



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Capacidad fitorremediadora del Geranio (*Pelargonium Hortorum*) y  
*Ortiga (Urtica Urens L.)* para recuperar suelos contaminados por  
metales pesados

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**Ingeniero Ambiental**

**AUTORES:**

Muñoz Manosalva, Haydee ([orcid.org/0000-0002-0998-4574](https://orcid.org/0000-0002-0998-4574))

Pariona Sucapuca, Gianfranco ([orcid.org/0000-0002-0084-812X](https://orcid.org/0000-0002-0084-812X))

**ASESOR:**

Dr. Munive Cerrón Rubén Víctor ([orcid.org/0000-0001-8951-2499](https://orcid.org/0000-0001-8951-2499))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**LIMA - PERÚ**

**2022**

## **DEDICATORIA**

### **Dedicatoria**

En primer lugar, se lo dedico a Dios por las fuerzas que me dio para salir adelante ante tanta adversidad, a mis padres y a mi hermana Nicolle por haberme brindado su apoyo incondicional y económico, a mi abuelo que desde el cielo me guió y me impulsó a no rendirme y cumplir mis metas, también a mi abuela y mis tíos que me apoyaron en todo momento. A todos ellos se los dedico desde lo más profundo de mi corazón.

**Gianfranco Pariona**

### **Dedicatoria**

A Dios por ser mi guía y mi sustento al iniciar este largo camino llamado “ingeniería ambiental”, a mi madre Dora Manosalva por los valores que me inculcó desde pequeña, por acompañarme siempre, por cuidarme y confiar en mí cuando nadie más lo hizo, por ser mi motor y motivo para cumplir cada una de mis metas, por enseñarme a no rendirme y animarme cuando estuve a punto de hacerlo. A mis Tías Blanca y Flor por brindarme su apoyo, a mi hermana Sandra por ser una de mis motivaciones, a mis mejores amigas Ingrith y Ruth por su apoyo emocional, y darme ánimos para llegar a esta etapa final. A mis abuelitos Elvia y Alejandro por estar pendiente de mí y por su cariño, a todos ellos mil gracias, desde el fondo de mi corazón.

**Haydee Muñoz**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a Dios por brindarnos la oportunidad de cumplir todos nuestros sueños y objetivos, por guiarnos por el buen camino a lo largo de toda nuestra carrera universitaria y brindarnos fortaleza en nuestros momentos más difíciles. A los ingenieros Rubén Víctor Munive Cerrón y Julio Ordoñez Gálvez por habernos brindado su apoyo, tiempo y dedicación durante todo el proceso de nuestra tesis, asimismo a: Jordy Huiza, Roly Velázquez, Piero Cerrón, Farley Vega, Edwin Rodríguez, Lorena Cofré, Cinthya Vilchez, Adin Soto, Luigui Q., quienes nos brindaron todo su apoyo incondicional. A nuestras familias por haber sido el soporte durante todo este tiempo, por confiar en nosotros y animarnos a seguir.

**Haydee y Gianfranco**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

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

Yo, RUBEN VICTOR MUNIVE CERRON, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis Completa titulada: "Capacidad fitorremediadora del geranio (*Pelargonium hortorum*) y ortiga (*Urtica urens* L.) para recuperar suelos contaminados por metales pesados", cuyos autores son PARIONA SUCAPUCA GIANFRANCO, MUÑOZ MANOSALVA HAYDEE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 8.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 01 de Diciembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
RUBEN VICTOR MUNIVE CERRON <b>DNI:</b> 19889810 <b>ORCID:</b> 0000-0001-8951-2499	Firmado electrónicamente por: RMUNIVEC el 19-12- 2022 15:07:34

Código documento Trilce: TRI - 0465389



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, MUÑOZ MANOSALVA HAYDEE, PARIONA SUCAPUCA GIANFRANCO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Capacidad fitorremediadora del geranio (*Pelargonium hortorum*) y ortiga (*Urtica urens* L.) para recuperar suelos contaminados por metales pesados", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
PARIONA SUCAPUCA GIANFRANCO DNI: 76077008 ORCID: 0000-0002-0084-812X	Firmado electrónicamente por: GPARIONAS el 07-06- 2023 21:26:51
MUÑOZ MANOSALVA HAYDEE DNI: 71968126 ORCID: 0000-0002-0998-4574	Firmado electrónicamente por: MMUNOZMA29 el 07- 06-2023 21:27:45

Código documento Trilce: INV - 1181777

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR .....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN .....	12
II. MARCO TEÓRICO.....	15
III. METODOLOGÍA.....	24
3.1. Tipo, diseño y nivel de investigación .....	24
3.2. Variables y operacionalización .....	24
3.3. Población, muestra, muestreo, y unidad de análisis.....	25
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	26
3.5. Procedimiento del proyecto de investigación.....	28
3.6. Método de análisis de datos.....	39
3.7. Aspectos Éticos. ....	40
IV. RESULTADOS .....	41
V. DISCUSIÓN .....	65
VI. CONCLUSIONES .....	69
VII. RECOMENDACIONES.....	70
REFERENCIAS .....	71
ANEXOS.....	78

## Índice de tablas

Tabla 1: Variables .....	25
Tabla 2: Relación de expertos de validaron los instrumentos .....	27
Tabla 3: Coordenadas UTM .....	30
Tabla 4. Evaluación de la morfología inicial de los esquejes .....	34
Tabla 5. Evaluación de la morfología inicial de las plantas de ortiga .....	35
Tabla 6. Parámetros Fisicoquímicos .....	38
Tabla 7. Cantidades de <i>Pelargonium Hortorum</i> y <i>Urtica Urens</i> L. ....	41
Tabla 8. Variaciones morfológicas primer periodo (cantidad 1-1) .....	42
Tabla 9. Variaciones morfológicas segundo periodo (cantidad 1-1) .....	42
Tabla 10. Variaciones morfológicas tercer periodo (cantidad 1-1) .....	42
Tabla 11. Variaciones morfológicas primer periodo (cantidad 2-2) .....	43
Tabla 12. Variaciones morfológicas segundo periodo (cantidad 2-2).....	43
Tabla 13. Variaciones morfológicas tercer periodo (cantidad 2-2) .....	44
Tabla 14. Variaciones morfológicas primer periodo (cantidad 3-3) .....	44
Tabla 15. Variaciones morfológicas segundo periodo (cantidad 3-3).....	45
Tabla 16. Variaciones morfológicas tercer periodo (cantidad 3-3) .....	45
Tabla 17. Parámetros físicos y químicos iniciales del suelo contaminado con Pb y Cd. ....	46
Tabla 18. Caracterización inicial del suelo contaminado con plomo y cadmio .....	46
Tabla 19. Concentración de Plomo y Cadmio en suelo agrícola contaminado inicial .....	46
Tabla 20. Concentración de Plomo y Cadmio en geranio y ortiga inicial.....	46
Tabla 21. pH del suelo contaminado con Pb y Cd en los tres periodos .....	47
Tabla 22. Conductividad eléctrica del suelo contaminado con Pb y Cd en los tres periodos .....	48
Tabla 23. Potencial redox del suelo contaminado con Pb y Cd en los tres periodos .....	49
Tabla 24. Humedad del suelo contaminado con Pb y Cd en los tres periodos.....	50
Tabla 25. Capacidad de intercambio catiónico del suelo contaminado con Pb y Cd en los tres periodos.....	51
Tabla 26. Carbono orgánico total del suelo contaminado con Pb y Cd en los tres periodos .....	52

Tabla 27. Materia Orgánica del suelo contaminado con Pb y Cd en los tres periodos .....	53
Tabla 28. Relación C/N del suelo contaminado con Pb y Cd en los tres periodos	54
Tabla 29. Nitrógeno del suelo contaminado con Pb y Cd en los tres periodos.....	55
Tabla 30. Concentración de Plomo en el suelo contaminado durante los tres periodos .....	56
Tabla 31. Concentración de Cadmio en el suelo contaminado durante los tres periodos .....	58
Tabla 32. Concentración de plomo en geranio en los tres periodos .....	59
Tabla 33. Concentración de cadmio en geranio en los tres periodos.....	60
Tabla 34. Concentración de plomo en ortiga en los tres periodos .....	61
Tabla 35. Concentración de cadmio en ortiga en los tres periodos.....	62
Tabla 36. Prueba de normalidad para la caracterización del suelo contaminado con plomo y cadmio al ser tratados con <i>Pelargonium hortorum</i> y <i>Urtica urens</i> L .....	63
Tabla 37. Análisis de varianza (ANOVA) para parámetros fisicoquímicos del tratamiento.....	64



## Índice de figuras

Figura 1. Funciones de los metales pesados .....	19
<i>Figura 2. Mecanismos de Fitorremediación.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 3. Pelargonium Hortorum .....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 4. Urtica Urens L.....</i>	<i>23</i>
Figura 5. Esquema de procedimiento de ejecución de la investigación .....	28
Figura 6. Ubicación del punto de muestreo .....	29
Figura 7. Paso 1: Inicio del tratamiento .....	32
Figura 8. Paso 2: Peso del suelo por maceta .....	32
Figura 9. Paso 1: Poda de la planta madre .....	33
Figura 10. paso 2: retiro de hojas.....	33
Figura 11. Paso 3: Sembrado en turba.....	34
Figura 12. Paso 4: Colocado de especies en invernadero.....	34
Figura 13. Paso 1: Germinación.....	35
Figura 14. Paso 2: Primeros brotes .....	35
Figura 15. Paso 3: Trasplante a suelo agrícola .....	35
Figura 16. Apunte de datos .....	36
Figura 17. Tamaño del tallo del geranio .....	36
Figura 18. raíz del geranio .....	37
Figura 19. raíz de ortiga .....	37
Figura 20. Número de hojas de geranio .....	37
Figura 21. Muestra de plantas para el método EPA .....	39
Figura 22. Proceso de elaboración de resultados.....	39
Figura 23. Gráfico del pH del primer, segundo y tercer periodo.....	47
Figura 24. Gráfico de la conductividad eléctrica del primer, segundo y tercer periodo .....	48
Figura 25. Gráfico del potencial redox del primer, segundo y tercer periodo .....	49
Figura 26. Gráfico de la humedad del primer, segundo y tercer periodo.....	50
Figura 27. Gráfico de la capacidad de intercambio catiónico del primer, segundo y tercer periodo.....	52
Figura 28. Gráfico del carbono orgánico total del primer, segundo y tercer periodo .....	53

Figura 29. Gráfico de la materia orgánica total del primer, segundo y tercer periodo .....	54
Figura 30. Gráfico de la relación C/N del primer, segundo y tercer periodo .....	55
Figura 31. Gráfico del nitrógeno del primer, segundo y tercer periodo.....	56
Figura 32. Gráfico de la concentración de plomo en el suelo del primer, segundo y tercer periodo .....	57
Figura 33. Gráfico de la concentración de cadmio en el suelo del primer, segundo y tercer periodo .....	58
Figura 34. Extracción de plomo por medio del <i>Pelargonium hortorum</i> en los tres periodos .....	59
Figura 35. Extracción de cadmio por medio del <i>Pelargonium hortorum</i> en los tres periodos .....	60
Figura 36. Extracción de plomo por medio de <i>Urtica Urens L.</i> en los tres periodos .....	61
Figura 37. Extracción de cadmio por medio de <i>Urtica Urens L.</i> en los tres periodos. ....	62

## Resumen

Se elaboró el presente trabajo de investigación con el objetivo de evaluar la capacidad fitorremediadora del geranio (*Pelargonium hortorum*) y ortiga (*Urtica urens L.*) para recuperar suelos contaminados con plomo y cadmio, siendo de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo y diseño experimental-transversal. La muestra utilizada de suelo agrícola fue extraída de la comunidad de La tahona, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca. Las plantas de geranio sembradas en forma de esquejes y la ortiga obtenida a través de germinación de semillas fueron adaptadas y luego trasplantadas al suelo contaminado, estas fueron sembradas en macetas en relación 1-1, 2-2, 3-3 en tres repeticiones dividido en tres periodos con una duración de 15 días cada uno. Los resultados cuantitativos fueron procesados para el análisis estadístico respectivo, donde se obtuvo las concentraciones finales en el suelo de Pb 65.6531 mg/kgps y Cd 1.6582 mg/kgps a comparación de los valores iniciales que este presentó los cuales fueron de 118.56 mg/kgps y 2.57 mg/kgps para Pb y Cd respectivamente; datos que demostraron la capacidad fitorremediadora del *Pelargonium hortorum* y *Urtica urens L.* para absorber metales pesados, ayudando en la mejora de las características fisicoquímicas del suelo contaminado y logró una extracción óptima mayor al 44.62% de en la remoción de Pb y 35% para Cd. Llegando a concluir que el uso de plantas fitorremediadoras como el *Pelargonium hortorum* y *Urtica urens L.* ayudan en la recuperación y mejora del suelo.

**Palabras clave:** Fitorremediación, *Pelargonium hortorum*, *Urtica urens L.*, metales pesados.

## Abstract

This research work was carried out with the objective of evaluating the phytoremediation capacity of geranium (*Pelargonium hortorum*) and nettle (*Urtica urens* L.) to recover soils contaminated with lead and cadmium, being applied with a quantitative approach and experimental design- cross. The agricultural soil sample used was extracted from the community of La tahona, province of Hualgayoc, department of Cajamarca. The geranium plants sown in the form of cuttings and the nettle obtained through seed germination were adapted and then transplanted to the contaminated soil, these were sown in pots in a 1-1, 2-2, 3-3 ratio in three replicates divided in three periods with a duration of 15 days each. The quantitative results were processed for the respective statistical analysis, where the final concentrations in the soil of Pb 65.6531 mg/kgps and Cd 1.6582 mg/kgps were obtained in comparison with the initial values that it presented, which were 118.56 mg/kgps and 2.57 mg/kgps for Pb and Cd respectively; data that demonstrated the phytoremediation capacity of *Pelargonium hortorum* and *Urtica urens* L. to absorb heavy metals, helping to improve the physicochemical characteristics of the contaminated soil and achieved an optimal extraction greater than 44.62% in the removal of Pb and 35% for Cd. Coming to the conclusion that the use of phytoremedial plants such as *Pelargonium hortorum* and *Urtica urens* L. help in the recovery and improvement of the soil.

**Keywords:** Phytoremediators, *Pelargonium hortorum* and *Urtica urens* L., heavy metals.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel global, la alta acumulación de metales pesados presentes en la corteza terrestre producto de actividades antropogénicas y/o naturales son consideradas como parte de las mayores amenazas para la salud debido al gran riesgo que esta implica su incidencia en el bienestar del ambiente y la salud de los seres humanos (FAO, 2018). Los metales pesados constituyen un riesgo potencial por ser de grado altamente tóxico, que al interactuar con el ambiente ya sea en pequeñas o grandes dosis puede causar daños irreversibles tanto en la salud humana, la biodiversidad vegetal presente y la fauna silvestre. Los Metales pesados son relacionados usualmente con las actividades antropogénicas pues estos derivan de las industrias, siendo la minería una de las causas principales de su inmersión en el suelo a nivel mundial (Mendoza et al., 2021).

El Perú es uno de los países con mayor riqueza mineral por lo cual esta industria se ha posicionado como una de las actividades económicas más importantes de las últimas décadas. En la minería tanto formal como artesanal se producen residuos que al tener contacto con la naturaleza generan cambios, tal es el caso de la degradación del suelo por metales pesados que a la larga ocasiona situaciones irremediables convirtiéndose en una de las problemáticas ambientales cruciales a nivel nacional (Correa et al., 2021). Así como por naturaleza existen metales que cumplen funciones biológicas como el Zinc el Hierro existen otros que en concentraciones altas generan en el suelo un impacto nocivo en flora y fauna a esto se suman los riesgos a la salud que en conjunto resulta siendo una problemática a remediar para proporcionar condiciones de vida óptimas a los residentes de esta nación (Quispe et al., 2021).

En la región de Cajamarca se concentra y desarrolla la minería metálica a gran escala que alberga a la mayor cantidad de yacimientos mineros a nivel nacional, siendo Hualgayoc las provincias con mayor número de pasivos ambientales mineros, lo que genera una problemática profunda con respecto a la salud de los pobladores que se encuentra alrededor de las llamadas zonas de afectación directa (Aranda, 2019). Desde otro punto de

vista, las problemáticas ambientales en la zona no solo se relacionan con estas actividades pues también la mala gestión por las autoridades ocasiona que los impactos se vuelvan irremediables (Chappuis, 2019).

En las últimas décadas se ha optado por técnicas que ayuden a la rehabilitación de suelos que fueron dañados por la interacción con sustancias tóxicas, una de estas es el uso de plantas metalophytas que tienen la capacidad de absorber metales para degradarlos y ser expulsados al ambiente convertidos en sustancias menos nocivas o simplemente tomarlo para cumplir funciones biológicas, este método también llamado fitorremediación.

Es por ello por lo que ante esta problemática se propone el siguiente **problema general**: ¿Cuál es la capacidad fitorremediadora del *Pelargonium Hortorum* y *UrticaUrens L.*, para recuperar suelos contaminados por metales pesados? De este derivan los **problemas específicos**: ¿Cuáles serán las cantidades de *Pelargonium Hortorum* y *UrticaUrens L.* que serán utilizadas para fitorremediar el suelo contaminado con metales pesados? ¿Cuáles serán las variaciones morfológicas del *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* en la fitorremediación del suelo contaminado por plomo y cadmio? ¿Cuáles serán las características físicas y químicas del suelo contaminado por metales pesados antes y después de ser tratados con *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.*? ¿Cuál será la extracción óptima de plomo y cadmio del suelo contaminado utilizando *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.*

Con lo mencionado anteriormente, El presente desarrollo de investigación experimental, propone utilizar *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* para mejorar suelos contaminados con metales pesados sustentando su **aporte social**: Los suelos agrícolas contaminados de manera natural y antropogénica con metales pesados serán fitorremediados mediante el uso de *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* proporcionando una calidad de vida al consumir productos orgánicos que no originan efectos negativos en la salud de las personas, flora, fauna, y su ambiente con el cual se interrelacionan y así generar un consumo alimenticio sustentable. **Aporte económico**: La mejora de los suelos contaminados con plomo y cadmio,

tendrán costos viables para los agricultores, debido a que las plantas que se utilizarán en la fitorremediación son de bajos costos, lo que permitirá tener suelos productivos de mejor calidad y sostenibles. **Aporte ambiental:** Mejorar los suelos agrícolas con *Pelargonium* y *Urtica Urens L.* garantizarán la restauración de suelos degradados, y que no generaran efectos de contaminación en el agua, aire por erosión eólica, donde los metales como el plomo y cadmio son altamente tóxicos, permitiendo el equilibrio del ambiente y la recuperación natural del suelo.

Para esta investigación se propone como **Objetivo general:** Evaluar la capacidad fitorremediadoras del *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.*, para recuperar suelos contaminados por metales pesados. Como **objetivos específicos:** Determinar las cantidades de *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* que serán utilizadas para fitorremediar el suelo contaminado con metales pesados. Evaluar las variaciones morfológicas del *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* en la fitorremediación del suelo contaminado por plomo y cadmio. Determinar las características físicas y químicas del suelo contaminado por metales pesados antes y después de ser tratados con *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* Identificar la extracción óptima de plomo y cadmio del suelo contaminado utilizando *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.*

El presente proyecto tiene como **hipótesis general:** La capacidad fitorremediadoras del *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.*, influirán en recuperar suelos contaminados por metales pesados. **Hipótesis específicas:** Las cantidades de *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* influirán en la fitorremediación del suelo contaminado con metales pesados. Las variaciones morfológicas del *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* llegarán a su equilibrio biológico con la fitorremediación del suelo contaminado por plomo y cadmio. Las características físicas y químicas del suelo contaminado por metales pesados mejoraran después de ser tratados con *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* La extracción óptima de plomo y cadmio del suelo contaminado serán mayor del 50% utilizando *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.*

## II. MARCO TEÓRICO

El empleo de plantas para remover metales de suelos contaminados es una técnica denominada fitorremediación la cual posee un potencial significativo para poder recuperar dichos suelos de manera *in situ* debido a su bajo costo económico y su relación con el medio ambiente (Gurajala et al., 2019). Por otro lado, (Clemente et al., 2021) menciona que dicha tecnología permite acumular contaminantes en el tejido radicular, tallo y hojas de alguna especie fitorremediadora. Las ventajas que posee la técnica de fitorremediación es que minimiza la disponibilidad y la migración de metales pesados hacia aguas subterráneas para evitar que estos lleguen a la cadena trófica (Mang y Ntushelo, 2018).

Obeso y Vejarano (2020) que realizaron el cultivo de geranio durante una etapa de 42 días obteniendo concentraciones de As, Cd y Cu presentes en el suelo las cuales disminuyeron considerablemente el porcentaje del As y Cd del 74% y 79% respectivamente, asimismo un 55% con respecto a la concentración inicial del Cu, por tanto, el cultivo de geranio es un potencial fitorremediador para suelos contaminados.

Manzoor et al., (2020) diseñaron un dispositivo especial donde se cultivaron dos plantas acumuladoras de Pb. Los resultados obtenidos resaltaron una mayor capacidad absorción de Pb por parte de la especie *Pelargonium Hortorum* y la alza en el contenido de DOC en 1,7 veces. Además, presentó una concentración en sus raíces y brotes de  $1281 \pm 77$  y  $275 \pm 7$  mg Pb/kg, concluyendo que esta especie presenta una mayor tolerancia al Pb y también características fitoextractoras para tratar suelos contaminados con Pb.

Gul et al., (2019) aislaron cepas tolerantes a Pb para determinar los posibles efectos en el crecimiento de las plantas y la fitoextracción de Pb. Los resultados indicaron una mayor absorción de plomo por parte de la especie *Pelargonium Hortorum* (1,85 %) a comparación de la especie *Mesembryanthemum Crinoflorum* (1,49%). Concluyendo que las PGPR



utilizadas son una alternativa que incrementa la eficiencia del sistema de fitorremediación en algunas plantas.

Podrug et al., (2021) se evaluó el potencial fitorremediador de ocho especies autóctonas en suelos contaminados por metales pesados. Los resultados obtenidos demostraron que las concentraciones de metales pesados en la biomasa aérea de la especie *Urtica Urens L.* fueron de Cr ( $1.6 \pm 1.6$ ), Zn ( $38.9 \pm 8.3$ ), Cu ( $12.9 \pm 5.1$ ), Ni ( $5.2 \pm 3.5$ ). Concluyendo las partes aéreas de *Urtica Urens L.* presentaron una concentración considerable de metales pesados a diferencia de las otras especies analizadas.

Aarshad et al., (2020) evaluaron el efecto del EDTA y la DIPA para proporcionar una mejora la absorción de Pb por *Pelargonium Hortorum*. Los resultados demostraron que las plantas de *P. Hortorum* enmendadas con EDTA y DIPA a 10 mmol/kg con Pb 1000 mg/kg concentraron plomo 5,3 veces y 2,5 veces, respectivamente, a comparación de las que contenían Pb solo a 1000 mg/kg. concluyendo que las enmiendas con DIPA presentaron menor toxicidad que EDTA, considerando como una posibilidad para la recuperación de suelos.

Murtic et al., (2019) seleccionaron y recogieron todas las partes áreas de plantas autóctonas y sus muestras de suelo asociadas, dando como resultados la proporción de metales pesados en *Urtica Urens* en mg/kg fueron de: Ni ( $0.71 \pm 0.33$ ), Fe ( $172.55 \pm 10.22$ ), Cr ( $0.87 \pm 0.32$ ), Cu ( $8.53 \pm 0.92$ ), Zn ( $24.65 \pm 2.92$ ) y Pb ( $0.21 \pm 0.11$ ). Concluyendo que la especie analizada bajo los criterios establecidos no clasifica como potencial hiperacumuladora.

Guerra et al., (2021) resaltaron el potencial que poseen algunos vegetales para adaptarse en suelos impactados por metales pesados. Los resultados destacaron que *Brassica rapa*, *Urtica Urens L.* y *Lupinus ballianus* presentaron capacidad de crecer y adaptarse a suelos con presencia de desechos mineros, además de ser tolerables a Pb, Cd y Cu respectivamente. Se concluye que existen especies vegetales que permiten remediar los suelos deteriorados por la presencia de metales pesados.

Hassan et al., (2021) detallaron el papel que tienen las plantas

ornamentales en la fitorremediación de metales pesados. Los resultados obtenidos reflejaron que las plantas ornamentales hiperacumuladoras de Pb fueron las especies de *Noccaea caerulea*, *Pelargonium Hortorum*, *Olea europaea*, *Silene Paradoza*. El estudio concluye que el aprovechamiento de plantas ornamentales puede erradicar los contaminantes presentes en suelos degradados y mejorar la estética de una zona.

Manzoor et al., (2018) analizaron 21 especies con una densidad considerable para posteriormente evaluar su potencial de acumulación de Pb. Se evaluaron las características acumulativas de las especies en suelos sin enriquecimiento (Pb 0) y en otros niveles de concentración como 500, 1000, 1500 y 2000 mg/kg. De las especies analizadas, la *Mesembryanthemum criniflorum* y *Pelargonium Hortorum* se desarrollaron de mejor manera y concentraron más de 1000 mg/kg. Concluyendo que ambas especies podrían considerarse como especies hiperacumuladoras de Pb.

Lam et al., (2017) cultivaron *Gazania rigens* y *Pelargonium hortorum*. Posteriormente, se analizaron los indicadores de crecimiento de las plantas, su desarrollo vegetal y se midieron las concentraciones de Cd, Fe, Cu, Mn, Pb, Al y Zn en la parte radicular de cada una, determinando que las especies se desenvuelven como excluyentes de Fe, Mn, Pb, Al y Zn. Sin embargo, se destaca a ambas especies como potenciales acumuladores de Cu.

Castro (2018) evaluó la capacidad de *Urtica Urens L.* como fitorremediador de suelos. Los resultados obtenidos demostraron que esta especie presentó un alto contenido de Pb en su raíz (259.287 mgPb/kg) a diferencia de la parte aérea (151.617 mgPb/kg) con dosis de EDTA, lo que demuestra que presenta características fitoestabilizadoras. Concluyendo que la aplicación de EDTA a un suelo contaminado con Pb causa un efecto significativo en la fitorremediación debido a que ayuda a la fitoestabilización de la planta.

Silvestre et al., (2019) expusieron a *Pelargonium Hortorum* y *Pelargonium zonale*, a diversos niveles de concentración de (Pb 0-1500 mg/kg) y (Cd 0-150 mg/kg) con presencia de EDTA (0-5 mmol/kg). Los resultados reflejaron que las especies concentraron 50,9% y 42,2% de Pb,

una reducción en la biomasa vegetal de 46,8% para *P. Hortorum* y 63,3% para *P. Zonale*. Con respecto al Cd, *P. Hortorum* acumuló 2,7 más en los brotes de 4 mmol/kg de EDTA en concentraciones de 150mg. El estudio concluye que la especie de *Pelargonium Hortorum* tiene un mejor potencial fitoextractor que la especie *Pelargonium Zonale*.

Zawadzi et al., (2021) cultivaron especies de geranios en sustratos con 10% y 20% de fibra de madera. Los resultados reflejaron que los cultivos de *P. Hortorum* que crecieron en sustratos de turba con concentraciones del 20% de fibra de madera residual y fertilizado con nitrógeno presentaron un mayor índice de coloración de hojas, un incremento en el número de flores y mayor contenido de N, P, Ca, Na, Fe, Cu y Zn, lo que podría considerarse como una alternativa para el crecimiento de la especie y una posterior etapa de fitoextracción de metales pesados.

Liu et al., (2022) evaluó las respuestas de crecimiento, absorción de Cd y características de siete plantas urbanas. Los resultados demostraron que a una concentración de 10 mg/kg, de los brotes de *P. Hortorum* aumentaron la biomasa y el nivel de tolerancia. Sin embargo, al aumentar la concentración de Cd la reducción de biomasa y de los brotes de la planta fueron significativas, en conclusión, el geranio utilizado presenta estrategias tolerantes a concentraciones de Cd.

Tello (2018) evaluó la eficacia de acumulación de la especie *Urtica Urens L.* para remediar suelos contaminados con Pb, obteniendo que, durante el periodo de dos meses, se observó la acumulación de Pb 80,09 mg/kg y 26,29 mg/kg en sus hojas y raíces respectivamente, deduciendo que la especie *Urtica Urens L.* posee la capacidad de acumular plomo tanto en hojas como en raíces.

En marco de la investigación; se define al **suelo** como el fragmento superficial de la tierra compuesta de minerales (igual o menor a 2mm), fracciones de rocas (mayor a 2mm), materia orgánica y biota, en su estructura puede contener líquidos, gases y organismos vivos, tiene su origen producto de procesos físicos, químicos y biológicos. (PORTA CASANELLAS et al., 2019), **suelo agrícola**: tiene condiciones anisotrópicas que se forman a partir

material parental, alteraciones fisicoquímicas, condiciones climatológicas, biológicas y geomorfológicas en un determinado tiempo, procesos que dan lugar a la formación del perfil del suelo que se diferencian por sus propiedades (Jiménes Ballesta, 2017).

Por otro lado, el gran problema de contaminación del suelo son la presencia de metales pesados en proporciones mayores a los LMP, se definen como un componente natural del suelo que desarrolla un papel considerable en los organismos ya que forman parte esencial de sus funciones bioquímicas y fisiológicas (Figura 1), como el cobre, el manganeso o el zinc, que son insustituibles en el metabolismo de mamíferos. Asimismo, Raven (2018) menciona que elementos como el cadmio son introducidos al suelo de manera natural por medio de emisiones volcánicas o por acciones antropogénicas como las actividades mineras y agrícolas, alojándose en el suelo y por consecuente dañando al ser humano. Por otro lado, Rodríguez (2017) los considera como elementos de alto peso atómico y a su vez una sustancia tóxica para las personas y ecosistemas, dependiendo de la cantidad absorbida, forma de exposición y la composición química del metal.



**Figura 1. Funciones de los metales pesados**  
**Fuente: Jiménez, 2017**

Una de los factores primordiales de la contaminación del suelo por metales pesados son las fuentes antropogénicas ya sea industria, minería, agricultura, entre otras que contribuyen a la alteración en las propiedades de este recursos y a su vez a la calidad de esta, debido a que este proporciona un servicio ecosistémico fundamental, la presencia de metales causa efectos negativos en el suelo, como los cambios en sus propiedades y a su vez afectan tanto al ecosistema como a la salud humana (Fernández, et al. 2022).

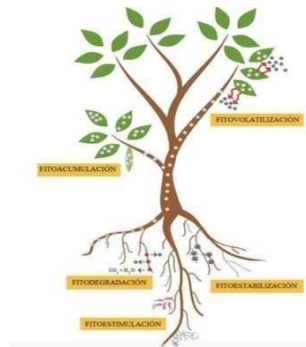
Las actividades antropogénicas tal es el caso de la minería genera

productos químicos como **el Plomo**, que es un contaminante que se encuentra de manera natural en la corteza terrestre y a su vez es una fuente importante de contaminación cuando este se encuentre en concentraciones elevadas (OMS, 2022). El **Cadmio** se encuentra en el carbón y fertilizantes minerales, es un metal no corrosivo y es usado para la fabricación de baterías, revestimientos, entre otros (INH, 2015).

Ante esta problemática, científicos han mostrado un gran interés en proponer alternativas de solución como **la fitorremediación**, que aprovecha los procesos biológicos de las plantas para el tratamiento de suelos, asimismo se toma como un proceso tecnológico para depurar y a su vez restaurar medios contaminados que implica el agua, el suelo e inclusive la atmósfera (Núñez López et al., 2018), esta tecnología se basa en el almacenamiento y eliminación de iones metálicos en el suelo y agua por medio de especies seleccionadas para dicho proceso. (Khalid, et al., 2018)

Asociados a esta tecnología se encuentran diversos mecanismos (Figura 2) como la **Fitoestimulación** que toma a las raíces de las plantas como estimulantes para el desarrollo de microorganismos aptos para degradar contaminantes orgánicos, la **fitoestabilización** La fitoestabilización se caracteriza por inmovilizar contaminantes en el suelo por medio de la absorción y acumulación en la parte radicular de las plantas, reduciendo la movilidad de los metales pesados y así evita su migración a las aguas subterráneas o exteriores. (Reyna, et al., 2021)

La **rizofiltración** usa las plantas en un sistema hidropónico, las raíces de plantas cultivadas en terrenos con una alta área y tasa de crecimiento absorbe la concentración y precipitación del contaminante (López et al., 2018), la fitoextracción es una técnica que se utiliza para remediar suelos mediante la capacidad de concentrar metales tóxicos en la rizosfera con la finalidad de que esta puedan ser eliminadas (Bobadilla et al., 2022), la **fitodegradación** se da cuando las plantas pueden degradar compuestos orgánicos utilizando sus propias enzimas . (Alarcón et al., 2021)



**Figura 2. Mecanismos de Fitorremediación**

**Fuente: Modificado de Pilon-Smits, 2015**

Como parte esencial de esta técnica se mencionan propiedades como la temperatura del suelo es responsable de medir la energía del movimiento molecular. Es una medida de la energía cinética promedio de traducción aleatoria de moléculas. Una cantidad de intensidad directamente relacionada con la energía cinética molecular promedio de las partículas. (Neyra y Pérez, 2015). **Potencial de Hidrogeno**, es el nivel de acidez o alcalinidad del suelo, el cual está determinado por la presencia o ausencia de protones u elementos. Las sales también pueden afectar el pH del suelo al reducirlo debido a las concentraciones de electrolitos. Los valores de PH varían entre 0 (ácido), 7 (neutro), 14 (alcalino o básico) (Peralta, 2016).

La **Conductividad eléctrica**, su medición se basa en que la velocidad a la que pasa una corriente eléctrica a través de una solución salina es proporcional a la concentración de sales en la solución. Inicialmente se propuso que un suelo salino es un suelo con más de un 0,1% de sales solubles. Esta afirmación no es del todo cierta porque no tiene en cuenta la estructura del suelo (Soriano, 2018).

La **Materia orgánica** son maleables y tienen una proporción de vacíos porque absorben grandes cantidades de agua, lo que hace que la humedad del suelo sea alta. Cuando el suelo se somete a una carga mayor, los esfuerzos de compresión debido a la carga base se reflejan, la compresibilidad del suelo da como resultado una compactación que puede tardar tiempo en compactarse (Pulido y Jimenes, 2021) y la **Capacidad de intercambio catiónico** mide la fertilidad del suelo, es decir la capacidad que

tiene para retener y liberar iones positivos, debido a su composición arcillosa y materia orgánica, que concluye que a mayor CIC, las raíces absorberán con mayor facilidad los nutrientes (Hicks, 2017).

Existen variedad de especies metalofitas tales como; el *Pelargonium Hortorum* (Figura 3) comúnmente conocido como malva, geranio común o geranio de jardín, es un híbrido de *P. inquinans* y *P. zonale*, utilizado como planta ornamental en el jardín, taxonómicamente pertenece a la familia *Dicotyledon*, familia *Geraniaceae*, tiene forma de arbusto, subarbusto y herbáceo. Esta especie originaria de Sudáfrica se adapta con facilidad a los distintos tipos de clima por lo que es muy común encontrarla en distintos países del mundo, posee tallos cubierta por una delgada pelusilla, muy ramificados y con estípulas en la base de las hojas, además de una florcon diámetro de entre 2-3 cm, esta tiene más de 16 pétalos, estambres numerosos y hojas simples, alternas y apeciolladas (Beltrán, 2020).



**Figura 3. *Pelargonium Hortorum***  
**Fuente: Biodiversidad virtual, 2015**

Otra de las especies fitometálica es *Urtica Urens L.* (figura 4) es una planta silvestre que crece de forma espontánea en lugares especialmente húmedos, pero también podemos cultivar ortigas en nuestros huertos y jardines para aprovechar todos los beneficios y propiedades de las ortigas (Rojas, 2017). Se clasifica por pertenecer a la familia *Urticáceae*, género *Urtica* y comúnmente llamada Atapilla negra, Pica pica, Ortiga negra Punchi, Ortiga ardiente Chura.

Es una planta perenne, sin látex, peluda tiene nódulos unicelulares delgados dispersos en ambos lados, presenta acción picante esto se debe a que el líquido contenido en los pelos se libera cuando se rompen, vegetal de

hojas con pecíolos simples, opuestas, dentadas, verde oscuro, sus flores se agrupan en largos racimos ramificados. Son numerosos y uniformes en los glomérulos sésiles (Castro, 2020).



***Figura 4. Urtica Urens L.***

***Fuente: Biodiversidad virtual, 2015***



### **III. METODOLOGÍA**

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

La presente investigación propone un estudio de tipo aplicada, enfoque cuantitativo. Según Nicomedes (2018) indica que la investigación de tipo aplicada representa la utilización del conocimiento que proviene de los resultados adquiridos dándole un valor significativo que nos permitirá tener un resultado sistematizado y organizado para dar a conocer alguna problemática existente.

Por otro lado, Cadena et al. (2017) define a la investigación cuantitativa como la recopilación y análisis de datos cuantificables. Además, una de sus otras características del método cuantitativo es la selección de indicadores (Conceptos y variables) de determinados elementos.

La investigación propone un diseño experimental puro, debido a que nos permitirá observar las causas y efectos que interactúan las variables en el proceso del tratamiento del suelo contaminado, llegando a un análisis estadístico que nos dará respuesta a nuestra hipótesis planteada.

Según Murillo (2018) en una investigación con un enfoque experimental el investigador puede manipular las variables del estudio, en otras palabras, en el diseño experimental se busca evaluar el impacto en una variable como resultado de haber modificado otra variable, todo esto dentro de un proceso o estudio estadístico.

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

Para poder interpretar los datos que se obtienen en la investigación, se utilizaron las siguientes variables que se muestran en la tabla 1:

**Tabla 1:** Variables

Variable	Dimensiones
<b>V.I:</b> Plantas Fitorremediadoras <i>Pelargonium Hortorum</i> y <i>Urtica Urens L.</i>	-Variaciones morfológicas del <i>Pelargonium Hortorum</i> y <i>Urtica Urens L.</i> -Cantidades de <i>Pelargonium Hortorum</i> y <i>Urtica Urens L.</i> por cada maceta.
<b>V.D:</b> Suelo contaminado por metales pesados.	-Características físicas y químicas del suelo contaminado antes y después del tratamiento. -Extracción óptima de plomo y cadmio del suelo contaminado utilizando <i>Pelargonium Hortorum</i> y <i>Urtica Urens L.</i>

### Operacionalización

Es donde se registran los conceptos operacionales, conceptuales, dimensiones, indicadores y las escalas de cada parámetro especificado, los que se encuentran en el Anexo 1.

### 3.3. Población, muestra, muestreo, y unidad de análisis

La **población** estará conformada por los suelos contaminados por metales pesados en el caserío Tahona-Hualgayoc- Cajamarca. Para López (2004) identifica a la población como un grupo de elementos definidos por una o más características de las que se requiera conocer algo en una determinada investigación.

La **muestra** será tomada utilizando la guía para muestreo de suelos de acuerdo con el decreto supremo 011 – 2017 MINAM, recolectando 100 kg. Espinoza (2016) denomina a la muestra como una parte representativa y adecuada seleccionada de la población de estudio, donde debe reflejar semejanzas y diferencias encontradas en la población.

El **muestreo** es no probabilístico, se realizó homogenizando la muestra, y realizando un cuarteo, la con finalidad de obtener lo más representativo para utilizarlo en los análisis iniciales del tratamiento. Díaz (2017) nos dice que el muestreo es un método utilizado para designar

elementos característicos de la población a estudiar que brindarán una muestra que posteriormente será analizada. Según Cuesta, 2009 en el muestreo no probabilístico las muestras se recogen en un proceso en el cual todos los individuos de una población no tienen la misma oportunidad de ser elegidos es decir no son elegidos aleatoriamente.

La **unidad de análisis** será de 3 kilogramos que fueron colocados en las macetas donde se evaluarán cada 15 días. Según Hernández (2003) la unidad de análisis son los sujetos que van a ser medidos y analizados, mientras que Balcells (1994) lo toma como la fracción de los datos que se usa base para la investigación.

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

La **técnica** por realizar será la **observación** durante el desarrollo del proyecto iniciando con la toma de muestra hasta los tiempos del tratamiento para obtener respuestas fiables a los objetivos planteados.

Los **instrumentos** que se usarán para todo proceso de la investigación estarán conformados por **registros** o fichas detalladas en el Anexo 2, entre los cuales tenemos:

- a) Registro de Ubicación y recolección de la muestra
- b) Registro de las variaciones morfológicas del *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* en la fitorremediación del suelo contaminado por plomo y cadmio.
- c) Cantidades de *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* utilizados para fitorremediar el suelo contaminado con metales pesados.
- d) Registro de las características físicas y químicas del suelo contaminado por metales pesados antes y después del tratamiento con *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.*
- e) Registro de la extracción óptima del plomo y cadmio del suelo contaminado utilizando *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.*

### 3.5. Validez y confiabilidad

Los instrumentos fueron validados por tres especialistas en el tema los que deberán tener un grado de formación magister y experiencia en la investigación de los procesos ambientales, y ser colegiados como mínimo 5 años, así como se evidencia en la Tabla 2.

**Tabla 2:** Relación de expertos de validaron los instrumentos

<b>N°</b>	<b>Experto</b>	<b>Colegiatura</b>	<b>Especialidad</b>
<b>01</b>	Mendoza Mogollón, Gianmarco Jorge	200348	Ingeniero Ambiental
<b>02</b>	Juan Julio Ordoñez Gálvez	89972	Ingeniero Ambiental
<b>03</b>	Holguin Aranda, Luis Fermín	111614	Ingeniero Ambiental

### 3.6. Procedimiento del proyecto de investigación

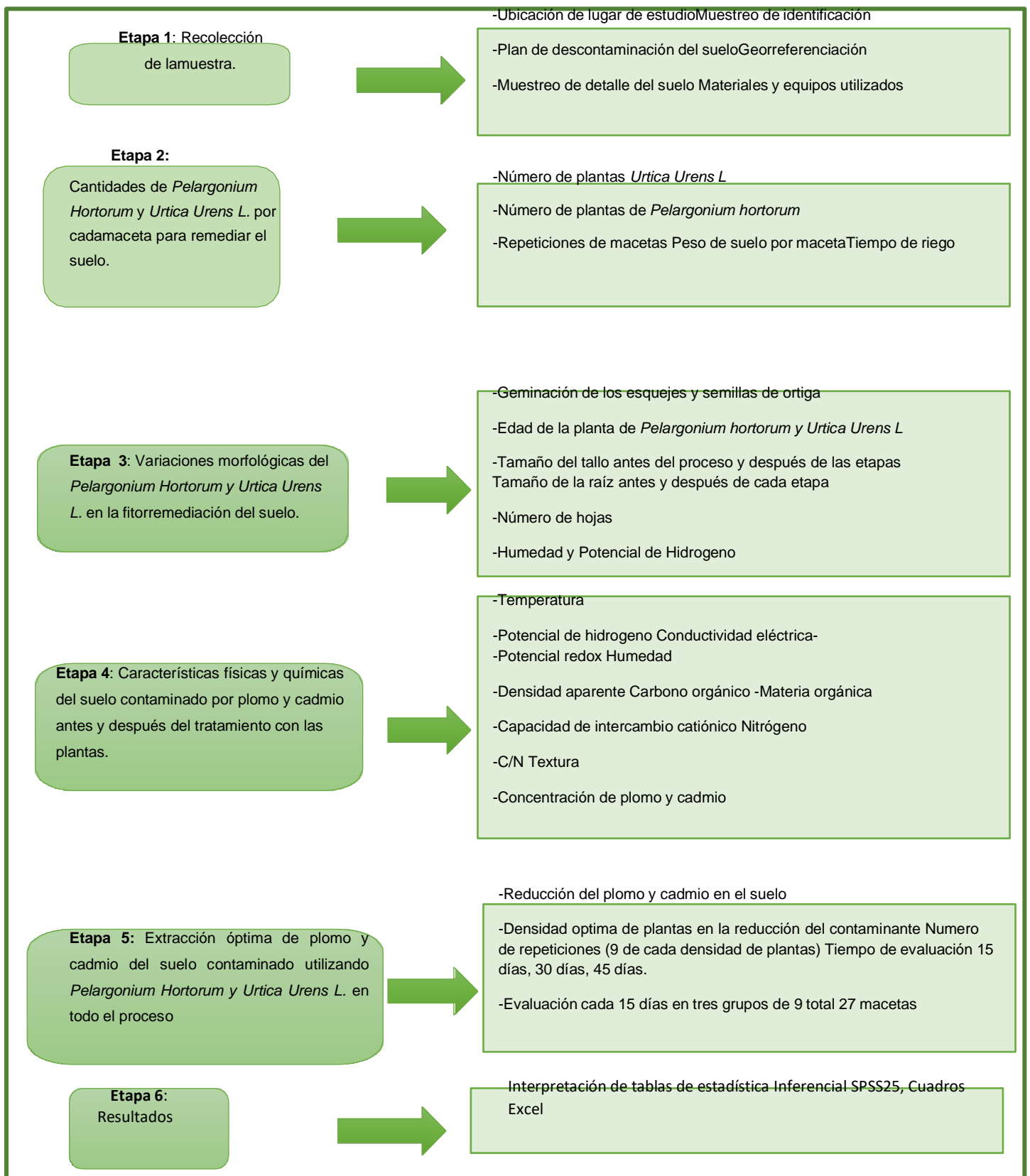
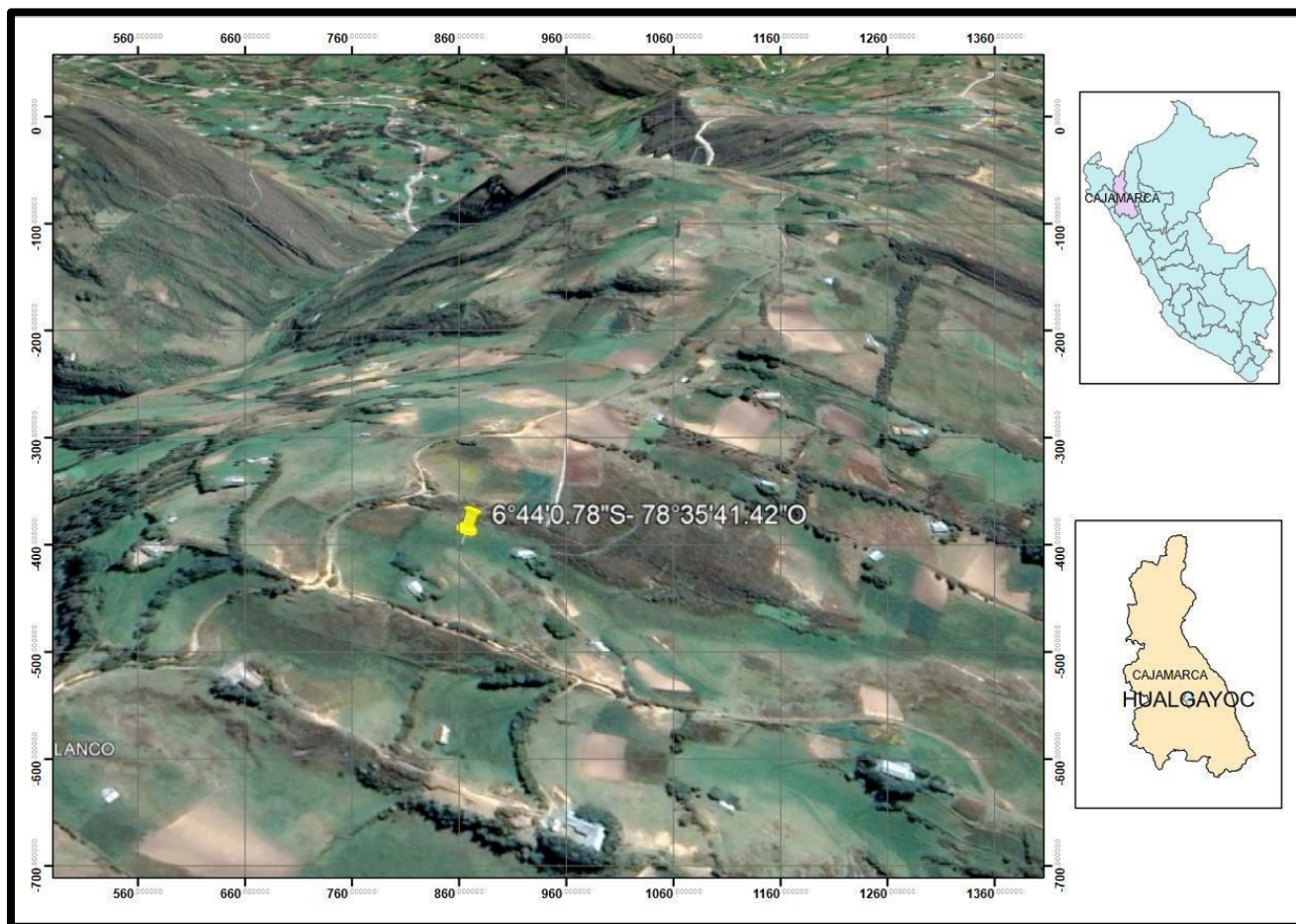


Figura 5. Esquema de procedimiento de ejecución de la investigación

En la Figura 5, se muestran el esquema del procedimiento para el desarrollo de la investigación la cual contempla cinco etapas.

### **Eta**pa 1: **Recolección de la muestra**

Ubicación de lugar de estudio: en la Figura 6 muestra la ubicación del lugar de muestreo, siendo este el caserío de La Tahona.



**Figura 6. Ubicación del punto de muestreo**

**Fuente: Elaboración Propia**

- Protocolo de muestreo del suelo: Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM.
- Materiales y equipos utilizados
  - Pico
  - Pala
  - Bolsas Ziploc
  - Guantes

- Ficha de muestreo
- Cadena de custodia

### **Muestreo de Identificación**

Para llevar a cabo el estudio del suelo contaminado por metales pesados se realizó un muestreo de identificación, con la finalidad de poder observar si el suelo estaba superando los estándares de calidad de suelo agrícola, lo que si ocurrió debido a que la muestra tomada de manera representativa y por último fue llevado a un laboratorio para el análisis respectivo los cuales nos arrojaron como resultado concentraciones elevadas.

### **Plan de descontaminación del suelo**

De acuerdo con lo identificado en el suelo, se toma la decisión de llevar a cabo un plan de descontaminación como un instrumento de gestión con la finalidad de tener los cuidados respectivos considerando la evaluación de riesgos a la salud y ambiente, ya que los elementos a remediar fueron el cadmio y el plomo elementos altamente tóxicos.

### **Georreferenciación**

Seguidamente se tomaron los puntos de la zona de estudio en coordenadas UTM WG84, zona 17m correspondiente a Cajamarca (Tabla 3).

**Tabla 3:** Coordenadas UTM

Muestra	Coordenadas UTM – WG84	
Área: 60 mts <sup>2</sup>	X:6°44'53.7792"	Y:78°35'41.41536"

### **Muestreo de detalle del suelo**

Fue cuantificado, y tomado un área de 60 m<sup>2</sup> de donde se realizaría las tomas de muestras de acuerdo con la guía de toma de muestra del D.S. 011 – 2017 MINAN, utilizando el método sistemático y el de rejilla simple para obtener la muestra representativo para la descontaminación del suelo, habiéndose realizado los cuarteos respectivos del suelo.

Materiales y equipos utilizados

**Materiales:**

- 01 Barreno
- 01 lampa
- 01 pico
- 50 bolsas de polietileno
- 50 stiker, 02 lapiceros tinta indeleble, pabilo, cinta de embalaje
- sacos

**Equipos:**

- 01 GPS
- 01 balanza digital
- 01 electrodo de pH
- 02 litros de agua destilada
- 03 frascos de vidrio de medio litro
- 01 EPP

**Etapa 2: Cantidades de *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* por cada macetapara remediar el suelo**

Una parte importante en el tratamiento para llevar su control fue colocar una determinada cantidad de plantas en cada maceta:

**Número de plantas de ortiga**

Por cada repetición se sembraron seis plantas de Ortiga (*Urtica Urens L.*) la primera maceta contenía una unidad de esta especie, la segunda de dos y la tercera de tres unidades.

**Número de plantas de geranio**

Para el geranio (*Pelargonium Hortorum*) se usaron la misma cantidad usada



para la ortiga (*Urtica Urens L.*) y así poder observar cuál de las dos especies sería la mejor en el proceso de adaptación y remediación en el suelo contaminado con cadmio y plomo.

### **Repeticiones de macetas**

Las macetas tuvieron 9 repeticiones de cada cantidad de especies siendo una cantidad de 27 macetas divididas en tres grupos de 9 y grupos de 3 repeticiones para ser evaluadas, dando así paso al inicio del tratamiento (figura 7).



**Figura 7. Paso 1: Inicio del tratamiento**

### **Peso de suelo por maceta**

La maceta fue nuestra unidad de análisis las que contaron con un peso de 3 kg de suelo contaminado tal como se muestra en la figura 8, y las plantas tenían una altura de 10 cm que era lo suficiente para que esta no presente problemas al momento del crecimiento de su raíz.



**Figura 8. Paso 2: Peso del suelo por maceta**

## Tiempo de Riego

Para saber los tiempos de riego se realizó la prueba de capacidad de campo para no ocasionar problemas de estrés de la planta, tampoco en el escurrimiento del contaminante por un excedente riego.

### **Etapa 3: Variaciones morfológicas del *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.***

#### **en la fitorremediación del suelo**

Los cambios morfológicos de las plantas fueron evaluados desde el inicio hasta el final de todo el proceso para poder observar su comportamiento de ellas, siendo los siguientes:

#### **Germinación de Esquejes de Geranio (*Pelargonium Hortorum*)**

##### **Obtención de Esquejes**

Se utilizó el método de poda de plantas madre tal como se muestra en la figura 9, para poder tener una reproducción muy aceptable. En la figura 10 se muestra el retiro de hojas con el fin de estimular su crecimiento, luego preparamos el compost y la turba de fibras de coco (figura 11), importantes porque estas nos sirvieron para que puedan llegar a tener un buen enraizamiento en un tiempo de 15 días bajo condiciones de invernadero (Figura 12), para posteriormente acondicionarlas en suelo y poder sembrarlas en el suelo contaminado.



**Figura 9. Paso 1: Poda de la de planta madre**



**Figura 10. paso 2: retiro hojas**



Figura 11. Paso 3: Sombreado en turba



Figura 12. Paso 4: Colocado de especies en invernadero

Tabla 4. Evaluación de la morfología inicial de los esquejes

Esquejes	Tiempo de germinación(días)	Altura de tallo(cm)	Numer ode hojas	pH acido/bas e	Tamaño de raíz(cm)
EG-01	20	10	2	6.5	0.3
EG-02	20	10	2	6.5	0.3
EG-03	20	10	2	6.5	0.3
EG-04	20	10	2	6.5	0.3
EG-05	20	10	2	6.5	0.3
EG-06	20	10	2	6.5	0.3
EG-08	20	10	2	6.5	0.3
EG-09	20	10	2	6.5	0.3

EG-01: Esqueje de geranio número

### Geminación de la Ortiga (*Urtica Urens L.*)

Se obtuvieron las semillas en un vivero, las que fueron colocados en un contenedor semillero (figura 13), colocando 2 semillas por cada cavidad, colocando un total 100 semillas, se les colocó en un sistema de invernadero oscuro, para verlos crecer en 10 días donde se apreciaron sus primeros cotiledones (figura 14), pasándolos a suelo agrícola con el fin de acondicionarlas para que se puedan trasplantar en cada maceta de estudio que se realizaron (figura 15).



**Figura 13. Paso 1: Germinación**



**Figura 14. Paso 2: Primeros brotes**



**Figura 15. Paso 3: Trasplante a suelo agrícola**

**Tabla 5.** Evaluación de la morfología inicial de las plantas de ortiga

Ortiga	Germinación días	Tamaño de tallo(cm)	Numero de hojas cantidad	pH acido/base	Tamaño deraíz (cm)
OG-01	15	1	2	6	2.5
OG-02	15	1	2	6	2.5
OG-03	15	1	2	6	2.5
OG-04	15	1	2	6	2.5
OG-05	15	1	2	6	2.5
OG-06	15	1	2	6	2.5
OG-08	15	1	2	6	2.5
OG-09	15	1	2	6	2.5

### Edad de la planta de Geranio, y Ortiga

También se tomaron los datos de la edad de las plantas para poder observar sus cambios al ponerla en el suelo altamente contaminado y luego cual fue

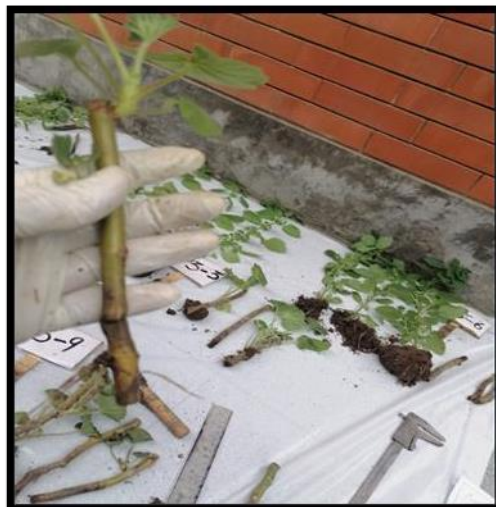
su comportamiento conforme se mejoraba el suelo contaminado con cadmio y plomo (Figura 16).



**Figura 16. Apunte de datos**

### **Tamaño del tallo antes del proceso y después de las etapas**

Se tomaron las medidas del crecimiento y grosor del tallo para poder verificar como afectaba inicialmente y como se mejoraba con el tiempo mejorando las propiedades del suelo (Figura 15).



**Figura 17. Tamaño del tallo del geranio**

### **Tamaño de la raíz antes y después de cada etapa**

En la figura 18 y 19 se muestra las raíces que fueron importantes porque en ella podíamos realizar sus análisis como esta tomaba al contaminante y lo convertía en una sustancia menos tóxica mejorando la calidad del suelo.



**Figura 18. raíz del geranio9**



**Figura 19. raíz de ortiga**

### Numero de hojas, Humedad, Potencial de hidrogeno

La cantidad de hojas que tenían en cada tiempo del tratamiento, su humedad de la planta, como su potencial de hidrogeno como evolucionaba a través del tiempo del tratamiento (figura 20).



**Figura 20. Número de hojas de geranio**

**Etapa 4: Características física y química del suelo contaminado por plomo y cadmio antes y después del tratamiento con las plantas.**

**Tabla 6.** Parámetros Fisicoquímicos

Parámetro	Unidad	Técnica
Temperatura	°C	Método potenciométrico Calibración: BufferHANNA pH 4, 7, y 10
Potencial de hidrogeno	Acido/base	
Conductividad eléctrica	mS/cm	
Potencial redox	mV	
Humedad	%	Norma ASTM D 2216
Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	Método del cilindro
Carbono orgánico	%	Método de Walkley - Black
Materia orgánica	%	Método de Walkley - Black
Capacidad de intercambio catiónico	meq/100g	Método acetato de amonio
Nitrógeno	%	Método Kjeldahl
C/N	razón	adimensional
Textura	%	Método de Bouyoucos
Concentración Pb y Cd	mg/kg	EPA 50

**Etapa 5: Extracción óptima de plomo y cadmio del suelo contaminado utilizando**

***Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* en todo el proceso.**

Para la etapa de extracción óptima de plomo y cadmio se tomó muestra de ambas especies como muestra la figura 21, se observó lo siguiente: Reducción del plomo y cadmio en el suelo, la que se evaluaron utilizando el método EPA 3050.

Densidad óptima de plantas en la reducción del contaminante, aquí observamos como es que las plantas redujeron en un tiempo determinado al contaminante.

Numero de repeticiones (9 de cada densidad de plantas), en cada repetición

al ser analizadas nos dieron la respuesta cual fue el mejor en todo el tratamiento.

Tiempo de evaluación 15 días, 30 días, 45 días. Estos tiempos fueron tomados para poder observar su mejora del suelo en todos sus parámetros y que tengan una mejor calidad comparándolas con los estándares de calidad del suelo del D.S. 011 – 2017 MINAN. Evaluación cada 15 días en tres grupos de 9 total 27 macetas.



**Figura 21. Muestra de plantas para el método EPA**

### **Etapa 6: Resultados**

En la figura 22 se muestra el esquema para la elaboración de los resultados.



**Figura 22. Proceso de elaboración de resultados**

### **3.7. Método de análisis de datos**

La presente investigación utilizó dentro de los análisis de los datos las pruebas estadísticas descriptiva e inferencial, por lo que se utilizó la hoja de cálculo Excel y el software estadístico SPSS 25; mediante estos se generaron



tablas y gráficos a través de los cuales se evidenciará la capacidad de absorción de las plantas fitorremediadoras mediante el tiempo de tratamiento de 15,30,45 días.

### **3.8. Aspectos Éticos.**

El desarrollo de investigación ha sido realizado con honestidad y se fundamenta en el código de ética de la resolución del consejo universitario No. 0126 – 201. De la misma forma utiliza la resolución del concejo universitario No. 0200 – 2018 de la Universidad Cesar Vallejo, este proyecto tuvo como guía la línea de investigación, seguido por reglamento No. 0089 – 2019. Además, se hará uso del software turnitin con el fin de evidenciar un porcentaje de similitud inferior al 25 %.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Cantidades de *Pelargonium hortorum* y *Urtica urens* L. utilizadas en la fitorremediación del suelo contaminado

A continuación, se aprecia en la tabla 7 las cantidades de *Pelargonium Hortorum* y *Urtica urens* L. utilizadas en todos los periodos de fitorremediación del suelo contaminado con plomo y cadmio.

**Tabla 7.** Cantidades de *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens* L.

Muestra	Especie	cantidad
P-1	<i>Pelargonium Hortorum</i>	1
	<i>Urtica Urens</i> L.	1
P-2	<i>Pelargonium Hortorum</i>	2
	<i>Urtica Urens</i> L.	2
P-3	<i>Pelargonium Hortorum</i>	3
	<i>Urtica Urens</i> L.	3
P-4	<i>Pelargonium Hortorum</i>	1
	<i>Urtica Urens</i> L.	1
P-5	<i>Pelargonium Hortorum</i>	2
	<i>Urtica Urens</i> L.	2
P-6	<i>Pelargonium Hortorum</i>	3
	<i>Urtica Urens</i> L.	3
P-7	<i>Pelargonium Hortorum</i>	1
	<i>Urtica Urens</i> L.	1
P-8	<i>Pelargonium Hortorum</i>	2
	<i>Urtica Urens</i> L.	2
P-9	<i>Pelargonium Hortorum</i>	3
	<i>Urtica Urens</i> L.	3

En la tabla 7, se visualizan las cantidades utilizadas de ambas especies (*Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens* L.) para los periodos de 15, 30 y 45 días. Además, se puede apreciar que las muestras P-1, P-4 y P-7 poseen solo una unidad por especie. Por otro lado, las muestras de P-2, P-5 y P-8 tienen 2 cantidades por especie. Por último, las muestras de P-3, P-6 y P-9 repiten la cantidad 3 veces.

### 4.2. Evaluación de las variaciones morfológicas del Geranio y Ortiga en la fitorremediación del suelo

Se obtuvo los siguientes resultados con respecto a las evaluaciones morfológicas de *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens* L. a lo largo de todos

los periodos, 15 días, 30 días y los últimos 45 días.

**Tabla 8.** Variaciones morfológicas primer periodo (cantidad 1-1)

Muestra	N. Plantas		T. Raíz (cm)		T. Tallo (cm)		Espesor de tallo (mm)		# Hojas	
	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga
P1-1	1	1	0,2	1,8	14,2	8	0,8	0,1	2	12
P1-4	1	1	0,2	2,5	14,2	7,5	0,9	0,1	3	13
P1-7	1	1	0,3	2,7	14,5	7,9	0,8	0,2	3	14

**Tabla 9.** Variaciones morfológicas segundo periodo (cantidad 1-1)

Muestra	N. Plantas		T. Raíz (cm)		T. Tallo (cm)		Espesor de tallo (mm)		# Hojas	
	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga
P2-1	1	1	0,3	3	14,6	11,8	0,8	0,1	6	12
P2-4	1	1	0,2	4,5	15,1	11,6	0,9	0,3	8	15
P2-7	1	1	0,4	4	15,6	11,4	1	0,2	4	16

**Tabla 10.** Variaciones morfológicas tercer periodo (cantidad 1-1)

Muestra	N. Plantas		T. Raíz (cm)		T. Tallo (cm)		Espesor de tallo (mm)		# Hojas	
	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga
P3-1	1	1	1,5	13,4	15,2	24,5	0,9	0,4	10	22
P3-4	1	1	1,7	13,8	14,7	24,3	1,1	0,4	9	23
P3-7	1	1	2,1	13,6	15,7	24,7	1,2	0,5	12	24

En las tablas 8, 9 y 10, se pudo observar el crecimiento de tallo, raíz y hojas de las especies de *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* en los tres periodos establecidos y en mismas cantidades (1 Ortiga y 1 Geranio), demostrando un desarrollo con cambios en su morfología en cada una de las

etapas. De acuerdo con el tiempo transcurrido en los periodos, el crecimiento de las especies fue en aumento, siendo la ortiga la especie que logró un mayor crecimiento de tallo, raíz y hojas, por ende, fue la especie que logró una mayor absorción de plomo y cadmio.

**Tabla 11.** Variaciones morfológicas primer periodo (cantidad 2-2)

Muestra	N. Plantas		T. Raíz (cm)		T. Tallo (cm)		Espesor de tallo (mm)		# Hojas	
	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga
P1-2	2	2	4.0	3,5	17,4	26	0,8	0,2	9	10
			5	4,3	16,8	26,4	0,7	0,1	7	15
P1-5	2	2	4.2	3,5	17,8	26,8	0,8	0,1	8	13
			4.8	4,4	17,7	26,9	0,7	0,2	10	12
P1-8	2	2	4.3	3,6	17,4	27,0	0,7	0,2	11	12
			4.1	4,5	17,5	27,3	0,8	0,2	12	14

**Tabla 12.** Variaciones morfológicas segundo periodo (cantidad 2-2)

Muestra	N. Plantas		T. Raíz (cm)		T. Tallo (cm)		Espesor de tallo (mm)		# Hojas	
	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga
P2-2	2	2	4.8	5.5	18,4	28.5	0,9	0,6	13	26
			4.6	5,6	18,5	28.4	0,93	0,65	12	27
P2-5	2	2	4.9	5,4	18,2	28,3	0,91	0,68	11	28
			5.0	5,5	18,7	28,7	0,94	0,64	13	30
P2-8	2	2	5.1	5,7	18,1	28,1	0,96	0,69	14	29
			5.2	5,8	18,6	28,6	0,97	0,66	15	31

**Tabla 13.** Variaciones morfológicas tercer periodo (cantidad 2-2)

Muestra	N. Plantas		T. Raíz (cm)		T. Tallo (cm)		Espesor de tallo (mm)		# Hojas	
	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga
P3-2	2	2	5.4	13,9	17,9	30,2	1,1	0,69	14	27
			5.6	13,8	17,8	30,7	1,2	0,71	12	28
P3-5	2	2	5.8	13,9	17,7	31	1,3	0,72	13	30
			6	14,0	17,6	30,9	1,4	0,73	16	31
P3-8	2	2	6.1	14,1	17,4	31,2	1,5	0,70	17	29
			6.3	14,2	17,3	31,1	1,6	0,74	14	32

En las tablas 11,12 y 13, se visualizaron la morfología de las especies de *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* en los tres periodos y en iguales cantidades de plantas por muestra (2 ortiga y 2 geranio), donde mostraron un mayor crecimiento a diferencia de las primeros periodos en cantidades (1-1), teniendo una variación en el crecimiento de tallos, raíces y hojas, esto debido a que, por el tiempo transcurrido las propiedades fisicoquímicas del suelo mejoraron y hubo un aumento de materia orgánica lo que facilitó el crecimiento y desarrollo de las plantas. Además, la especie de *Urtica urens L.* fue la especie que mostró un mayor desarrollo en raíz, tallo y hojas.

**Tabla 14.** Variaciones morfológicas primer periodo (cantidad 3-3)

Muestra	N. Plantas		T. Raíz (cm)		T. Tallo (cm)		Espesor de tallo (mm)		# Hojas	
	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga
P1-3	3	3	4,8	4,7	17,8	26,3	0,9	0,4	9	16
			4,9	4,8	17,9	26,1	1	0,5	10	17
			5	4,9	18	26,5	1,2	0,6	13	18
P1-6	3	3	5,1	5	18,1	26,7	1,1	0,7	14	15
			5,3	5,1	18,3	26,8	1,4	0,5	12	16
			5,4	5,3	18,2	26,9	1,6	0,8	15	17
P1-9	3	3	5,5	5,2	18,4	27	1,3	0,9	17	18
			5,6	5,4	18,5	27,1	1,5	1	16	14
			5,2	5,5	18,6	27,3	1,05	1,1	18	15

**Tabla 15.** Variaciones morfológicas segundo periodo (cantidad 3-3)

Muestra	N. Plantas		T. Raíz (cm)		T. Tallo (cm)		Espesor de tallo (mm)		# Hojas	
	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga
P2-3	3	3	6,3	6	18,8	29,5	1	0,8	16	28
			6,6	6,4	18,9	29,1	1,1	0,7	18	30
			6,1	6,2	18,6	29,3	1,3	0,8	17	29
P2-6	3	3	6,4	6,5	19	29,5	1,3	0,7	19	27
			6,7	6,4	19,1	29,6	1,1	0,9	16	31
			6,8	6,7	19,4	29,7	1,4	0,8	19	30
P2-9	3	3	6,9	6	19,5	29,6	1,3	0,9	18	29
			7	6,3	19,3	29,7	1,5	0,7	18	28
			7,1	6,4	19,4	29,9	1,4	0,9	19	31

**Tabla 16.** Variaciones morfológicas tercer periodo (cantidad 3-3)

Muestra	N. Plantas		T. Raíz (cm)		T. Tallo (cm)		Espesor de tallo (mm)		# Hojas	
	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga
P3-3	3	3	6,8	14,7	19	33,2	1,9	0,92	23	36
			6,5	14,4	18,9	33,4	1,8	0,93	24	33
			7	14,5	19,1	33,9	1,7	0,89	21	34
P3-6	3	3	7,2	14,2	18,7	33,6	1,9	0,88	22	35
			7,3	14,3	19,2	33,9	1,8	0,91	25	36
			7,1	14,5	19,4	34,0	1,7	0,90	26	37
P3-9	3	3	7,2	14,8	19,5	34,1	1,8	0,91	27	38
			6,9	14,7	19,6	34,2	1,7	0,94	29	39
			7,3	14,9	19,6	34,3	1,8	0,95	30	38

En las tablas 14,15 y 16, se pudo visualizar el desarrollo del tallo, raíz y hojas de las especies de *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* en los tres periodos y en mismas cantidades (3 ortiga y 3 geranio), donde mostraron un mayor crecimiento en su morfología a comparación de las muestras donde se utilizaron menores cantidades de especies, esto debido a que las concentraciones de plomo y cadmio redujeron debido a la absorción que estas lograron mejorando así las propiedades del suelo y mejorando las condiciones para que una planta pueda desarrollarse sin ningún problema, acercando su pH a un pH neutro, aumentando la materia orgánica y la carga microbiana para su correcto

desarrollo. Además, la planta que mostró una mayor tolerancia y absorción al plomo y cadmio fue la ortiga que fue la especie que alcanzó un crecimiento notable a comparación del geranio.

#### 4.3 Caracterización del suelo agrícola contaminado con Plomo y Cadmio antes y después de ser tratados con Ortiga y Geranio

En las siguientes tablas, se obtuvieron los resultados correspondientes a las características físicas y químicas del suelo iniciales y luego de ser tratados con geranio (*Pelargonium Hortorum*) y ortiga (*Urtica Urens L.*) a lo largo de los periodos de 15, 30 y 45 días.

**Tabla 17.** Parámetros físicos y químicos iniciales del suelo contaminado con Pb y Cd.

Muestra	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno (acido/base)	Conductividad eléctrica μS/cm	Potencial redox mV
SAC-Pb-Cd	18.5	7.45	875	195.8

**Tabla 18.** Caracterización inicial del suelo contaminado con plomo y cadmio

Muestra	Humedad	CIC	COT	MO	N	C/N
SAC-Pb-Cd	5.22	18.38	0.91	1.57	0.08	0.58

**Tabla 19.** Concentración de Plomo y Cadmio en suelo agrícola contaminado inicial

Muestra	Peso de muestra (g)	Volumen de fiola (ml)	Método EPA	Pb, Cd mg/kgps
SAC-Pb	0.254	25	3050	118.56
SAC-Cd	0.252	25	3050	2.57

**Tabla 20.** Concentración de Plomo y Cadmio en geranio y ortiga inicial

Muestra	Peso de muestra (g)	Volumen de fiola (ml)	Método EPA	Pb, Cd mg/kgps
G – Pb - Cd	0.251	25	3050	0.012 – 0.0002
O – Pb - Cd	0.253	25	3050	0.005 – 0.0001

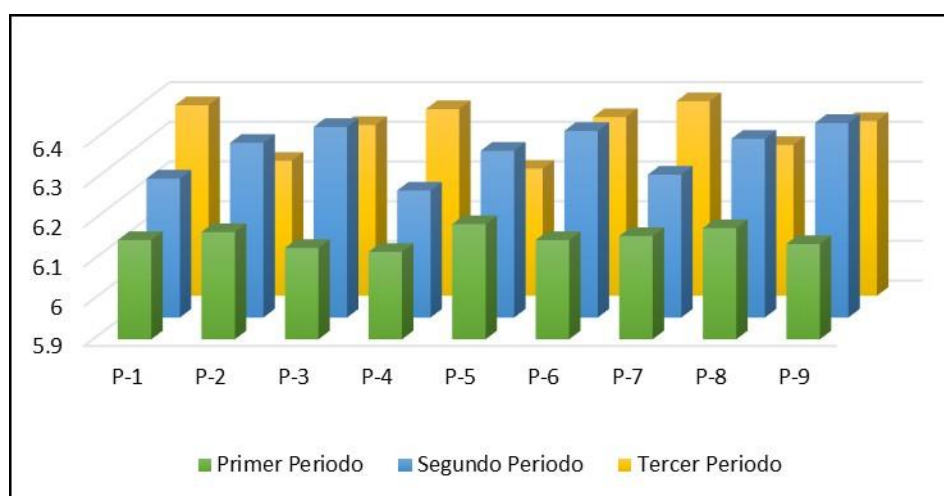
En las tablas 17,18,19 y 20, podemos observar la caracterización inicial del suelo agrícola contaminado con plomo y cadmio, donde se pudo apreciar valores elevados tanto de parámetros fisicoquímicos y concentraciones de Pb y Cd a comparación de un suelo agrícola normal.

**Tabla 21.** pH del suelo contaminado con Pb y Cd en los tres periodos

Muestra	Primer Periodo	Segundo Periodo	Tercer Periodo
P-1	6.15	6.25	6.38
P-2	6.17	6.34	6.24
P-3	6.13	6.38	6.33
P-4	6.12	6.22	6.37
P-5	6.19	6.32	6.22
P-6	6.15	6.37	6.35
P-7	6.16	6.26	6.39
P-8	6.18	6.35	6.28
P-9	6.14	6.39	6.34

En la tabla 21, se aprecian los resultados correspondientes al pH de las muestras de suelo contaminadas con Pb y Cd a lo largo de los 3 periodos.

En la figura 23, se visualiza la gráfica de barras pertenecientes a las variaciones de pH obtenidas al tratar el suelo contaminado con las especies de ortiga y geranio.



**Figura 23.** Gráfico del pH del primer, segundo y tercer periodo

De acuerdo con la figura 23, se puede observar que el comportamiento del potencial de hidrógeno (pH) fue mejorando, alcanzando un pH máximo de



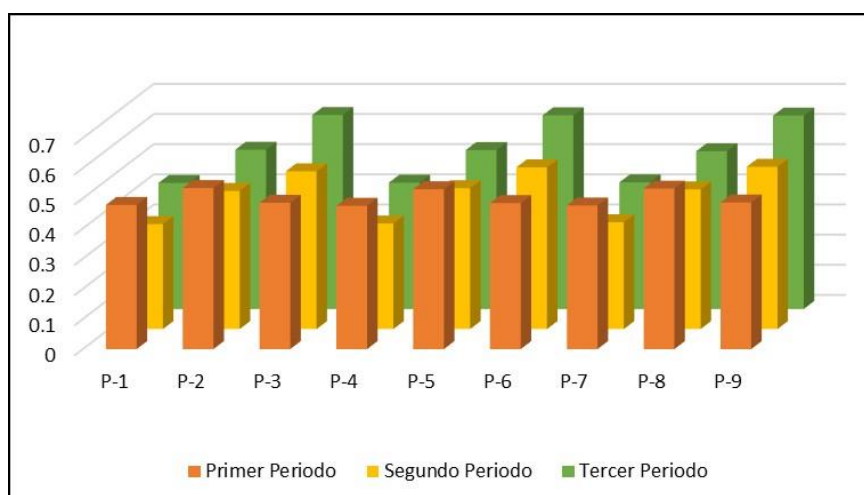
6.39 ligeramente ácido en las muestras P2-9 y P3-7, llegando a alcanzar valores cercanos al intervalo óptimo para un suelo agrícola (6,5-7). Además, donde se logra apreciar otro valor cercano a un pH adecuado es en las muestras de P2-3 y P3-1 donde presentó un pH estimado en 6.38 siendo también ligeramente ácido.

**Tabla 22.** Conductividad eléctrica del suelo contaminado con Pb y Cd en los tres periodos

Muestra	Primer Periodo	Segundo Periodo	Tercer Periodo
P-1	0.478	0.348	0.418
P-2	0.534	0.458	0.528
P-3	0.485	0.523	0.643
P-4	0.475	0.35	0.419
P-5	0.53	0.467	0.527
P-6	0.484	0.536	0.642
P-7	0.476	0.354	0.42
P-8	0.532	0.463	0.523
P-9	0.486	0.538	0.641

En la tabla 22, se aprecian los resultados correspondientes a la conductividad eléctrica de las muestras de suelo contaminadas con Pb y Cd a lo largo de los 3 periodos.

En la figura 24, se visualiza la gráfica de barras pertenecientes a las variaciones de la conductividad eléctrica obtenidas al tratar el suelo contaminado con las especies de ortiga y geranio.



**Figura 24.** Gráfico de la conductividad eléctrica del primer, segundo y tercer periodo

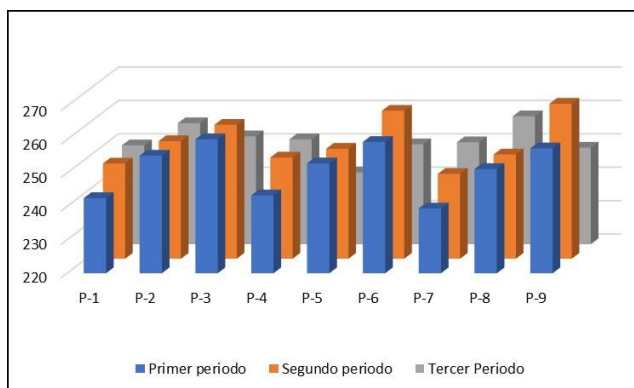
De acuerdo con la figura 24, podemos observar la conductividad eléctrica del suelo luego de ser tratados con *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.*, donde se puede apreciar que la conductividad eléctrica de las muestras P-3, P-6 y P-9 incrementan conforme van transcurriendo los periodos, esto está relacionado a la cantidad de sales que contiene el suelo. Por lo tanto, los suelos de las muestras mencionadas anteriormente contienen sales necesarias para el buen crecimiento y desarrollo de las especies.

**Tabla 23.** Potencial redox del suelo contaminado con Pb y Cd en los tres periodos.

Muestra	Primer periodo	Segundo periodo	Tercer Periodo
P-1	242.5	248.5	249.6
P-2	255.2	255.2	256.2
P-3	260.1	260.1	252.3
P-4	243.3	250.3	251.4
P-5	252.9	252.9	241.5
P-6	259.3	264.3	249.9
P-7	239.4	245.4	250.5
P-8	251.2	251.2	258.3
P-9	257.4	266.4	248.9

En la tabla 23, se aprecian los resultados correspondientes al potencial redox de las muestras de suelo contaminadas con Pb y Cd a lo largo de los 3 periodos.

En la figura 25, se visualiza la gráfica de barras pertenecientes a las variaciones del potencial redox obtenidas al tratar el suelo contaminado con las especies de ortiga y geranio.



**Figura 25.** Gráfico del potencial redox del primer, segundo y tercer periodo

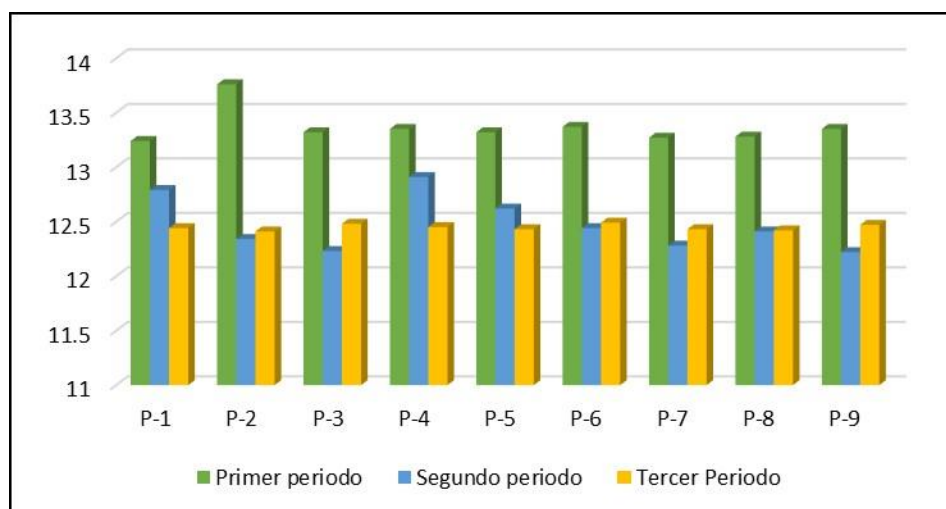
En la figura 25, se puede apreciar el potencial redox que tuvo el suelo agrícola contaminado, donde se encontró una reducción en las muestras de P-3, P-6 y P-9 teniendo valores de 252.3 mV, 249.9 mV y 248.9 mV, lo que indicaría una mayor presencia de presencia microbiana y un pH cerca al neutro.

**Tabla 24.** Humedad del suelo contaminado con Pb y Cd en los tres periodos

Muestra	Primer periodo	Segundo periodo	Tercer Periodo
P-1	13.24	12.79	12.44
P-2	13.76	12.34	12.41
P-3	13.32	12.23	12.48
P-4	13.35	12.91	12.45
P-5	13.32	12.62	12.43
P-6	13.37	12.44	12.49
P-7	13.27	12.28	12.43
P-8	13.28	12.41	12.42
P-9	13.35	12.22	12.47

En la tabla 24, se aprecian los resultados correspondientes a la humedad de las muestras de suelo contaminadas con Pb y Cd a lo largo de los 3 periodos.

En la figura 26, se visualiza la gráfica de barras pertenecientes a las variaciones de la humedad obtenidas al tratar el suelo contaminado con las especies de ortiga y geranio.



**Figura 26.** Gráfico de la humedad del primer, segundo y tercer periodo

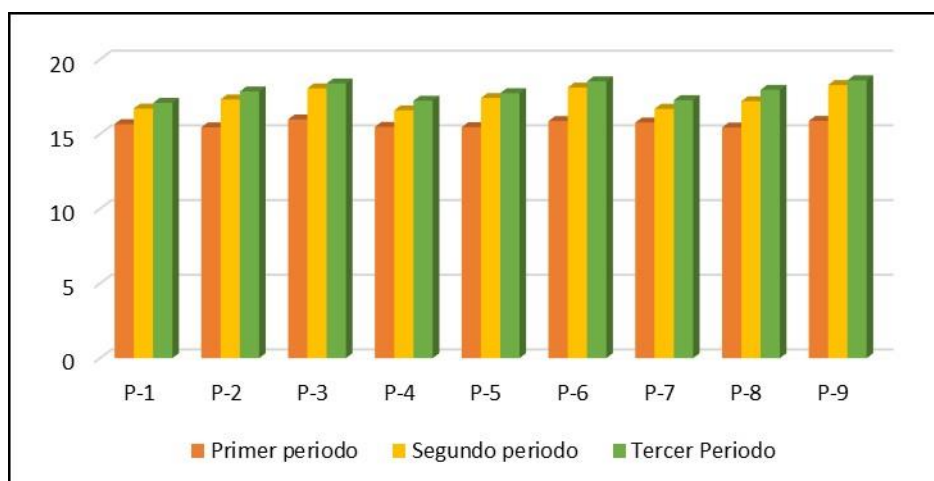
En la figura 26, se puede apreciar la humedad del suelo contaminado con plomo y cadmio en las muestras utilizadas a lo largo de todos los periodos establecidos. Entonces, se aprecia una reducción en la humedad del suelo por parte del segundo (una humedad mínima de 12.22) y tercer periodo (una humedad mínima de 12.41) a comparación del primer periodo. Por lo tanto, debido a la reducción de humedad, las plantas pertenecientes a los dos últimos periodos presentaron un rendimiento significativo a comparación del primer periodo debido a que no estuvieron sometidas a un estrés hídrico que afecta su rendimiento en el crecimiento.

**Tabla 25.** Capacidad de intercambio catiónico del suelo contaminado con Pb y Cd en los tres periodos

Muestra	Primer periodo	Segundo periodo	Tercer Periodo
P-1	15.67	16.71	17.09
P-2	15.45	17.32	17.85
P-3	15.98	18.06	18.39
P-4	15.48	16.59	17.23
P-5	15.46	17.41	17.74
P-6	15.87	18.11	18.53
P-7	15.77	16.69	17.27
P-8	15.44	17.2	17.96
P-9	15.88	18.28	18.6

En la tabla 25, se aprecian los resultados correspondientes al intercambio catiónico de las muestras de suelo contaminadas con Pb y Cd a lo largo de los 3 periodos. Dónde en el primer periodo presentó un valor máximo de 15.98 mq/100g, mientras que en el segundo y tercer periodo presento valores máximos de 18.28 mq/100g y 18.6 mq/100g respectivamente.

En la figura 27, se visualiza la gráfica de barras pertenecientes a las variaciones de la capacidad de intercambio catiónico obtenidas al tratar el suelo contaminado con las especies de ortiga y geranio.



**Figura 27. Gráfico de la capacidad de intercambio catiónico del primer, segundo y tercer periodo**

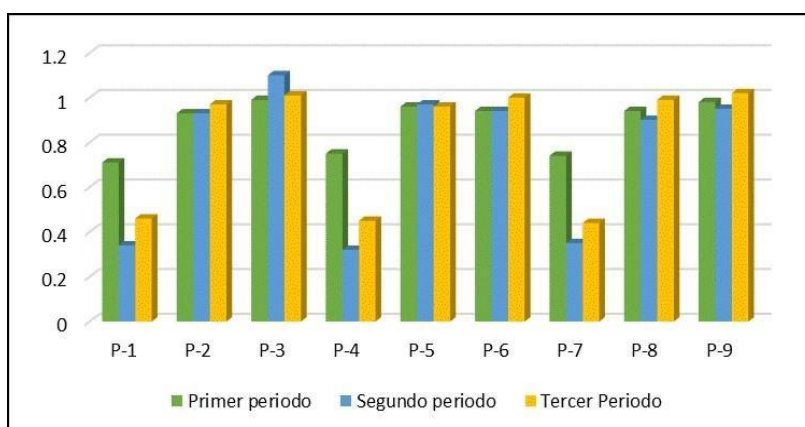
Con respecto a la figura 27, podemos observar que la capacidad de intercambio catiónico presenta una mejora significativa en el suelo agrícola contaminado al ser tratados con *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.*, siendo el tercer periodo donde esta presentó su nivel más alto, teniendo un valor máximo de 18.6 mg/100g, esto debido a que las concentraciones de plomo y cadmio en dicho periodo fueron menores que en los anteriores, por ende tuvo una mayor presencia de materia orgánica y un pH cercano a 6.5 lo que facilitó el crecimiento de las especies debido a que aumentó el potencial del suelo para retener e intercambiar nutrientes.

**Tabla 26. Carbono orgánico total del suelo contaminado con Pb y Cd en los tres periodos**

Muestra	Primer periodo	Segundo periodo	Tercer Periodo
P-1	0.71	0.34	0.46
P-2	0.93	0.93	0.97
P-3	0.99	1.1	1.01
P-4	0.75	0.32	0.45
P-5	0.96	0.97	0.96
P-6	0.94	0.94	1
P-7	0.74	0.35	0.44
P-8	0.94	0.9	0.99
P-9	0.98	0.95	1.02

En la tabla 26, se aprecian los resultados correspondientes al carbono orgánico total de las muestras de suelo contaminadas con Pb y Cd a lo largo de los 3 periodos.

En la figura 28, se visualiza la gráfica de barras pertenecientes a las variaciones del carbono orgánico total obtenidas al tratar el suelo contaminado con las especies de ortiga y geranio.



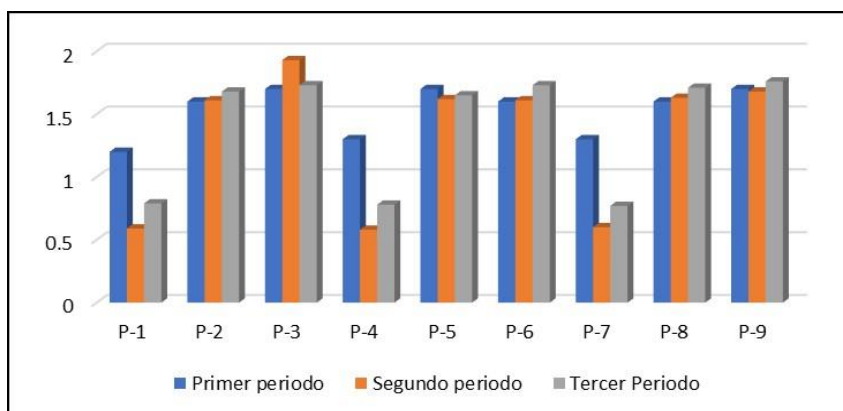
**Figura 28. Gráfico del carbono orgánico total del primer, segundo y tercer periodo**

Con respecto a la figura 28, podemos observar el comportamiento que tuvo el carbono orgánico total en los tres periodos de tratamiento, donde se puede apreciar que el incremento en las muestras donde se concentra una mayor cantidad de plantas por especie, lo que indicaría una mayor cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo. Además de modificar el pH dándole un valor cercano a la neutralidad.

**Tabla 27. Materia Orgánica del suelo contaminado con Pb y Cd en los tres periodos**

Muestra	Primer periodo	Segundo periodo	Tercer Periodo
P-1	1.2	0.59	0.79
P-2	1.6	1.61	1.68
P-3	1.7	1.93	1.73
P-4	1.3	0.58	0.78
P-5	1.7	1.62	1.65
P-6	1.6	1.61	1.73
P-7	1.3	0.6	0.77
P-8	1.6	1.63	1.71
P-9	1.7	1.68	1.76

En la tabla 27, se aprecian los resultados correspondientes a la materia orgánica de las muestras de suelo contaminadas con Pb y Cd a lo largo de los 3 periodos. En la figura 29, se visualiza la gráfica de barras pertenecientes a las variaciones de materia orgánica obtenidas al tratar el suelo contaminado con las especies de ortiga y geranio.



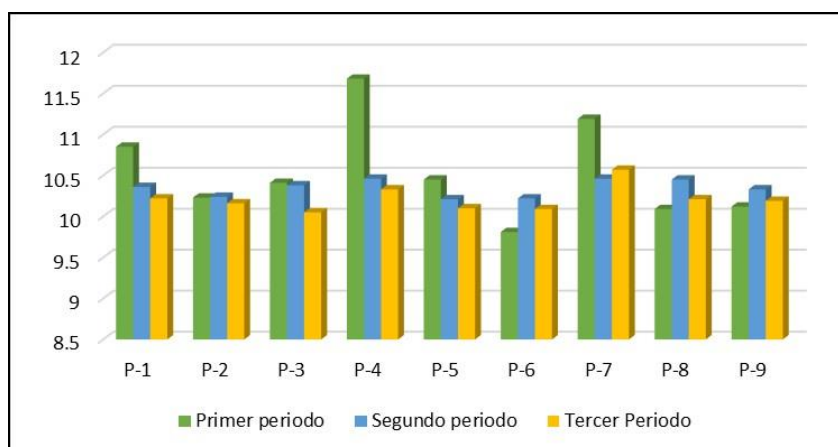
**Figura 29. Gráfico de la materia orgánica total del primer, segundo y tercer periodo**

Con respecto a la figura 29, podemos observar el comportamiento de la materia orgánica presente en el suelo, donde apreciamos que hubo un incremento en la concentración de materia orgánica en las muestras donde se encontraban el mayor número de especies (P-3, P-6 y P-9). Además, esto se relaciona a la concentración de metales que están presentes en el suelo, así que se puede decir, que hubo un aumento de materia orgánica en estas muestras debido a que las concentraciones de plomo y cadmio fueron menores.

**Tabla 28. Relación C/N del suelo contaminado con Pb y Cd en los tres periodos**

Muestra	Primer periodo	Segundo periodo	Tercer Periodo
P-1	10.85	10.36	10.22
P-2	10.23	10.24	10.16
P-3	10.41	10.38	10.05
P-4	11.68	10.46	10.33
P-5	10.45	10.21	10.1
P-6	9.81	10.22	10.09
P-7	11.19	10.46	10.57
P-8	10.09	10.45	10.21
P-9	10.12	10.33	10.19

En la tabla 28, se aprecian los resultados correspondientes a la relación C/N de las muestras de suelo contaminadas con Pb y Cd a lo largo de los 3 periodos. En la figura 30, se visualiza la gráfica de barras pertenecientes a las variaciones de la relación C/N obtenidas al tratar el suelo contaminado con las especies de ortiga y geranio.



**Figura 30. Gráfico de la relación C/N del primer, segundo y tercer periodo**

Con respecto a la figura 30, se puede observar que los valores de relación C/N presentan valores que corresponden a una mineralización rápida, debido a que la actividad microbiana se estimula conforme los contaminantes de Plomo y Cadmio disminuyen, por lo que hay nutrientes necesarios que pueden ser utilizados por los macroorganismos y las especies (*Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.*)

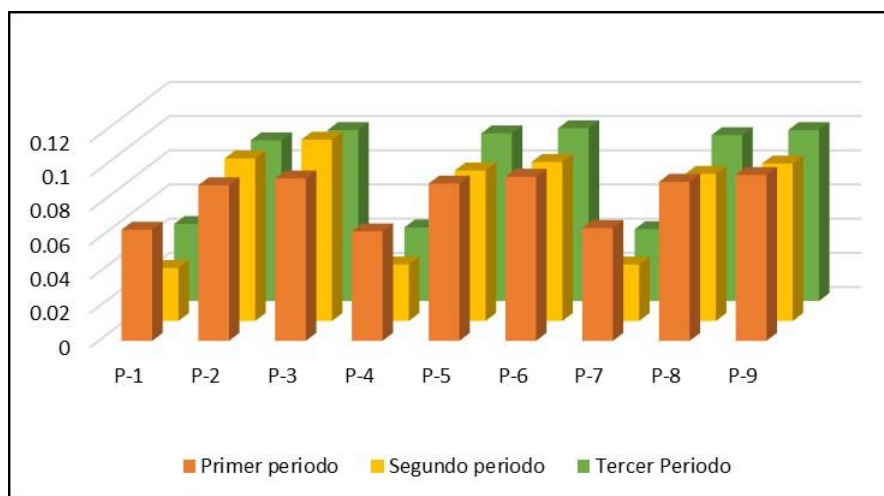
**Tabla 29. Nitrógeno del suelo contaminado con Pb y Cd en los tres periodos**

Muestra	Primer periodo	Segundo periodo	Tercer Periodo
P-1	0.065	0.031	0.045
P-2	0.091	0.095	0.094
P-3	0.095	0.106	0.1
P-4	0.064	0.033	0.043
P-5	0.092	0.088	0.098
P-6	0.096	0.093	0.101
P-7	0.066	0.033	0.042
P-8	0.093	0.086	0.097
P-9	0.097	0.092	0.1



En la tabla 29, se aprecian los resultados correspondientes Al nitrógeno de las muestras de suelo contaminadas con Pb y Cd a lo largo de los 3 periodos.

En la figura 31, se visualiza la gráfica de barras pertenecientes a las variaciones del nitrógeno obtenidas al tratar el suelo contaminado con las especies de ortiga y geranio.



**Figura 31. Gráfico del nitrógeno del primer, segundo y tercer periodo**

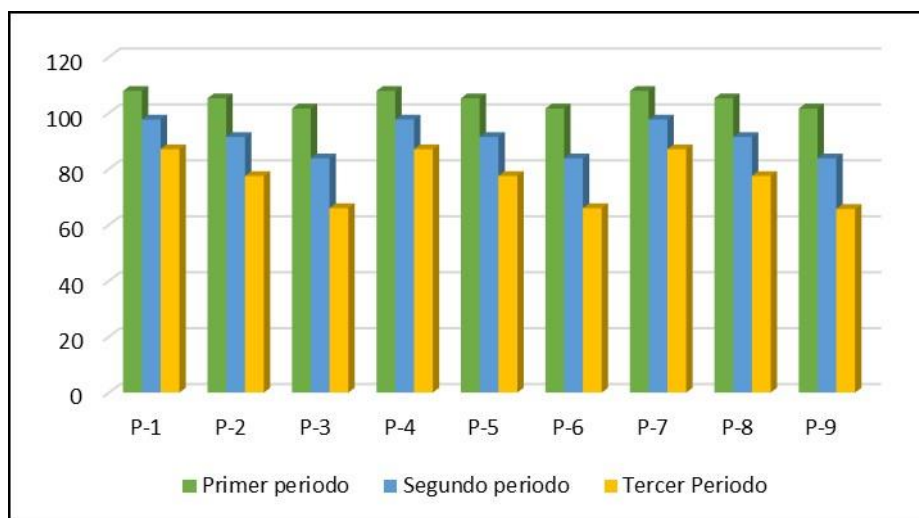
Con respecto a la figura 31, podemos observar que el nitrógeno presenta sus porcentajes más altos en las muestras de P-3, P-6 y P-9, esto debido a que el contenido de nitrógeno está relacionado con la materia orgánica y la carga microbiana que existe en estos periodos a comparación del primer y segundo periodo.

**Tabla 30. Concentración de Plomo en el suelo contaminado durante los tres periodos**

Muestra	Primer periodo	Segundo periodo	Tercer Periodo
P-1	107.8769	97.6568	87.0445
P-2	105.2403	91.3904	77.4649
P-3	101.5852	83.7731	65.953
P-4	107.8768	97.6567	87.0446
P-5	105.2406	91.3905	77.465
P-6	101.5854	83.7733	65.9529
P-7	107.8769	97.6566	87.0447
P-8	105.2405	91.3906	77.4651
P-9	101.5856	83.7732	65.6531

En la tabla 30, se aprecian los resultados correspondientes a la concentración de plomo en las muestras de suelo a lo largo de los 3 periodos.

En la figura 32, se visualiza la gráfica de barras pertenecientes a las variaciones de las concentraciones de plomo obtenidas al tratar el suelo contaminado con las especies de ortiga y geranio.



**Figura 32. Gráfico de la concentración de plomo en el suelo del primer, segundo y tercer periodo**

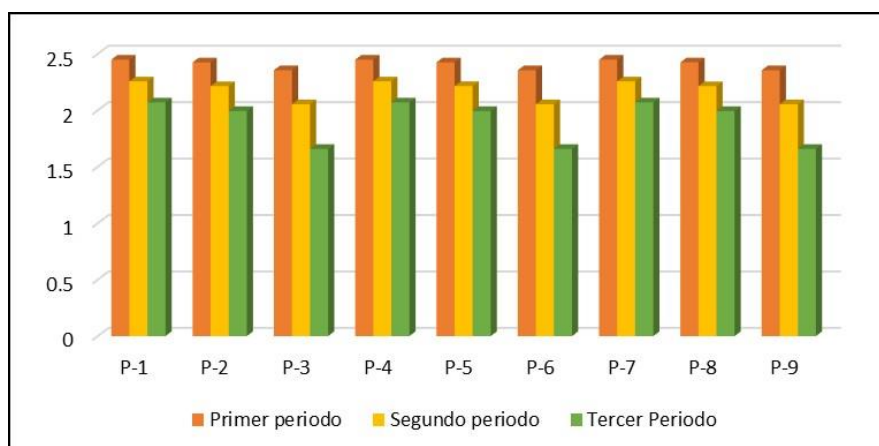
En la figura 32, se observó la reducción de plomo en el suelo agrícola contaminado al ser tratado con las especies de *Pelargonium hortorum* y *Urtica Urens L.*, teniendo una disminución considerable en el periodo de 45 días. Además, se logró reducir el contaminante a concentraciones permitas por los estándares de calidad ambiental establecidos por el D.S. 011-2017-MINAM, que establece un ECA máximo para suelo agrícola de 70, pero en las muestras de P-3, P-6 y P-9 se logró valores inferiores al máximo establecido por estas, teniendo valores de 65.953 mg/kgps, 65.9529 mg/kgps y 65.6531 mg/kgps respectivamente.

**Tabla 31.** Concentración de Cadmio en el suelo contaminado durante los tres periodos

Muestra	Primer periodo	Segundo periodo	Tercer Periodo
P-1	2.4489	2.2569	2.0701
P-2	2.425	2.2148	1.9945
P-3	2.356	2.0542	1.6582
P-4	2.4488	2.2568	2.0702
P-5	2.4251	2.2149	1.9945
P-6	2.3559	2.054	1.6583
P-7	2.4487	2.2567	2.0703
P-8	2.4253	2.2147	1.9946
P-9	2.3557	2.0541	1.6586

En la tabla 31, se aprecian los resultados correspondientes a las concentraciones de cadmio en el suelo contaminadas a lo largo de los 3 periodos.

En la figura 33, se visualiza la gráfica de barras pertenecientes a las variaciones de las concentraciones de cadmio obtenidas al tratar el suelo contaminado con las especies de ortiga y geranio.



**Figura 33.** Gráfico de la concentración de cadmio en el suelo del primer, segundo y tercer periodo

En la figura 33, podemos visualizar que la concentración de cadmio en el suelo agrícola contaminado disminuye conforme van pasando los periodos. Además, podemos observar que la cantidad de plantas y días influyen en la reducción de cadmio, como se muestra en P-3, P-6 y P-9 en el tercer periodo donde lograron concentraciones mínimas de 1.6582 mg/kgps, 1.6583 mg/kgps y 1.6586

mg/kgps respectivamente. Sin embargo, no se logró que estas concentraciones sean menores a las ECA's que establecen un valor de 1,4 mg/kgps de cadmio como nivel máximo para un suelo agrícola.

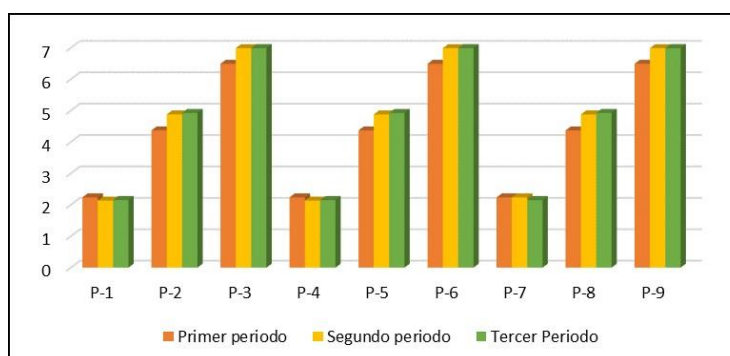
#### 4.4 Extracción óptima de plomo y cadmio del suelo contaminado utilizando *Pelargonium hortorum* y *urtica urens* L.

En las siguientes tablas, se obtuvieron los resultados correspondientes a las concentraciones de plomo y cadmio presentes en las especies de *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens* L. utilizados a lo largo de todo el proceso, siendo estos los periodos de 15 días, 30 días y 45 días.

**Tabla 32.** Concentración de plomo en geranio en los tres periodos

Muestra	Primer periodo	Segundo periodo	Tercer Periodo
P-1	2.2356	2.1356	2.1512
P-2	4.3682	4.8782	4.9268
P-3	6.4894	6.9878	6.99
P-4	2.2354	2.1358	2.1513
P-5	4.3681	4.8783	4.9269
P-6	6.4893	6.9875	6.9901
P-7	2.2355	2.2355	2.1514
P-8	4.3683	4.8785	4.9267
P-9	6.4895	6.9877	6.9902

En la tabla 32, se aprecian los resultados correspondientes a la extracción de plomo por medio del geranio (*Pelargonium hortorum*) durante los tres periodos. En la figura 34, se visualiza la gráfica de barras de la extracción de plomo por medio del geranio.



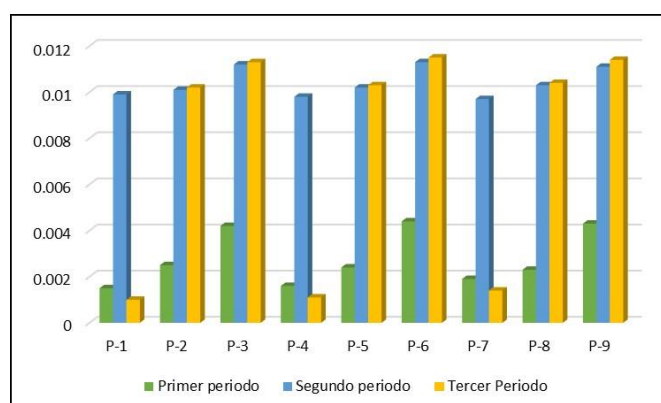
**Figura 34.** Extracción de plomo por medio del *Pelargonium hortorum* en los tres periodos.

En la figura 34, podemos observar la extracción de plomo que tuvo la especie de *Pelargonium hortorum* en los primeros 15, 30 y 45 días. En las muestras de P-1, P-4 y P7 de los tres periodos fueron las que presentaron una menor absorción del contaminante, siendo la absorción máxima 2.2356 mg/kgps, 2.2355 mg/kgps y 2.1514 mg/kgps para el primer, segundo y tercer periodo respectivamente. Por otro lado, donde se concentró una mayor absorción del contaminante por parte de la especie fue en las muestras de P-3, P-6 y P-9, teniendo valores de 6.9878 mg/kgps, 6.9875 mg/kgps y 6.9877 mg/kgps correspondientes al segundo periodo y valores de 6.99 mg/kgps, 6.9901 mg/kgps y 6.9902 mg/kgps para el tercer periodo.

**Tabla 33.** Concentración de cadmio en geranio en los tres periodos

Muestra	Primer periodo	Segundo periodo	Tercer Periodo
P-1	0.0015	0.0099	0.001
P-2	0.0025	0.0101	0.0102
P-3	0.0042	0.0112	0.0113
P-4	0.0016	0.0098	0.0011
P-5	0.0024	0.0102	0.0103
P-6	0.0044	0.0113	0.0115
P-7	0.0019	0.0097	0.0014
P-8	0.0023	0.0103	0.0104
P-9	0.0043	0.0111	0.0114

En la tabla 33, se aprecian los resultados correspondientes a la extracción de cadmio por medio del geranio (*Pelargonium hortorum*) durante los tres periodos. En la figura 35, se visualiza la gráfica de barras de la extracción de cadmio por medio del geranio.



**Figura 35.** Extracción de cadmio por medio del *Pelargonium hortorum* en los tres periodos.

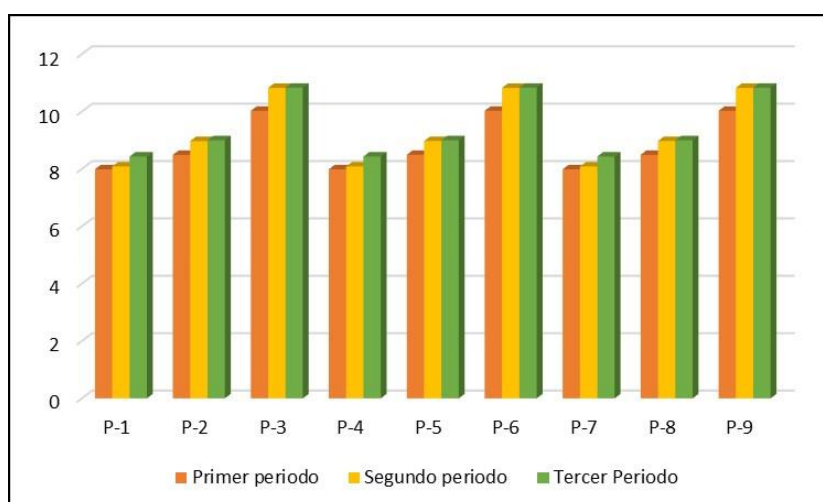
A comparación de la figura 34, en la figura 35 podemos observar que la extracción de cadmio por medio del *Pelargonium hortorum* fue mínima. Además, se puede visualizar que las muestras del segundo periodo tuvieron una absorción similar en todas sus muestras a comparación de la absorción del primer periodo y el tercero. Sin embargo, la mejor absorción se localizó en la muestra de P-6 teniendo un valor de 0.0115 mg/kgps ubicado en el tercer periodo.

**Tabla 34.** Concentración de plomo en ortiga en los tres periodos

Muestra	Primer periodo	Segundo periodo	Tercer Periodo
P-1	7.9875	8.0845	8.4311
P-2	8.4915	8.9717	8.9987
P-3	10.0254	10.8243	10.8301
P-4	7.9873	8.0843	8.4312
P-5	8.4918	8.9718	8.9986
P-6	10.0253	10.8245	10.8303
P-7	7.9874	8.0844	8.4314
P-8	8.4916	8.9719	8.9985
P-9	10.0255	10.8244	10.8303

En la tabla 34, se aprecian los resultados correspondientes a la extracción de cadmio por medio de la ortiga (*Urtica Urens L.*) durante los tres periodos.

En la figura 36, se visualiza la gráfica de barras de la extracción de cadmio por medio de la ortiga.



**Figura 36.** Extracción de plomo por medio de *Urtica Urens L.* en los tres periodos

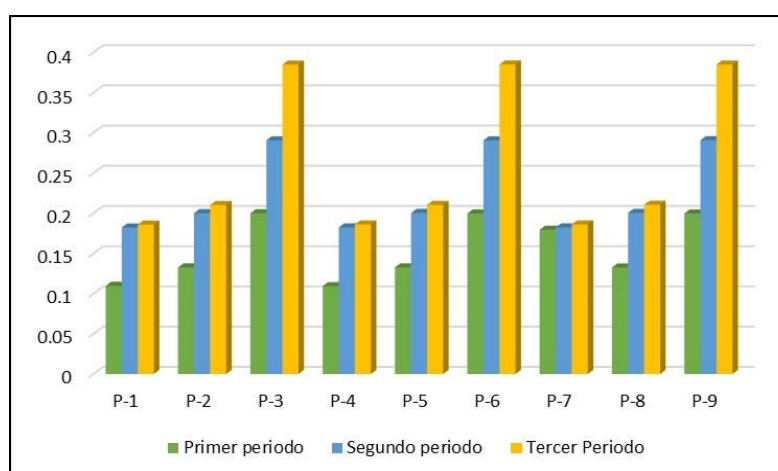
En la figura 36, podemos observar que, a diferencia del geranio, la ortiga (*Urtica urens L.*) presentó un mayor nivel de absorción de plomo, alcanzando valores significativos en los tres periodos. Por otro lado, la absorción del contaminante fue incrementando a medida los días iban transcurriendo, como se puede evidenciar en el gráfico de los periodos. Además, las muestras P-3, P-7 y P-9 fueron las que tuvieron un mayor rendimiento en la absorción del contaminante, siendo 10.8301 mg/kgps y 10.8303 mg/kgps la absorción máxima alcanzada por estos.

**Tabla 35. Concentración de cadmio en ortiga en los tres periodos**

Muestra	Primer periodo	Segundo periodo	Tercer Periodo
P-1	0.1096	0.1821	0.1858
P-2	0.1325	0.2001	0.2101
P-3	0.1998	0.2906	0.3847
P-4	0.1092	0.1822	0.1859
P-5	0.1326	0.2003	0.2102
P-6	0.1995	0.2905	0.3849
P-7	0.1794	0.1823	0.186
P-8	0.1324	0.2004	0.2104
P-9	0.1996	0.2907	0.3848

En la tabla 35, se aprecian los resultados correspondientes a la extracción de cadmio por medio de la ortiga (*Urtica Urens L.*) durante los tres periodos.

En la figura 37, se visualiza la gráfica de barras de la extracción de cadmio por medio de ortiga.



**Figura 37. Extracción de cadmio por medio de *Urtica Urens L.* en los tres periodos.**

Con respecto a la figura 37, se observa que la absorción de cadmio por parte de la ortiga fue incrementando conforme pasaron los periodos. Además, donde se presentó una mayor absorción del contaminante fue en las muestras de P-3, P-6 y P-9 del tercer periodo, teniendo valores de 0.3847 mg/kgps, 0.3849 mg/kgps, 0.3848 mg/kgps respectivamente.

#### 4.4 Prueba de Normalidad

La finalidad de la prueba de normalidad es corroborar si los datos se ajustan o no a la distribución normal, por eso los datos se sometieron a la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro Wilk (tabla 36).

**Tabla 36.** Prueba de normalidad para la caracterización del suelo contaminado con plomo y cadmio al ser tratados con *Pelargonium hortorum* y *Urtica urens L.*

	Prueba de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<b>pH_P123</b>	,162	27	,066	,898	27	,012
<b>CE_P123</b>	,167	27	0,52	,932	27	,076
<b>Eh_P123</b>	,097	27	,200	,982	27	,909

#### Prueba de hipótesis

H1: Las características físicas y químicas del suelo contaminado por metales pesados mejorarán después de ser tratados con *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.*

H0: Las características físicas y químicas del suelo contaminado por metales pesados no mejorarán después de ser tratados con *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.*

#### Regla de decisión

Donde  $\alpha$ : 0.05

Si,  $p - \text{valor} < \alpha$ , acepta H1



Si,  $p - \text{valor} > \alpha$ , rechaza  $H_0$

En la tabla 36 se visualizó que el valor de  $p$  es mayor a 0.05 para las pruebas, lo que nos indica que se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ). Por lo tanto, se concluye que en la caracterización del suelo luego de ser tratado con *Pelargonium hortorum* y *urtica urens L.* se tendría que usar pruebas paramétricas, lo cual se realizó la prueba de ANOVA.

**Tabla 37.** Análisis de varianza (ANOVA) para parámetros fisicoquímicos del tratamiento

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Si g.
<b>pH_P123</b>	Entre grupos	,009	8	,001	,092	,999
	Dentro de grupos	,223	18	,012		
	Total	,232	26			
<b>CE_P123</b>	Entre grupos	,089	8	,011	2,779	,034
	Dentro de grupos	,072	18	,004		
	Total	,160	26			
<b>Eh_P123</b>	Entre grupos	608,087	8	76,011	2,436	,056
	Dentro de grupos	561,740	18	31,208		
	Total	1169,827	26			

De acuerdo con el análisis de varianza del tratamiento del suelo contaminado con Pb y Cd, se acepta hipótesis alterna, porque dos de los parámetros presentan un  $p > 0.05$ , lo que nos dice que en cada uno de ellos su hubo una mejora en el suelo dando respuesta a la hipótesis planteada.

## V. DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación, las cantidades de *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* que serán utilizadas en un proceso para fitorremediar el suelo contaminado con plomo y cadmio en un total de 45 días, se determinó la cantidad de especies que serían agrupadas en todas las etapas, cabe resaltar que las especies utilizadas para este estudio fueron acondicionadas en un invernadero con el fin de prepararlas para el trasplante a suelo agrícola contaminado, comprendiendo un total de 27 macetas divididas en 3 grupos de 9 macetas con relación P1, P4 y P7 (una unidad por especie), P2-P-5 y P-8 (dos unidades por especie), y por último P-3,P-6 y P-9 (tres unidades por especie), con el fin de lograr una remoción de contaminante adecuado y eficiente.

Por lo tanto, lo mencionado anteriormente guarda relación con Manzoor et al., (2020) que agruparon dos plantas acumuladoras de Pb (entre ellas el *Pelargonium Hortorum*) para lograr una mayor capacidad de absorción por parte de ambas especies. También, Hassan et al., (2021) detalló el papel importante que tienen la agrupación de plantas ornamentales como *Pelargonium Hortorum* y *Olea europaea*, para la fitorremediación de metales pesados, lo que beneficia a suelos degradados que contengan dichos metales y ayuda en la mejora estética de una zona determinada.

Esta comparativa evidencia que al agrupar especies vegetales como el *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* se puede lograr una eficiencia considerable y tolerable a concentraciones de metales pesados presentes en el suelo agrícola.

En lo que respecta a las variaciones morfológicas del *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* en la fitorremediación del suelo a lo largo de todos los periodos establecidos en la presente investigación, se demostró que las especies presentaron un crecimiento variante. Además, conforme pasaron los días, dichas especies presentaron un mayor crecimiento de tallo, hojas y raíz. Por otro lado, se demostró que la especie de *Urtica Urens L.* fue la especie que presentó un mejor desarrollo, por ende, alcanzó un buen crecimiento y

enraizamiento (siendo su mejor desarrollo de raíz de 14.9 cm, un tallo de 34.3 cm y un total de 39 hojas) al estar expuestas al suelo agrícola contaminado con plomo y cadmio, con respecto al geranio, alcanzó un crecimiento máximo de 7.3 cm en la raíz, un tallo de 19,6 cm y un total de 30 hojas.

Asimismo, Obeso y Vejarano (2020) mencionan que realizaron cultivos de geranio, en condiciones óptimas, para luego ser utilizados como agentes fitorremediadores, donde presentaron un crecimiento aceptable al estar expuestos en suelos contaminados por As y Cd, considerándolos especies potenciales para remediación de suelos. Esto guarda relación a lo mencionado por Lam et al., (2017) que también realizaron cultivos de *Pelargonium hortorum* expuestos a suelos contaminados con metales pesados (Pb, Cd, Fe y Zn) donde posteriormente analizaron los indicadores de crecimiento de las plantas empleadas, su desarrollo vegetal y las concentraciones que estas tenían. Además, Liu et al. (2022) también evaluó la respuesta de crecimiento, características y nivel de tolerancia del *Pelargonium Hortorum* al ser expuestas a suelos contaminados por Cd.

Esta comparación demostró que el *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* presentan un nivel de tolerancia y crecimiento bueno por parte de ambas especies en suelos contaminados por metales pesados, por ende, las variaciones morfológicas que se presentarán a lo largo de todo el proceso serán representativas, aceptables y viables para un proceso de fitorremediación.

En lo que respecta a las características fisicoquímicas del suelo contaminado con metales pesados luego de ser tratados con *Pelargonium hortorum* y *Urtica Urens L.*, a lo largo de los periodos de 15,30 y 45 días propuestos en esta investigación, podemos observar la mejora de los parámetros establecidos, destacando la mejora en el pH, logrando un valor de 6.39 ligeramente ácido cercano al neutro a comparación del pH inicial que fue ligeramente alcalino. Por otro lado, también hubo una mejora en la concentración de materia orgánica (1.76%), en la capacidad de intercambio catiónico (18.60 mg/100g), en la reducción de la humedad (12.41 %), un aumento del nitrógeno (0.1%), una mejora en la relación C/N (10.57), una

mejoría en el potencial redox (266.4 mV) y un progreso en el COT (1.02%) a comparación de sus valores iniciales que fueron muy por debajo de los mencionados anteriormente. Además, también se evidenció una mejora en la reducción de Cd y Pb presentes en el suelo agrícola, alcanzando valores mínimos de concentración de Pb 65.6531 mg/kgps y 1.6582 mg/kgps para Cd a comparación de los valores iniciales antes de empezar con el proceso de fitorremediación que fueron de 118.56 mg/kgps y 2.57 mg/kgps para plomo y cadmio respectivamente.

Por ende, lo mencionado anteriormente está relacionado con lo dicho por Zawadzi et al., (2021) donde elaboraron sustratos con porcentajes diferentes de fibra de madera (10% y 20% respectivamente) donde presentaron un mayor crecimiento, coloración de hojas, incremento de flores y mayor contenido de materia orgánica y nitrógeno que a su vez ayudaron en la aceleración de su crecimiento, colaborando con lo mencionado por Aarshad et al., (2020) donde evaluaron la capacidad del *Pelargonium Hortorum* para la absorción de Pb y su influencia en la mejora del suelo contaminado con dicho metal, considerándolo viable para la recuperación de suelos.

Mediante esta comparativa podemos demostrar la influencia y el beneficio que tienen el *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* para mejorar las características fisicoquímicas del suelo al estar expuestas a niveles de concentración de metales pesados; así mismo es importante recalcar que las concentraciones finales en el suelo agrícola contaminado con Pb y Cd presentaron una reducción considerable a comparación de su valor inicial que sobrepasaba los estándares de calidad ambiental para suelos agrícolas.

Finalmente, con respecto a la extracción óptima de plomo y cadmio del suelo contaminado, se pudo apreciar que en esta investigación la ortiga (*Urtica Urens L.*) tuvo un mejor desempeño en la remoción de Pb y Cd alcanzando una remoción máxima de 10.8303 mg/kgps y 0.3849 mg/kgps respectivamente, a comparación del *Pelargonium hortorum* que alcanzó una remoción máxima de 6.9902 mg/kgps de Pb y 0.0115 mg/kgps Cd.; esto debido a que esta especie presentó mayor crecimiento tanto en su tallo, raíces y hojas lo que le permitió absorber una mayor concentración de

contaminantes.

Los resultados mencionados anteriormente, guardan relación a lo mencionado por Podrug et al., (2021) en donde determinaron el potencial fitorremediador de una variedad de especies autóctonas, entre ellas la especie *Urtica Urens L.*, donde concluyeron que las concentraciones de metales pesados se localizaron en la biomasa aérea de dicha especie, por ende se consideró como una alternativa viable para la fitorremediación de metales pesados debido a la concentración que esta logra en comparación a otras especies analizadas, guardando relación con lo que dice Castro (2018) en su estudio realizado donde evaluó la capacidad de *Urtica Urens L.* como agente fitorremediador de suelos en donde dicha especie presentó una concentración de 151.617 mgPb en su parte aérea con dosis de EDTA.

Por otro lado, Murtic et al., (2019) en su estudio realizado determinó en la parte aérea de la *Urtica Urens L.* una concentración de Pb ( $0.21 \pm 0.11$ ), asimismo Tello (2018) evaluó la eficiencia para remediar suelos contaminados con Pb, obteniendo, durante un tiempo prolongado de 2 meses, una acumulación de Pb 10,09 mg/kg y 26 mg/kg en sus hojas y raíces respectivamente.

Esta comparativa demostró que la especie *Urtica Urens L.* presenta un mayor nivel de eficiencia en la remoción de plomo y cadmio a comparación del *Pelargonium hortorum*, debido que esta especie presentó un mejor desarrollo lo que le permitió concentrar mayor porcentaje de contaminante. Por lo tanto, está acorde a los resultados obtenidos a lo largo de los periodos establecidos para el presente estudio.

## VI. Conclusiones

- Las cantidades de *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* establecidas a lo largo de los periodos fueron de en relación 1-1, 2-2 y 3-3 por maceta las que permitieron una mejora en la calidad del suelo contaminado con Pb y Cd.
- Las variaciones morfológicas de las especies de *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* cambiaron conforme transcurrieron los periodos de tratamiento siendo la ortiga la especie que presentó mayor desarrollo de su raíz, tallo y hojas, por su parte el geranio evidenció un crecimiento aceptable.
- Las características fisicoquímicas del suelo contaminado con Pb y Cd presentaron una mejora significativa luego de ser tratados con *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* las cuales llegaron a alcanzar valores cercanos a los parámetros que presenta un suelo agrícola libre de metales pesados.
- La extracción de óptima de Pb y Cd en un suelo agrícola contaminado fue de 44.62% y 35% respectivamente.
- Las especies de *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* presentaron una capacidad fitorremediadora en la remoción de Pb y Cd con valores aceptables en un suelo agrícola contaminado las cuales llegaron a Pb 65.6531 mg/kgps y Cd 1.6582 mg/kgps a comparación de los valores iniciales que estas presentaron que fueron de 118.56 mg/kgps y 2.57 mg/kgps para Pb y Cd respectivamente.

## **VII. Recomendaciones**

- Se recomienda continuar realizando investigaciones de remoción de metales pesados proponiendo nuevas alternativas de descontaminación.
- Continuar con la identificación de especies vegetales que sean viables y utilizables en la fitorremediación de metales pesados.
- Realizar investigaciones aumentando la dosis de las especies y el tiempo de tratamiento para obtener mayor reducción de los metales.

## REFERENCIAS

- ARSHAD, M., NAQVI, N., GUL, I., YAQOOB, K., BILAL, M. y KALLERHOFF, J. Lead phytoextraction by *Pelargonium hortorum*: Comparative assessment of EDTA and DIPA for Pb mobility and toxicity. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 748, pp. 141496. ISSN18791026. DOI10.1016/j.scitotenv.2020.141496. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141496>.
- ALABOUDI, K.A., AHMED, B. y BRODIE, G., 2018. Phytoremediation of Pb and Cd contaminated soils by using sunflower (*Helianthus annuus*) plant. *Annals of Agricultural Sciences*, vol. 63, no. 1, pp. 123-127. ISSN 05701783. DOI 10.1016/j.aosas.2018.05.007.
- comportamiento mecánico de los suelos finos. , vol. 10, pp. 6.
- BORREGO, A., 2021. Influencia del contenido de materia orgánica sobre el
- BELTRAN, D., 2020. *Pelargonium x hortorum* (Malvón) – SALIDA DE CAMPO III SEMESTRE. [en línea]. [Consulta: 29 junio 2022]. Disponible en: <https://diversidadbiologica1upn.wordpress.com/2020/07/24/pelargonium-xhortorum-malvon/>.
- CADENA, P., MENDEL, R., AGUILAR, J., RENDÓN, R., SALINAS, E., CRUZ, F. y SANGERMAN, D. Métodos cuantitativos, métodos cualitativos o su combinación en la investigación: un acercamiento en las ciencias sociales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [en línea], vol. 8, no. 7, pp. 1603. ISSN2007-0934. Disponible en: <https://bit.ly/35lqdV8>, 2017.
- CASTRO, E.E.. Efecto del quelato (EDTA) en la fitorremediación de un suelo contaminado por plomo, con *Urtica urens* en La Oroya, 2018. Universidad Continental, pp. 104, 2020.
- CHAPPUIS, M., 2019. Remediación y activación de pasivos ambientales mineros (PAM) en el Perú. *Medio Ambiente y Desarrollo*, pp. 1-47.



- CORREA CUBA, O., FUENTES BERNEDO, F.E. y CORAL SURCO, R.G., 2021. Contaminación Por Metales Pesados De La Microcuenca Agropecuaria Del RíoHuancaray– Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, vol. 87, no. 1, pp. 26-38. ISSN 1810-634X. DOI 10.37761/rsqp.v87i1.320.
- DÍAZ HERNÁNDEZ, M.E., 2017. Población Muestra Y Muestreo. *Punto Cero*, vol. 09, no. 08, pp. 69-74. ISSN 1815-0276.
- ESPINOZA, E., 2016. UNIVERSO, MUESTRA Y MUESTREO. *Muestra y universo*.
- ESTEBAN, N., 2018. Tipos de investigación: Metodología de la Investigación. Repositorio Institucional USDG [en línea], pp. 1-4. Disponible en: <http://repositorio.usdg.edu.pe/handle/USDG/34>.
- FAO, 2018. Soil pollution. S.I.: s.n. ISBN 9789251305058.
- GENERAL, B. y NACIONAL, I.U., [sin fecha]. Determinacion Del Potencial De Hidrogeno.
- FERNANDEZ OCHOA, B.H., 2022. Nivel de contaminación del suelo con arsénico y metales pesados en Tiquillaca (Perú). *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, vol. 24, no. 2, pp. 131-138. ISSN 23068582. DOI 10.18271/ria.2022.416.
- GUL, I., MANZOOR, M., SILVESTRE, J., RIZWAN, M., HINA, K., KALLERHOFF, J. y ARSHAD, M., 2019. EDTA-assisted phytoextraction of lead and cadmium byPelargonium cultivars grown on spiked soil. *International Journal* Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15226514.2018.1474441>.
- GURAJALA, H.K., CAO, X., TANG, L., RAMESH, T.M., LU, M. y YANG, X., 2019. Comparative assessment of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) genotypes for phytoremediation of Cd and Pb contaminated soils. *Environmental Pollution* [en línea], vol. 254, pp. 113085. ISSN 18736424. DOI 10.1016/j.envpol.2019.113085. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113085>.
- HICKS, P., 2017. Conozca todo sobre la CIC - ASA. ASA [en línea]. [Consulta: 29 junio 2022]. Disponible en: <https://asa.crs.org/2017/05/conozca-todo-sobre-lacic/>.
- HUACHEN, J.P.C., CONTRERAS, J.M., PFUÑO, J.D.L., AGUILAR, L.Á.P. y VÍLCHEZ, P.P.G., 2021. Phytoremediation of cadmium contaminated soils using sunflower (*Helianthus annuus* L. var. Sunbright). *Acta Agronomica*, vol. 70, no. 2. ISSN 23230118. DOI 10.15446/acag.v70n2.94208.

INSTITUTO NACIONAL DE CÁNCER. EL CÁNCER [en línea]. 20 de marzo de 2015 [consultado el 7 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causasprevencion/riesgo/sustancias/cadmio>

JIMÉNES BALLESTA, R., 2017. Introducción a la química de suelos. MUNDIPRENSA, pp. 604.

KHAN, A.H.A., KIYANI, A., MIRZA, C.R., BUTT, T.A., BARROS, R., ALI, B., IQBAL, M. y YOUSAF, S., 2021. Ornamental plants for the phytoremediation of heavymetals: Present knowledge and future perspectives. Environmental Research [en línea], vol. 195, no. July 2020, pp. 110780. ISSN 10960953. DOI 10.1016/j.envres.2021.110780. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110780>.

LAM, E.J., GÁLVEZ, M.E., CÁNOVAS, M., MONTOFRÉ, Í.L. y KEITH, B.F., 2018. Assessment of the adaptive capacity of plant species in copper mine tailings in arid and semiarid environments. Journal of Soils and Sediments, vol. 18, no. 6, pp. 2203-2216. ISSN 16147480. DOI 10.1007/s11368-017-1835-9.

LEFÉVRE, C., REKIK, F., V, A. y WIESE, L., 2017. Carbono Orgánico del Suelo [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9789253096817. Disponible en: [www.fao.org/publications](http://www.fao.org/publications).

LÓPEZ-MARTÍNEZ, S., GALLEGOS-MARTÍNEZ, M.E., FLORES, L.J.P. y ROJAS, y M.G., 2018. MECANISMOS DE FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON MOLÉCULAS ORGÁNICAS XENOBIÓTICAS. Environmental Science and Pollution Research, vol. 25, no. 26, pp.2635126360. ISSN 16147499. DOI 10.1007/s11356-018-2495-z.

LIU, Z., CHEN, M., LIN, M., CHEN, Q., LU, Q., YAO, J. y HE, X., 2022. Cadmium Uptake and Growth Responses of Seven Urban Flowering Plants: Hyperaccumulator or Bioindicator? Sustainability (Switzerland), vol. 14, no. 2, pp. 1-13. ISSN 20711050. DOI 10.3390/su14020619.

- MANG, K.C. y NTUSHELO, K., 2019. Phytoextraction and phytostabilisation approaches of heavy metal remediation in acid mine drainage with case studies: A review. *Applied Ecology and Environmental Research*, vol. 17, no. 3, pp. 6129-6149. ISSN 17850037. DOI 10.15666/aeer/1703\_61296149.
- MANZOOR, M., GUL, I., AHMED, I., ZEESHAN, M., HASHMI, I., AMIN, B.A.Z., KALLERHOFF, J. y ARSHAD, M., 2019. Metal tolerant bacteria enhanced phytoextraction of lead by two accumulator ornamental species. *Chemosphere* [en línea], vol. 227, pp. 561-569. ISSN 18791298. DOI 10.1016/j.chemosphere.2019.04.093. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.04.093>.
- MANZOOR, M., GUL, I., SILVESTRE, J., KALLERHOFF, J. y ARSHAD, M., 2018. Screening of Indigenous Ornamental Species from Different Plant Families for Pb Accumulation Potential Exposed to Metal Gradient in Spiked Soils. *Soil and Sediment Contamination* [en línea], vol. 27, no. 5, pp. 439-453. ISSN 15497887. DOI 10.1080/15320383.2018.1488238. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15320383.2018.1488238>
- MANZOOR, M., GUL, I., MANZOOR, A., KAMBOH, U.R., HINA, K., KALLERHOFF, J. y ARSHAD, M., 2020. Lead availability and phytoextraction in the rhizosphere of Pelargonium species. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 27, no. 32, pp. 39753-39762. ISSN 16147499. DOI 10.1007/s11356-02008226-0.
- MENDARTE-ALQUISIRA, C., ALARCÓN, A. y FERRERA-CERRATO, R., 2021. Fitorremediación: Alternativa biotecnológica para recuperar suelos contaminados con DDT. Una revisión. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, vol. 24, no. Ddd, pp. 1-15. ISSN 1405-888X. DOI 10.22201/fesz.23958723e.2021.326.
- MENDOZA-ESCALONA, B., TORRES-RODRÍGUEZ, D., MERÚ MARCÓ, L., GÓMEZ, C., ESTANGA-BARRIOS, M. y GARCÍA-ORELLANA, Y., 2021. Concentración de metales pesados en suelos agrícolas bajo diferentes sistemas de labranza. *Tecnológicas*, vol. 24, no. 51, pp. e1738. ISSN 01237799. DOI 10.22430/22565337.1738.
- MURTIC, S., JURKOVIC, J., BASIC, E. y HEKIC, E., 2019. Assessment of wild plants for phytoremediation of heavy metals in soils surrounding the thermal power station. *Agronomy Research*, vol. 17, no. 1, pp. 234-244. ISSN 1406894X. DOI 10.15159/AR.19.005.

MURTIĆ, S., ZAHIROVIĆ, Ć., ČIVIĆ, H., SIJAKHOVIĆ, E., JURKOVIĆ, J., AVDIĆ, J., ŠAHINOVIĆ, E. y PODRUG, A., 2021. Phytoaccumulation of heavy metals in native plants growing on soils in the Spreča river valley, Bosnia and Herzegovina. *Plant, Soil and Environment*, vol. 67, no. 9, pp. 533-540. ISSN 18059368. DOI 10.17221/253/2021-PSE.

NÚÑEZ LÓPEZ, R.A., MEAS VONG, Y., ORTEGA BORGE, R. y OLGUÍN, E.J., 2018. Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Diversity*, vol. 10, no. 1, pp. 69-83. ISSN 14242818.

OBESO-OBANDO, A. y VEJARANO, R., 2020. Geranium cultivation: Potential use for arsenic (As), cadmium (Cd) and copper (Cu) removal from contaminated soils. *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, no. July 2020, pp. 27-31. ISSN 24146390. DOI 10.18687/LACCEI2020.1.1.144.

OMS. Intoxicación por plomo y salud [en línea]. 31 de agosto de 2022 [consultado el 5 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>.

PORTA CASANELLAS, J., ACEVEDO REGUERIN LOPEZ, M. y POCH CLARET, R., 2019. Edafología: uso y protección de suelos. *Mundi-Prensa* [en línea], pp.624. Disponible en: <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484767503/edafologia--uso-yproteccion-de-suelos>.

PÉREZ, E. y NEIRA, L., 2016. Temperatura Y Calor. Conceptos Básicos En Los Textos De Física En La Educación Media General. *ARJÉ. Revista de Postgrado FaCE-UC* [en línea], vol. 10, pp. 41-54. Disponible en: <http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/arje/arj19/art03.pdf>.

QUISPE ALAYA, L., ACHARTE, L.M., ENRÍQUEZ, A. y ASTO, J.M., 2021. Contaminación con metales pesados en sedimentos y truchas en los ríos Opamayo y Sicra, Huancavelica-Perú. *Revista de Investigación Científica Siglo XXI* [en línea], vol. 1, no. 1, pp. 68-78. Disponible en: <https://revistas.unh.edu.pe/index.php/rcsxxi/article/view/25>.

- RODRÍGUEZ HEREDIA, D., 2017. Medisan 2017;21(12): 3372. Medisan [en línea], vol. 21, no. 12, pp. 3372-3385. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S102930192017001200012](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S102930192017001200012).
- RAVEN WILLWATER, K.P., 2018. Efectos del cadmio sobre el crecimiento y la composición elemental de la alfalfa en cultivo de arena. *Anales Científicos*, vol. 79, no. 2, pp. 406. ISSN 0255-0407. DOI 10.21704/ac.v79i2.912.
- REYNA NÁJERA, D.N., CORTÉS PALACIO, L., AQUINO DE LOS RÍOS, G.S., MARTÍNEZ SALVADOR, M. y RODRÍGUEZ VÁZQUEZ, L.M., 2022. Estudio Del Comportamiento De Especies Vegetales En Un Proceso De Fitoestabilización Para Remediación De Suelo Contaminado Por Jal Minero Abandonado. *Epistemos*, vol. 16, no. 32. ISSN 2007-4530. DOI 10.36790/epistemos.v16i32.197.
- ROJAS, R., 2017. Efectividad de la pomada Orti fort, en la disminución de dolores musculares y articulares en adultos de 45-60 años de edad del asentamiento humano Túpac Amaru - Chaupimarca – Pasco - Enero – Junio del 2016. *Universidad nacional Daniel Alcides Carrión* [en línea], Disponible en: [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/296/1/T026\\_41832571\\_M.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/296/1/T026_41832571_M.pdf).
- ROMAN, W.J.B., DE LA CRUZ, J.A.V., ROJAS, J.M.L., FERNÁNDEZ, G.I.L. y PUSCAN, M.W.V., 2022. Phytoremediation of heavy metals in the soil. A systematic review of the literature between the years 2012-2022 | Fitorremediación de metales pesados en el suelo. Una revisión sistemática de la literatura entre los años 2012-2022. *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, vol. 2022-Decem, pp. 1-10.
- SANS, A. y ATENEA ALONSO SERRANO, LORENA GARCÍA SANZ, IRENE LEÓNRODRIGO, ELISA GARCÍA GORDO, BELÉN GIL ÁLVARO, L.R.B., 2012. Métodos de investigación de enfoque experimental. Metodología de la investigación educativa [en línea], pp. 167-193. Disponible en: <http://www.postgradoune.edu.pe/documentos/Experimental.pdf>.
- SORIANO, M., 2018. Conductividad eléctrica del suelo. *Universidad Politécnica de Valencia* [en línea], vol. 1, pp. 1-10. Disponible en: <https://bit.ly/3tovKmx>.

TELLO FELIX, H.A., 2018. "Eficacia de acumulación de la ortiga (*Urtica Urens*) para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en la provincia constitucional del Callao, 2018"., pp. 115.

ZAWADZIŃSKA, A., SALACHNA, P., NOWAK, J.S. y KOWALCZYK, W., 2021. Response of interspecific geraniums to waste wood fiber substrates and additional fertilization. *Agriculture (Switzerland)*, vol. 11, no. 2, pp. 1-14. ISSN 20770472. DOI 10.3390/agriculture11020119.

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Independiente <i>Pelargonium Hortorum y Urtica</i>	<p><b><i>Pelargonium Hortorum</i></b> Comúnmente llamado geranio común o geranio de jardín, es un híbrido de <i>P. inquinans</i> y <i>P. zonale</i>, taxonómicamente pertenece a la familia <i>Dicotyledon</i>, familia <i>Geraniaceae</i>, tiene forma de arbusto, subarbusto y herbáceo. posee tallos cubierta por una delgada pelusilla, muy ramificados y con estípulas en la base de las hojas, además de una flor con diámetro de entre 2-3 cm, esta tiene más de 16 pétalos y hojas simples, alternas y apicioladas. (Beltrán, 2020)</p> <p><b><i>Urtica Urens L.</i></b>, Pertenecer a la familia <i>Urticáceae</i>, género <i>Urtica</i> y comúnmente llamada Ortiga negra. Es una planta perenne, sin látex, peluda tiene nódulos unicelulares delgados dispersos en ambos lados, presenta acción picante esto se debe a que el líquido contenido en los pelos se libera cuando se rompen, tiene hojas con pecíolos simples, opuestas, dentadas, verde oscuro, sus flores están dispuestas en largos racimos ramificados. (Castro, 2020)</p>	<p>Se determinará las propiedades fitorremediadoras de cada una de las especies, así como también se definirá la densidad de estas.</p>	<p>Cantidades de Pelargonium Hortorum y Urtica Urens L. por cada maceta para remediar el suelo</p> <p>Variaciones morfológicas del Pelargonium Hortorum y Urtica Urens L. en la fitorremediación del suelo contaminado.</p>	<p>Numero de Plantas de ortiga</p> <p>Número de Plantas de geranio</p> <p>Repeticiones de macetas</p> <p>Peso de suelo por macetas</p> <p>Tiempo de riego</p> <p>Geminación de los esquejes y semillas de ortiga</p> <p>Edad de la planta de Geranio, y Ortiga</p> <p>Tamaño del tallo antes del proceso y después de las etapas</p> <p>Tamaño de la raíz antes y después de cada etapa</p> <p>Numero de hojas</p> <p>Humedad</p> <p>Potencial de hidrogeno</p>	<p>Cantidad</p> <p>Cantidad</p> <p>Cantidad</p> <p>g</p> <p>Días</p> <p>Días</p> <p>Semanas</p> <p>Cm</p> <p>Cm</p> <p>Cantidad</p> <p>%</p> <p>Acido/base</p>

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Dependiente Suelo contaminado por	Alteración en las propiedades y calidad del suelo, depende mucho del buen uso que se le da que por lo contrario en efectos negativos si se da un uso inadecuado se verán los resultados en la degradación, fertilidad y sus condiciones físicas, químicas y biológicas. (García et al., 2002). En tanto para Macías (1993), este problema es considerado como una anomalía que causa cambios en sus propiedades.	El proceso de remoción de los metales se hará sobre la base de la caracterización de las propiedades físico químicas del suelo, asimismo también se determinará el mayor porcentaje de remoción	Características física y química del suelo contaminado por plomo y cadmio antes y después del tratamiento con las plantas	Temperatura Potencial de hidrogeno Conductividad eléctrica Potencial redox Humedad Densidad aparente Carbono orgánico Materia orgánica Capacidad de intercambio catiónico Nitrógeno C/N Textura Concentración de plomo y cadmio	°C Acido/bas e mS/cm mV % g/cm3 % % meq/100g % Razón % mg/ kg
			Extracción óptima de plomo y cadmio del suelo contaminado utilizando Pelargonium Hortorum y Urtica Urens L. en todo el proceso	Reducción del plomo y cadmio en el suelo Densidad óptima de plantas en la reducción del contaminante Numero de repeticiones (9 de cada densidad de plantas) Tiempo de evaluación 20 días, 40 días, 60 días. Evaluación cada 20 días en tres grupos de 9 total 27 macetas	mg/kg Cantidad Cantidad Días Días



## Anexo 2: instrumentos de recolección de datos

		<b>Registro 1: de Ubicación y recolección de la muestra</b>		
<b>Capacidad Fitorremediadora del geranio (<i>Pelargonium Hortorum</i>) y ortiga (<i>Urtica Urens L.</i>), para recuperar suelos contaminados por metales pesados</b>				
Autores:	Muñoz Manosalva Haydeé	Pariona Sucapuca Gianfranco		
Asesor:	Munive Cerrón Rubén Víctor			
Procedencia de muestra:	La Tahona/Hualgayoc/ Cajamarca			
<i>Ubicación de la Zona de estudio</i>		<i>Protocolo de recolección de muestra</i>	<i>Cantidad de Muestra</i>	<i>Equipos y materiales</i>
<b>PUNTO</b>	N:			
	E:			
	A:			
Lugar:				
Fecha:				
Hora:				

Atentamente,  
  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 08447308

GIANFRANCO JORGE  
 MENDOZA MOGOLLON  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 200348

LUIS FERMÍN  
 HOLGUÍN ARANDA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP. N° 111011



**Registro 2: Registro de las variaciones morfológicas del *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* en la fitorremediación del suelocontaminado por plomo y cadmio.**

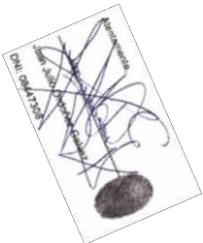
**Capacidad Fitorremediadora del geranio (*Pelargonium Hortorum*) y ortiga (*Urtica Urens L.*), para recuperar suelos contaminados por metales pesados**

**Autores:** Muñoz Manosalva Haydeé | Pariona Sucapuca Gianfranco

**Asesor:** Munive Cerrón Rubén Víctor

**Procedencia de muestra:** La Tahona/Hualgayoc/ Cajamarca

Muestra	N. Plantas		T. Raíz (cm)		T. Tallo (cm)		Espesor de tallo (mm)		#Hojas	
	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga	Geranio	Ortiga
P-1										
P-2										
P-3										
P-4										
P-5										
P-6										
P-7										
P-8										
P-9										





Registro 3: Cantidades de *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* utilizados para fitorremediar el suelo contaminado con metales pesados.

Capacidad Fitorremediadora del geranio (*Pelargonium Hortorum*) y ortiga (*Urtica Urens L.*), para recuperar suelos contaminados por metales pesados

Autores: Muñoz Manosalva Haydeé

Pariona Sucapuca Gianfranco

Asesor: Munive Cerrón Rubén Víctor

Procedencia de muestra: La Tahona/Hualgayoc/ Cajamarca

Muestra	N. Plantas de Ortiga	N. Plantas de Geranio	Peso de suelo por maceta	Tiempo de riego
P-1				
P-2				
P-3				
P-4				
P-5				
P-6				
P-7				
P-8				
P-9				

Atentamente,  
  
Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308

  
GIANMARCO JORGE  
MENDOZA MOGOLLON  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 200348

  
LUIS FERMÍN  
HOLGUÍN ARANDA  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP. N° 111111



Registro 4: Registro de las características físicas y químicas del suelo contaminado por metales pesados antes y después del tratamiento con *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.*

Capacidad Fitorremediadora del geranio (*Pelargonium Hortorum*) y ortiga (*Urtica Urens L.*), para recuperar suelos contaminados por metales pesados

Autores: Muñoz Manosalva Haydeé Pariona Sucapuca Gianfranco

Asesor: Munive Cerrón Rubén Víctor

Procedencia de muestra: La Tahona/Hualgayoc/ Cajamarca

Propiedades Físicas y Químicas del suelo	Método de Medición	Cantidad de muestra analizada	Unidad de Medida
Temperatura			
Potencial de Hidrógeno			
Conductividad Eléctrica			
Potencial Redox			
Humedad			
Capacidad de Intercambio Catiónico			
Carbono Orgánico Total			
Materia Orgánica			
Nitrógeno			
Textura			
Densidad Aparente			
Concentración de plomo y cadmio			

Atentamente,  
  
Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308

GIANMARCO JORGE  
MENDOZA MOGOLLON  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 200348

LUIS FERMÍN  
HOLGUÍN ARANDA  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP. N° 111511



Registro 5: Registro de la extracción óptima del plomo y cadmio del suelo contaminado utilizando *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L*

Capacidad Fitorremediadora del geranio (*Pelargonium Hortorum*) y ortiga (*Urtica Urens L.*), para recuperar suelos contaminados por metales pesados

Autores: Muñoz Manosalva Haydeé

Pariona Sucapuca Gianfranco

Asesor: Munive Cerrón Rubén Víctor

Procedencia de muestra: La Tahona/Hualgayoc/ Cajamarca

Periodo (Días)	Concentración de plomo y Cadmio en Geranio	
	Pb	Cd
Inicio		
P1- 15 Días		
P2- 30 Días		
P3- 45 Días		

Atentamente,  
  
Juan Julio Ordóñez Galvez  
DNI: 08447308

  
GIAN MARCO JORGE  
MENDOZA MOGOLLON  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 200348

  
LUIS FERMÍN  
HOLGUÍN ARANDA  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP. N° 111511



**Registro 5: Registro de la extracción óptima del plomo y cadmio del suelo contaminado utilizando *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.***

**Capacidad Fitorremediadora del geranio (*Pelargonium Hortorum*) y ortiga (*Urtica Urens L.*), para recuperar suelos contaminados por metales pesados**

Autores: Muñoz Manosalva Haydeé

Pariona Sucapuca Gianfranco

Asesor: Munive Cerrón Rubén Víctor

Procedencia de muestra: La Tahona/Hualgayoc/ Cajamarca

Periodo (Días)	Concentración de plomo y Cadmio en Ortiga	
	Pb	Cd
Inicio		
P1- 15 Días		
P2- 30 Días		
P3- 45 Días		

Atentamente,  
  
Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308

  
GIANMARCO JORGE  
MENDOZA MOGOLLON  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 200348

  
LUIS FERMÍN  
HOLGUÍN ARANDA  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP. N° 111111

## Anexo 3. Validación del instrumento

### VALIDACION DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Juan Julio Ordoñez Galvez**

Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**

1.2. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental**

1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

**Ficha 1. Registro de ubicación y recolección de la muestra**

1.4. Autor(A) de Instrumento: **Pariona Sucapuca Gianfranco-Muñoz Manosalva Haydee**

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN


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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### V. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Juan Julio Ordoñez Galvez**

Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**

5.1. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental**

5.2. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

**Ficha 2. Registro de variaciones morfológicas del *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* en la fitorremediación del suelo contaminado por plomo y cadmio.**

5.3. Autor(A) de Instrumento: **Pariona Sucapuca Gianfranco- Muñoz Manosalva Haydee**

### VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación


--

Afirmación



Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308

### VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, 26 de octubre del 2022



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### IX. DATOS GENERALES

1.5. Apellidos y Nombres: **Dr. Juan Julio Ordoñez Galvez**

Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**

9.1. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental**

9.2. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

**Ficha 3. Cantidades de *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* utilizados para fitorremediar el suelo contaminado con metales pesados.**

9.3. Autor(A) de Instrumento: **Pariona Sucapuca Gianfranco-Muñoz Manosalva Haydee**

### X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación


Atentamente,  
  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 08447308

### XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

--

Lima, 26 de octubre del 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### XIII. DATOS GENERALES

1.6. Apellidos y Nombres: **Dr. Juan Julio Ordoñez Galvez**

Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**

13.1. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental**

13.2. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

**Ficha 4. Registro de las características físicas y químicas del suelo contaminado por metales pesados antes y después del tratamiento con *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.***

13.3. Autor(A) de Instrumento: **Pariona Sucapuca Gianfranco-Muñoz Manosalva Haydee**

### XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación


Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308

### XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, 26 de octubre del 2020

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

1.7. Apellidos y Nombres: **Dr. Juan Julio Ordoñez Galvez**

Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**

13.4. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental**

13.5. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

**Ficha 5. Registro de la extracción optima del plomo y cadmio del suelo contaminado utilizando *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.***

13.6. Autor(A) de Instrumento: **Pariona Sucapuca Gianfranco-Muñoz Manosalva Haydee**

### XVII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### XVIII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

### XIX. PROMEDIO DE VALORACIÓN:


--

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308

Lima, 26 de octubre del 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. Gianmarco Jorge Mendoza Mogollón**

Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**

1.2. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental**

1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

**Ficha 1. Registro de ubicación y recolección de la muestra**

1.4. Autor(A) de Instrumento: **Pariona Sucupuca Gianfranco-Muñoz Manosalva Haydee**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación


### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

--

  
**GIANMARCO JORGE MENDOZA MOGOLLÓN**  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 200348

Lima, 26 de octubre del 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### V. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. Gianmarco Jorge Mendoza Mogollón**

Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**

5.1. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental**

5.2. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

**Ficha 2. Registro de variaciones morfológicas del *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* en la fitorremediación del suelo contaminado por plomo y cadmio.**

5.3. Autor(A) de Instrumento: **Pariona Sucapuca Gianfranco- Muñoz Manosalva Haydee**

### VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación


### VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

--

Lima, 26 de octubre del 2022

  
**GIANMARCO JORGE MENDOZA MOGOLLÓN**  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 200348

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### IX. DATOS GENERALES

1.5. Apellidos y Nombres: **Ing. Gianmarco Jorge Mendoza Mogollón**

Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**

9.1. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental**

9.2. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

**Ficha 3. Cantidades de *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* utilizados para fitorremediar el suelo contaminado con metales pesados.**

9.3. Autor(A) de Instrumento: **Pariona Sucapuca Gianfranco-Muñoz Manosalva Haydee**

### X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación


### XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

--

Lima, 26 de octubre del 2022

  
**GIANMARCO JORGE MENDOZA MOGOLLÓN**  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 200348

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### XIII. DATOS GENERALES

1.6. Apellidos y Nombres: **Ing. Gianmarco Jorge Mendoza Mogollón**

Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**

13.1. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental**

13.2. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

**Ficha 4. Registro de las características físicas y químicas del suelo contaminado por metales pesados antes y después del tratamiento con *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.***

13.3. Autor(A) de Instrumento: **Pariona Sucapuca Gianfranco-Muñoz Manosalva Haydee**

### XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación


### XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

--

Lima, 26 de octubre del 20z

  
**GIANMARCO JORGE MENDOZA MOGOLLÓN**  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 200348

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

1.7. Apellidos y Nombres: **Ing. Gianmarco Jorge Mendoza Mogollón**

Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**

13.4. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental**

13.5. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

**Ficha 5. Registro de la extracción óptima del plomo y cadmio del suelo contaminado utilizando**

***Pelargonium Hortorum y Urtica Urens L.***

13.6. Autor(A) de Instrumento: **Pariona Sucapuca Gianfranco-Muñoz Manosalva Haydee**

### XVII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### XVIII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación


### XIX. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

--

Lima, 26 de octubre del 2022

  
 GIANMARCO JORGE  
 MENDOZA MOGOLLON  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 200348



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. Luis Fermin Holguin Aranda**

Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**

1.2. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental**

1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

**Ficha 1. Registro de ubicación y recolección de la muestra**

1.4. Autor(A) de Instrumento: **Pariona Sucapuca Gianfranco-Muñoz Manosalva Haydee**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación


### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

--

Lima, 26 de octubre del 2022

  
**LUIS FERMIN  
 HOLGUIN ARANDA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP. N° 111511**

## VALIDACION DE INSTRUMENTO

### V. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. Luis Fermin Holguin Aranda**

Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**

5.1. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental**

5.2. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

**Ficha 2. Registro de variaciones morfológicas del *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* en la fitorremediación del suelo contaminado por plomo y cadmio.**

5.3. Autor(A) de Instrumento: **Pariona Sucapuca Gianfranco- Muñoz Manosalva Haydee**

### VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación


### VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

--

Lima, 26 de octubre del 2022

  
**LUIS FERMIN  
 HOLGUIN ARANDA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP. N° 111711**

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### IX. DATOS GENERALES

1.5. Apellidos y Nombres: **Ing. Luis Fermin Holguin Aranda**

Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**

9.1. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental**

9.2. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

**Ficha 3. Cantidades de *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.* utilizados para fitorremediar el suelo contaminado con metales pesados.**

9.3. Autor(A) de Instrumento: **Pariona Sucapuca Gianfranco-Muñoz Manosalva Haydee**

### X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación


### XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, 26 de octubre del 2022

  
**LUIS FERMIN  
 HOLGUIN ARANDA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP. N° 111111**

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### XIII. DATOS GENERALES

1.6. Apellidos y Nombres: **Ing. Luis Fermin Holguin Aranda**

Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**

13.1. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental**

13.2. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

**Ficha 4. Registro de las características físicas y químicas del suelo contaminado por metales pesados antes y después del tratamiento con *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.***

13.3. Autor(A) de Instrumento: **Pariona Sucapuca Gianfranco-Muñoz Manosalva Haydee**

### XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación


### XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

--

Lima, 26 de octubre del 2020

  
**LUIS FERMIN  
 HOLGUIN ARANDA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP. N° 111711**

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

1.7. Apellidos y Nombres: **Ing. Luis Fermin Holguin Aranda**

Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**

13.4. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental**

13.5. Nombre del instrumento motivo de evaluación:

**Ficha 5. Registro de la extracción óptima del plomo y cadmio del suelo contaminado utilizando *Pelargonium Hortorum* y *Urtica Urens L.***

13.6. Autor(A) de Instrumento: **Pariona Sucapuca Gianfranco-Muñoz Manosalva Haydee**

### XVII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

### XVIII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

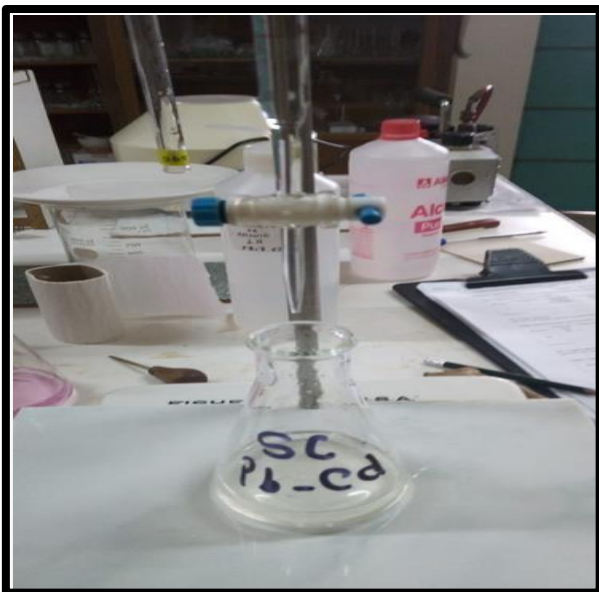
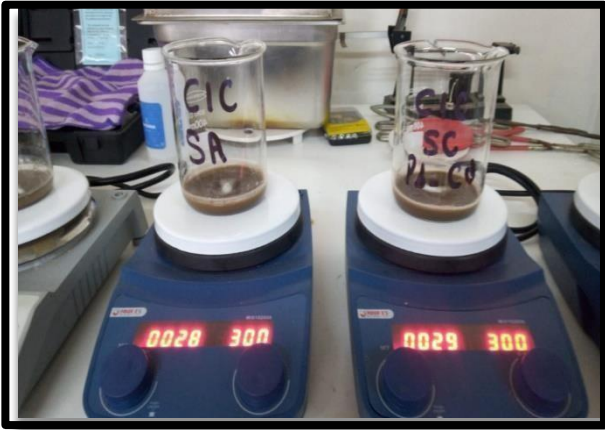
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación


### XIX. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

--

Lima, 26 de octubre del 2022

  
**LUIS FERMIN  
 HOLGUIN ARANDA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP. N° 111111**



## Anexo 7: Cuadros estadísticos de la caracterización del suelo

### Prueba de homogeneidad de varianzas para pH, CE y Eh para los tres periodos

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
<b>pH_P123</b>	Se basa en la media	,401	8	18	,906
	Se basa en la mediana	,101	8	18	,999
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,101	8	13,451	,999
	Se basa en la media recortada	,370	8	18	,923
<b>CE_P123</b>	Se basa en la media	,595	8	18	,770
	Se basa en la mediana	,265	8	18	,970
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,265	8	14,676	,968
	Se basa en la media recortada	,567	8	18	,791
<b>Eh_P123</b>	Se basa en la media	1,193	8	18	,356
	Se basa en la mediana	,438	8	18	,883
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,438	8	12,904	,877
	Se basa en la media recortada	1,128	8	18	,392

### Estadísticos de tukey para pH, CE y Eh en los tres periodos

<b>pH_P123</b>		
HSD Tukey <sup>a</sup>		
TSC_PbC	N	Subconjunto para alfa = 0.05
d		1
4	3	6,2367
5	3	6,2433
2	3	6,2500
1	3	6,2600
7	3	6,2700
8	3	6,2700
3	3	6,2800
6	3	6,2900
9	3	6,2900
Sig.		,999

<b>CE_P123</b>		
HSD Tukey <sup>a</sup>		
TSC_PbC d	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
1	3	,41467
4	3	,41467
7	3	,41667
8	3	,50600
2	3	,50667
5	3	,50800
3	3	,55033
6	3	,55400
9	3	,55500
Sig.		,207

<b>Eh_P123</b>		
HSD Tukey <sup>a</sup>		
TSC_PbC d	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
7	3	245,100
1	3	246,867
4	3	248,333
5	3	249,100
8	3	253,567
2	3	255,533
9	3	257,367
3	3	257,500
6	3	257,833
Sig.		,185

**Prueba de normalidad para CO, CIC, MO Y N para los tres periodos**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<b>CO_P123</b>	,307	27	,000	,775	27	,000
<b>CIC_P123</b>	,153	27	,106	,916	27	,032
<b>MO_P123</b>	,337	27	,000	,776	27	,000
<b>N_P123</b>	,276	27	,000	,793	27	,000



**Prueba de homogeneidad de varianzas para CO, CIC, MO y N**

		<b>Estadístico de Levene</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>Sig.</b>
<b>CO_P123</b>	Se basa en la media	4,590	8	18	,003
	Se basa en la mediana	1,288	8	18	,310
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,288	8	6,792	,379
	Se basa en la media recortada	4,250	8	18	,005
<b>CIC_P123</b>	Se basa en la media	,751	8	18	,648
	Se basa en la mediana	,093	8	18	,999
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,093	8	13,603	,999
	Se basa en la media recortada	,656	8	18	,722
<b>MO_P123</b>	Se basa en la media	4,570	8	18	,004
	Se basa en la mediana	1,186	8	18	,360
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,186	8	6,974	,418
	Se basa en la media recortada	4,203	8	18	,005
<b>N_P123</b>	Se basa en la media	2,694	8	18	,038
	Se basa en la mediana	1,091	8	18	,413
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,091	8	7,408	,457
	Se basa en la media recortada	2,562	8	18	,046

### Análisis de varianza (ANOVA) para CO, CIC, MO y N

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>CO_P123</b>	Entre grupos	1,312	8	,164	10,976	,000
	Dentro de grupos	,269	18	,015		
	Total	1,580	26			
<b>CIC_P123</b>	Entre grupos	4,873	8	,609	,434	,885
	Dentro de grupos	25,275	18	1,404		
	Total	30,148	26			
<b>MO_P123</b>	Entre grupos	3,906	8	,488	11,053	,000
	Dentro de grupos	,795	18	,044		
	Total	4,701	26			
<b>N_P123</b>	Entre grupos	,014	8	,002	16,654	,000
	Dentro de grupos	,002	18	,000		
	Total	,016	26			

<b>MO_P123</b>					
Scheffe <sup>a</sup>					
TSC_PbC	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
d		1	2	3	4
1	3	,8600			
4	3	,8867	,8867		
7	3	,8900	,8900	,8900	
2	3		1,6300	1,6300	1,6300
6	3		1,6467	1,6467	1,6467
8	3		1,6467	1,6467	1,6467
5	3			1,6567	1,6567
9	3				1,7133
3	3				1,7867
Sig.		1,000	,054	,051	,999

N_P123			
Scheffe <sup>a</sup>			
TSC_PbC	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
d		1	2
4	3	,0467	
1	3	,0470	
7	3	,0470	
8	3		,0920
5	3		,0927
2	3		,0933
9	3		,0963
6	3		,0967
3	3		,1003
Sig.		1,000	,997

CIC_P123		
Scheffe <sup>a</sup>		
TSC_PbCd	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
4	3	16,4333
1	3	16,4900
7	3	16,5767
8	3	16,8667
5	3	16,8700
2	3	16,8733
3	3	17,4767
6	3	17,5033
9	3	17,5867
Sig.		,991

### Prueba de normalidad del plomo en los tres periodos

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<b>Pb_P123</b>	,140	27	,189	,924	27	,048

### Análisis de varianza (ANOVA) para Plomo para los tres periodos

Pb_P123					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	858,855	8	107,357	,519	,827
Dentro de grupos	3723,540	18	206,863		
Total	4582,395	26			

### Estadística de Tukey para Plomo en los tres periodos

HSD Tukey <sup>a</sup>		
TSC_PbC d	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
9	3	83,670767
3	3	83,770367
6	3	83,770400
2	3	91,365100
5	3	91,365500
8	3	91,365567
1	3	97,526100
4	3	97,526100
7	3	97,526100
Sig.		,951

### Prueba de normalidad para cadmio en los tres periodos

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cd_P123	,138	27	,198	,890	27	,008

### Análisis de varianza (ANOVA) del cadmio en los tres Periodos

Cd_P123					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,280	8	,035	,514	,831
Dentro de grupos	1,227	18	,068		
Total	1,508	26			

### Estadística de Tukey para Cadmio en los tres periodos

HSD Tukey <sup>a</sup>		
TSC_PbC d	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
6	3	2,022733
3	3	2,022800
9	3	2,022800
2	3	2,211433
5	3	2,211500
8	3	2,211533
7	3	2,258567
4	3	2,258600
1	3	2,258633
Sig.		,966

## Anexo 8: certificado de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : Pariona Sucapuca, Gianfranco  
Procedencia de muestra : Caserío de Tahoma - Hualgayoc – Cajamarca.  
Recepción de muestra : Lima, 01 de Noviembre del 2022

Tercer Periodo: Tratamiento del suelo contaminado con Pb, y Cd

Tercer Periodo	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno Acido/base	Conductividad eléctrica mS/cm	Potencial redox mV
P3- (45 – 1)	20.4	6.38	0.418	249.6
P3- (45 – 2)	20.4	6.24	0.528	256.2
P3- (45 – 3)	20.4	6.33	0.643	252.3
P3- (45 – 4)	20.4	6.37	0.419	251.4
P3- (45 – 5)	20.4	6.22	0.527	241.5
P3- (45 – 6)	20.4	6.35	0.642	249.9
P3- (45 – 7)	20.4	6.39	0.420	250.5
P3- (45 – 8)	20.4	6.28	0.523	258.3
P3- (45 – 9)	20.4	6.34	0.641	248.9

Tercer Periodo	Humedad %	Capacidad de intercambio catiónico(meq/100g)	Carbono Orgánico Total %	Materia Organica %
P3- (45 – 1)	12.44	17.09	0.46	0.79
P3- (45 – 2)	12.41	17.85	0.97	1.68
P3- (45 – 3)	12.48	18.39	1.01	1.73
P3- (45 – 4)	12.45	17.23	0.45	0.78
P3- (45 – 5)	12.43	17.74	0.96	1.65
P3- (45 – 6)	12.49	18.53	1.00	1.73
P3- (45 – 7)	12.43	17.27	0.44	0.77
P3- (45 – 8)	12.42	17.96	0.99	1.71
P3- (45 – 9)	12.47	18.60	1.02	1.76

Métodos: Potenciométrico, Norma ASTM D-2216, Acetato de Amonio 1N pH7, Walkley-Black.

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Tercer Período	Nitrógeno (%)	Nitratos (mg/l)	Relación C/N
P3- (45 - 1)	0.045	145	10.22
P3- (45 - 2)	0.094	195	10.16
P3- (45 - 3)	0.100	201	10.05
P3- (45 - 4)	0.043	143	10.33
P3- (45 - 5)	0.098	193	10.10
P3- (45 - 6)	0.101	203	10.09
P3- (45 - 7)	0.042	146	10.57
P3- (45 - 8)	0.097	196	10.21
P3- (45 - 9)	0.100	204	10.19

Tercer Período	suelo mgPb/	suelo mg/Cd	Geranio Pb	Geranio Cd	Ortiga Pb	ortiga Cd
P3- (45 - 1)	87.0445	2.0701	2.1512	0.0010	8.4311	0.1858
P3- (45 - 2)	77.4649	1.9945	4.9268	0.0102	8.9987	0.2101
P3- (45 - 3)	65.9530	1.6582	6.9900	0.0113	10.8301	0.3847
P3- (45 - 4)	87.0446	2.0702	2.1513	0.0011	8.4312	0.1859
P3- (45 - 5)	77.4650	1.9945	4.9269	0.0103	8.9986	0.2102
P3- (45 - 6)	65.9529	1.6583	6.9901	0.0115	10.8303	0.3849
P3- (45 - 7)	87.0447	2.0703	2.1514	0.0014	8.4314	0.186
P3- (45 - 8)	77.4651	1.9946	4.9267	0.0104	8.9985	0.2104
P3- (45 - 9)	65.6531	1.6586	6.9902	0.0114	10.8303	0.3848

Método: EPA 3050 (Absorción Atómica), Espectrofotometría UV/V, Kjeldahl,

Lima, 09 de Noviembre del 2022

  
MSc. Atilio Mendoza A.  
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : Pariona Sucapuca, Gianfranco  
Procedencia de muestra : Caserío de Tahoma - Hualgayoc – Cajamarca.  
Recepción de muestra : Lima, 17 de Octubre del 2022

### Segundo Periodo: Tratamiento del suelo contaminado con Pb, y Cd

Segundo Periodo	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno Acido/base	Conductividad eléctrica mS/cm	Potencial redox mV
P2- (30 – 1)	19.6	6.25	0.348	248.5
P2- (30 – 2)	19.6	6.34	0.458	255.2
P2- (30 – 3)	19.6	6.38	0.523	260.1
P2- (30 – 4)	19.6	6.22	0.350	250.3
P2- (30 – 5)	19.6	6.32	0.467	252.9
P2- (30 – 6)	19.6	6.37	0.536	264.3
P2- (30 – 7)	19.6	6.26	0.354	245.4
P2- (30 – 8)	19.6	6.35	0.463	251.2
P2- (30 – 9)	19.6	6.39	0.538	266.4

Segundo Periodo	Humedad %	Capacidad de intercambio catiónico(meq/100g)	Carbono Orgánico Total %	Materia Organica %
P2- (30 – 1)	12.79	16.71	0.34	0.59
P2- (30 – 2)	12.34	17.32	0.93	1.61
P2- (30 – 3)	12.23	18.06	1.10	1.93
P2- (30 – 4)	12.91	16.59	0.32	0.58
P2- (30 – 5)	12.62	17.41	0.97	1.62
P2- (30 – 6)	12.44	18.11	0.94	1.61
P2- (30 – 7)	12.28	16.69	0.35	0.60
P2- (30 – 8)	12.41	17.20	0.90	1.63
P2- (30 – 9)	12.22	18.28	0.95	1.68

Métodos: Potenciométrico, Norma ASTM D-2216, Acetato de Amonio 1N pH7, Walkley-Black.

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301 -Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Segundo Período	Nitrógeno (%)	Nitratos (mg/l)	Relación C/N
P2- (30 - 1)	0.031	281	10.36
P2- (30 - 2)	0.095	289	10.24
P2- (30 - 3)	0.106	296	10.38
P2- (30 - 4)	0.033	187	10.46
P2- (30 - 5)	0.088	188	10.21
P2- (30 - 6)	0.093	193	10.22
P2- (30 - 7)	0.033	184	10.46
P2- (30 - 8)	0.086	187	10.45
P2- (30 - 9)	0.092	191	10.33

Segundo Período	suelo mgPb/	suelo mg/Cd	Geranio Pb	geranio Cd	Ortiga Pb	ortiga Cd
P2- (30 - 1)	97.6568	2.2569	2.1356	0.0099	8.0845	0.1821
P2- (30 - 2)	91.3904	2.2148	4.8782	0.0101	8.9717	0.2001
P2- (30 - 3)	83.7731	2.0542	6.9878	0.0112	10.8243	0.2906
P2- (30 - 4)	97.6567	2.2568	2.1358	0.0098	8.0843	0.1822
P2- (30 - 5)	91.3905	2.2149	4.8783	0.0102	8.9718	0.2003
P2- (30 - 6)	83.7733	2.0540	6.9875	0.0113	10.8245	0.2905
P2- (30 - 7)	97.6566	2.2567	2.2355	0.0097	8.0844	0.1823
P2- (30 - 8)	91.3906	2.2147	4.8785	0.0103	8.9719	0.2004
P2- (30 - 9)	83.7732	2.0541	6.9877	0.0111	10.8244	0.2907

Método: EPA 3050 (Absorción Atómica), Espectrofotometría UV/V, Kjeldahl,

Lima, 25 de Octubre del 2022

  
MSc. Atilio Mendoza A.  
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : Pariona Sucapuca, Gianfranco  
Procedencia de muestra : Caserío de Tahoma - Hualgayoc – Cajamarca.  
Recepción de muestra : Lima, 30 de Septiembre del 2022

## Primer Periodo Tratamiento del suelo contaminado con Pb, y Cd

Primer Periodo	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno Acido/base	Conductividad eléctrica mS/cm	Potencial redox mV
P1- (15 - 1)	20.2	6.15	0.480	242.5
P1- (15 - 2)	20.2	6.17	0.534	255.2
P1- (15 - 3)	20.2	6.13	0.485	260.1
P1- (15 - 4)	20.2	6.12	0.475	243.3
P1- (15 - 5)	20.2	6.19	0.530	252.9
P1- (15 - 6)	20.2	6.15	0.484	259.3
P1- (15 - 7)	20.2	6.16	0.476	239.4
P1- (15 - 8)	20.2	1.18	0.532	251.2
P1- (15 - 9)	20.2	6.14	0.486	257.4

Primer Periodo	Humedad %	Capacidad de intercambio catiónico(meq/100g)	Carbono Orgánico Total %	Materia Organica %
P1- (15 - 1)	13.24	15.67	0.71	1.2
P1- (15 - 2)	13.76	15.45	0.93	1.6
P1- (15 - 3)	13.32	15.98	0.99	1.7
P1- (15 - 4)	13.35	15.48	0.75	1.3
P1- (15 - 5)	13.32	15.46	0.96	1.7
P1- (15 - 6)	13.37	15.87	0.94	1.6
P1- (15 - 7)	13.27	15.77	0.74	1.3
P1- (15 - 8)	13.28	15.44	0.94	1.6
P1- (15 - 9)	13.35	15.88	0.98	1.7

Métodos: Potenciométrico, Norma ASTM D-2216, Acetato de Amonio 1N pH7, Walkley-Black.

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301 -Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Primer Periodo	Nitrógeno (%)	Nitratos (mg/l)	Relación C/N
P1- (15 - 1)	0.065	185	10.85
P1- (15 - 2)	0.091	189	10.23
P1- (15 - 3)	0.095	192	10.41
P1- (15 - 4)	0.064	187	11.68
P1- (15 - 5)	0.092	188	10.45
P1- (15 - 6)	0.096	193	9.81
P1- (15 - 7)	0.066	184	11.19
P1- (15 - 8)	0.093	187	10.09
P1- (15 - 9)	0.097	191	10.12

Primer Periodo	suelo mg /Pbkg	suelo mg/kg Cd	Geranio Pb mg /Pbkg	geranio Cd mg/kg Cd	Ortiga Pb (mg /Pbkg)	Ortiga mg/kg Cd
P1- (15 - 1)	107.8769	2.4489	2.2356	0.0015	7.9875	0.1096
P1- (15 - 2)	105.2403	2.4250	4.3682	0.0025	8.4915	0.1325
P1- (15 - 3)	101.5852	2.3560	6.4894	0.0042	10.0254	0.1998
P1- (15 - 4)	107.8768	2.4488	2.2354	0.0016	7.9873	0.1092
P1- (15 - 5)	105.2406	2.4251	4.3681	0.0024	8.4918	0.1326
P1- (15 - 6)	101.5854	2.3559	6.4893	0.0044	10.0253	0.1995
P1- (15 - 7)	107.8769	2.4487	2.2355	0.0019	7.9874	0.1794
P1- (15 - 8)	105.2405	2.4253	4.3683	0.0023	8.4916	0.1324
P1- (15 - 9)	101.5856	2.3557	6.4895	0.0043	10.0255	0.1996

Método: EPA 3050 (Absorción Atómica), Espectrofotometría UV/V, Kjeldahl,

Lima, 10 de Octubre del 2022

  
MSc. Atilio Mendoza A.  
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : Pariona Sucapuca, Gianfranco  
Procedencia de muestra : Caserío de Tahoma - Hualgayoc – Cajamarca.  
Recepción de muestra : Lima, 30 de Septiembre del 2022  
Caracterización inicial del suelo contaminado con Pb, y Cd

Muestra	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno (acido/base)	Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	Potencial redox mV
SA	18.5	6.59	358	128.4
SAC-Pb-Cd	18.5	7.45	875	195.8

Muestra	Humedad %	Capacidad de intercambio catiónico meq/100g	Carbono Orgánico total %	Densidad Aparente $\text{mg}/\text{cm}^3$
SA	7.17	22.41	1.83	1.02
SAC-Pb - Cd	5.22	18.38	0.91	0.95

Muestra	Materia Organica %	Nitrógeno Total %	Nitratos $\text{mg}/\text{l}$	Relación C/N	Textura del suelo
SA	3.15	0.17	125.24	10.76	SA: Arcilloso
SAC-Pb-Cd	1.57	0.08	56.23	0.58	SAC: Arcilloso

Muestra	Pb y Cadmio Geranio $\text{mg}/\text{kg}$	Pb y Cadmio Ortiga $\text{mg}/\text{kg}$	Plomo inicial suelo $\text{mg}/\text{Kg}$	Cadmio inicial suelo $\text{mg}/\text{kg}$
SA	0.012	0.0002	0.8	0.0001
SAC-Pb-Cd	0.005	0.0001	118.56	2.57

Métodos: Potenciométrico, Norma ASTM D-2216, Acetato de Amonio 1N pH7, Walkley-Black, Cilindro Biselado, Kjeldahl, Espectrofotometría UV/V, EPA 3050

Lima, 07 de Octubre del 2022

  
MSc. Atilio Mendoza A.  
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: [labespectro@uni.edu.pe](mailto:labespectro@uni.edu.pe)