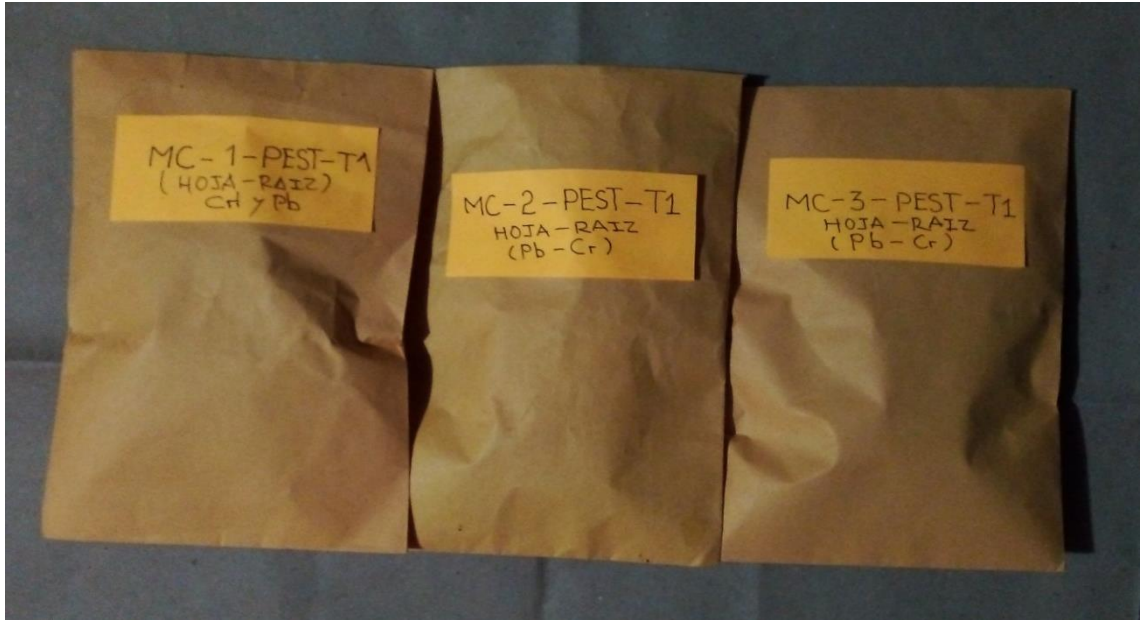
  
MSc. Agr. Julio Castro Lazo  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563  
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

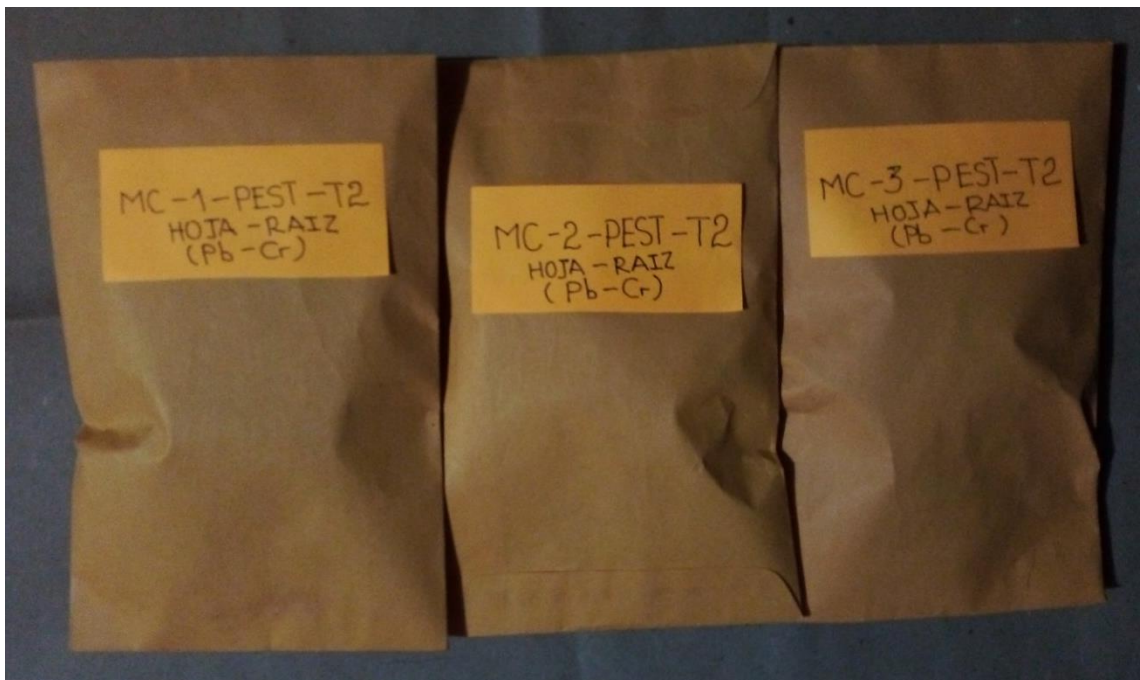
Anexo 33. Panel fotográfico.



Fotografías 1 y 2. Muestreo de aguas industriales mineras aguas abajo.



*Fotografía 3. Muestras del Tratamiento 1 para análisis de espectrometría antes del experimento (Laboratorio Valle Grande, Cañete).*



*Fotografía 4. Muestras del Tratamiento 2 para análisis de espectrometría antes del experimento (Laboratorio Valle Grande, Cañete).*



Fotografías 5 y 6. Inoculación de lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) al tratamiento 1.



Fotografías 7 y 8. Inoculación de lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) al tratamiento 2.



*Fotografía 9. Finalización de inoculación de lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) al tratamiento 1.*



*Fotografía 10. Finalización de inoculación de lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) al tratamiento 2.*



Fotografías 11 y 12. Fitorremediación de aguas industriales mineras a base de lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) durante 45 días.



Fotografía 13. Cortado de la parte aérea para enviar a laboratorio, al finalizar el experimento.



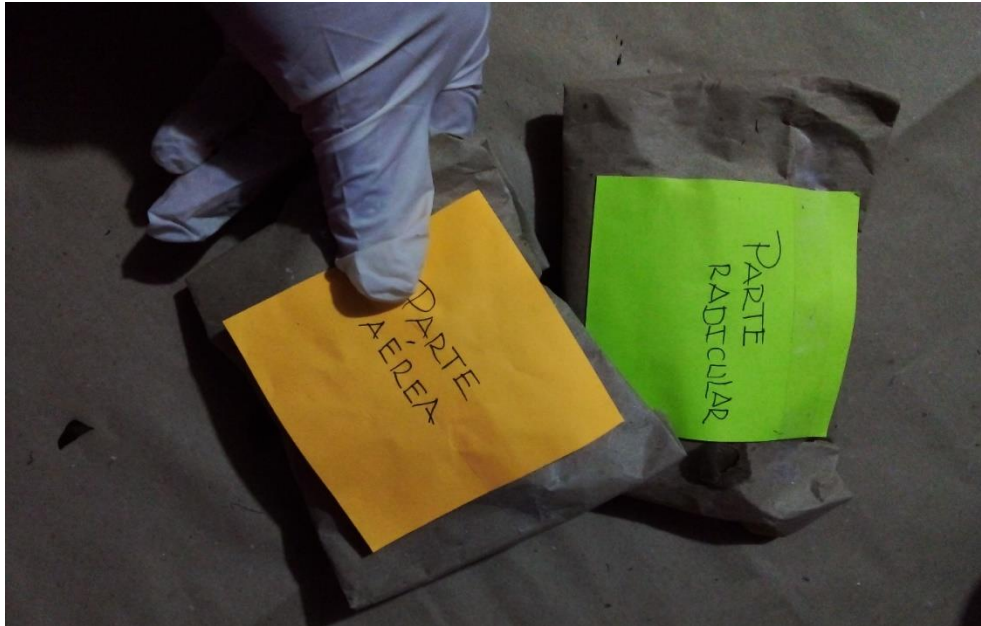
*Fotografía 14. Cortado de la parte radicular para enviar a laboratorio, al finalizar el experimento.*



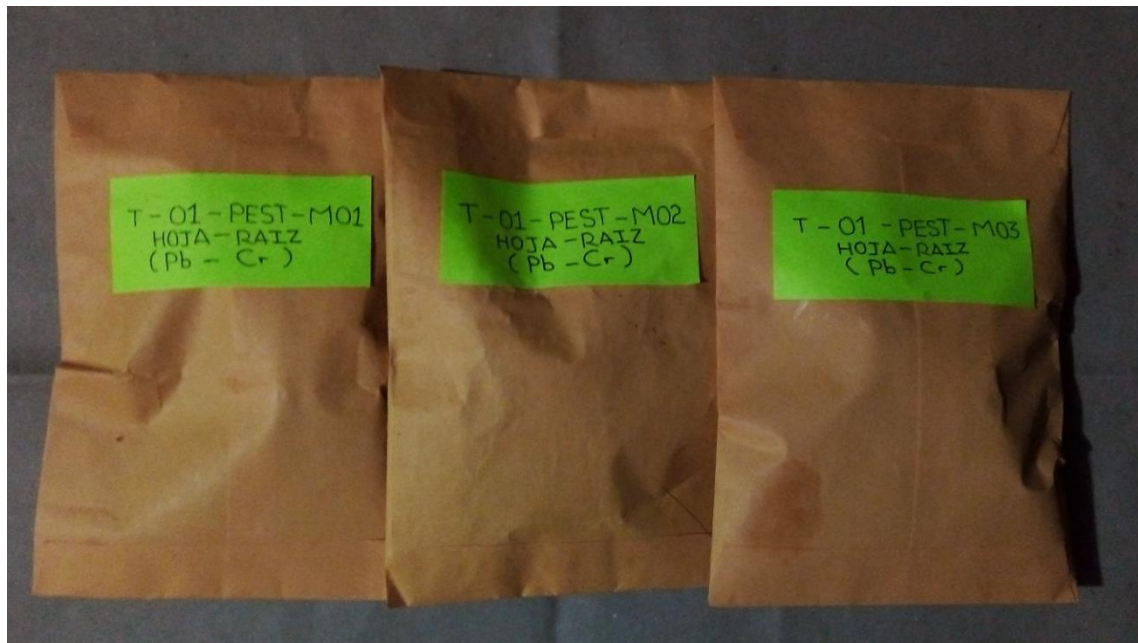


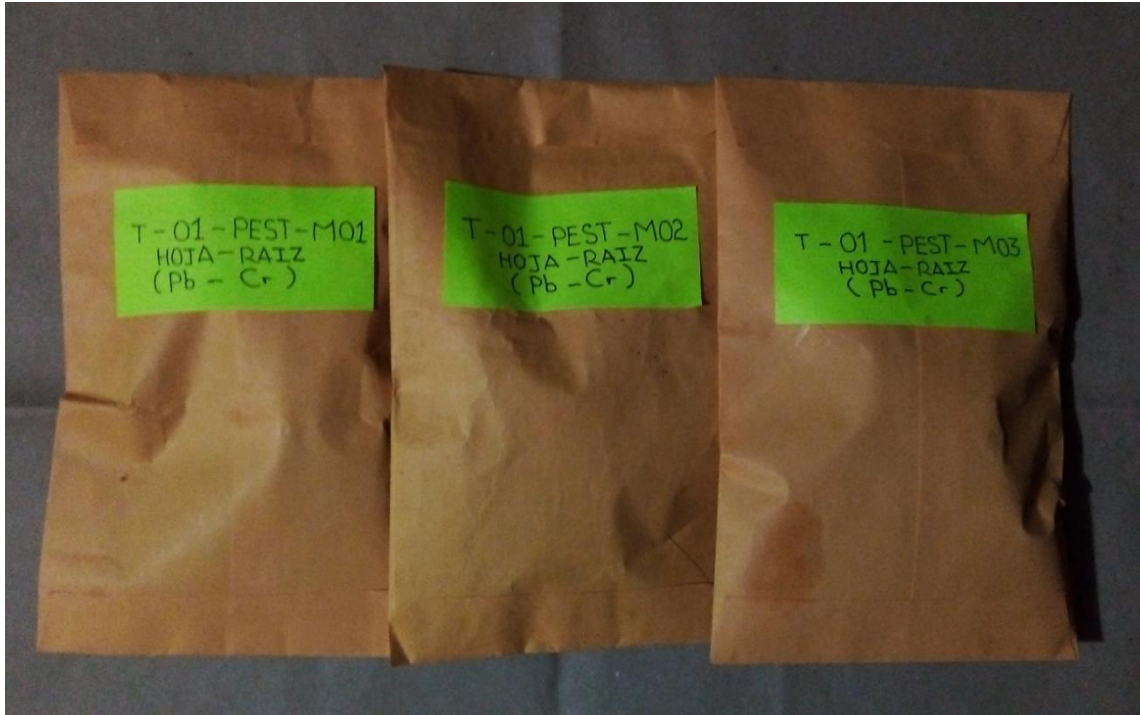
*Fotografía 15 y 16. Oreado y secado de la raíz y hoja de cada unidad experimental.*



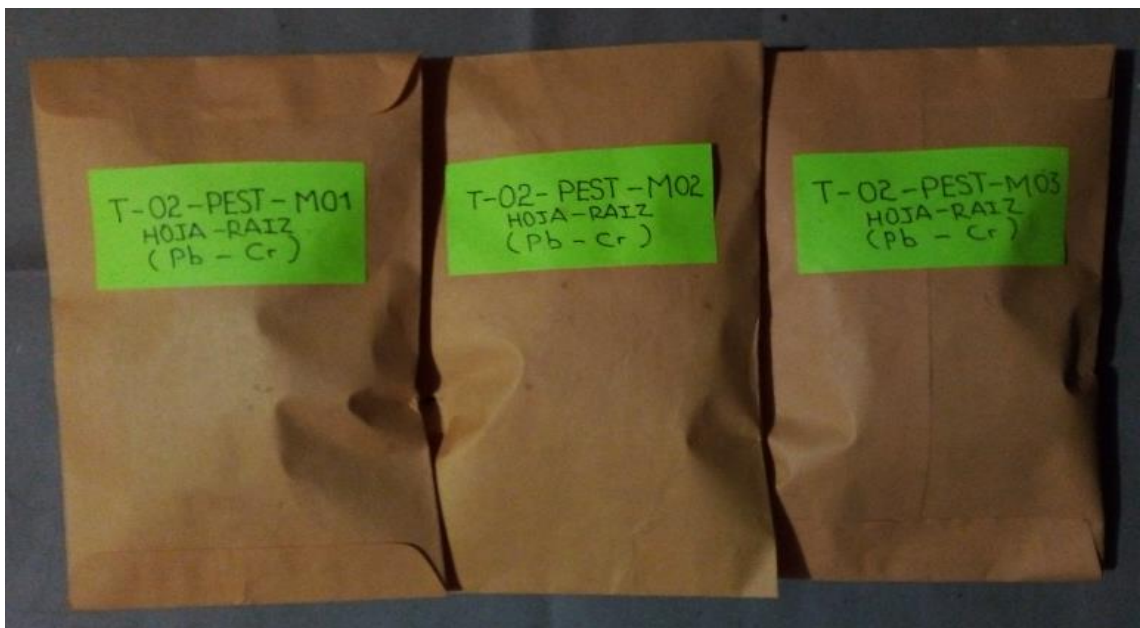


Fotografía 17 y 18. Colocación de las muestras de cada tratamiento en papel kraft.

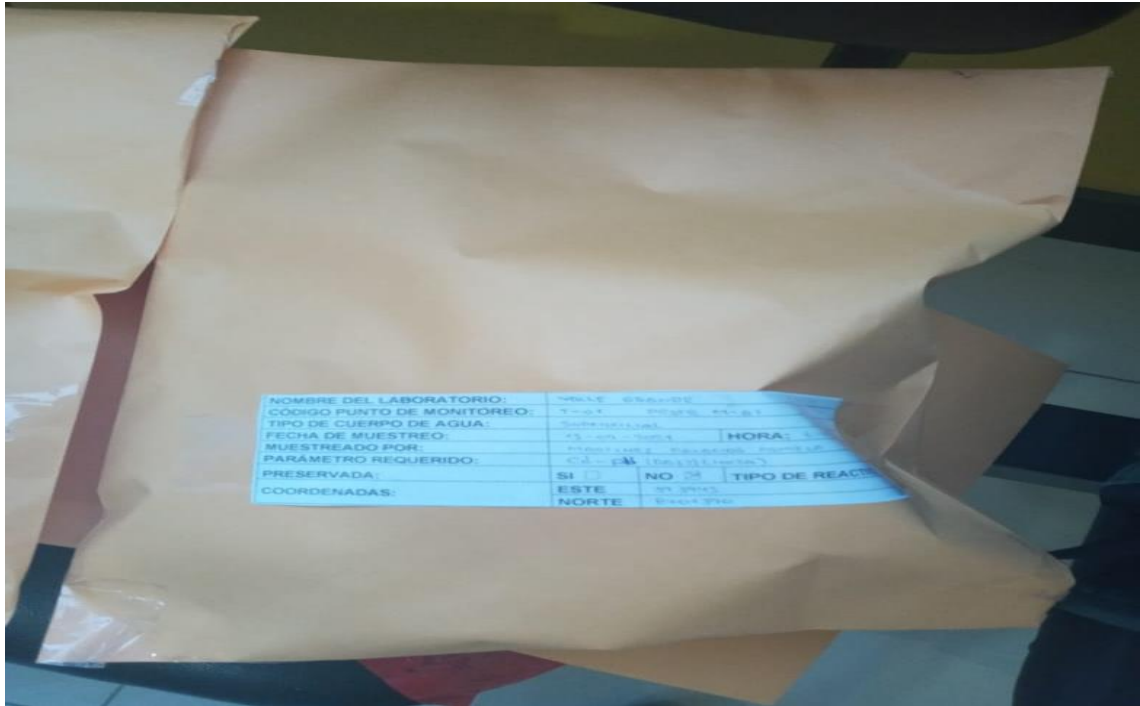




*Fotografía 19 y 20. Muestras del Tratamiento 1 para análisis de espectrometría después del experimento (Laboratorio Valle Grande, Cañete).*



*Fotografía 21. Muestras del Tratamiento 2 para análisis de espectrometría después del experimento (Laboratorio Valle Grande, Cañete).*



Fotografías 22 y 23. Envío al Laboratorio Valle Grande.

**Anexo 34.** Certificado Internacional del Laboratorio.

